

Abschlussbericht

**Innovationsnetzwerk Rind - zukunftsfähige Rinderhaltung
in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl,
Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz**



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht

Thema:

Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind)

Laufzeit und Berichtszeitraum:

(01.04.) 01.05.2021 – 31.01.2026

Projektpartner:

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), Institut für Tierzucht und Tierhaltung (28N-3-042-01)

Georg-August-Universität Göttingen (UniGö), Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung (28N-3-042-02)

Hochschule Rhein-Waal (HSRW) (28N-3-042-03)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung (LfL) + Bayerische Staatsgüter (28N-3-042-04)

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) + Gut Dummerstorf GmbH (28N-3-042-05)

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftszentrum Haus Riswick (LK NRW) (28N-3-042-06)

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp (LK SH) (28N-3-042-07)

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Potsdam (ATB) + Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung e.V. Groß Kreutz (28N-3-042-08)

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Ökologischen Landbau (TI-OL und TI-BW) (28N-3-042-09)

Projektkoordinator:

Prof. Dr. Georg Thaller, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

„Hiermit versichere ich in meiner Rolle als Projektkoordinator/in, dass der Inhalt des fachlichen Berichtsteils mit den Verbundpartnern einvernehmlich abgestimmt wurde.“

„Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) unter den o.g. Förderkennzeichen gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autor:innen.“



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

<https://www.uni-kiel.de/de/aef/forschen/forschungspraxis/innorind>

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
1.1. Ziel	7
1.2. Struktur des Innovationsnetzwerks Rind	7
1.3. Vernetzung der beteiligten Versuchsbetriebe.....	8
1.4. Projektbeschreibung – Projektablauf	9
1.5. Konzepterstellung, Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit.....	10
1.6. Erfolgte Veröffentlichungen	11
2. AG 1: Kälber	13
2.1. Minderung des Absatzstresses in der muttergebundenen Kälberaufzucht (TI-OL).....	13
2.1.1. Vorhabenkonzept	13
2.1.2. Durchführung (TI-OL)	15
2.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)	22
2.1.4. Vergleich der Absatzverfahren – Darmmikrobiom der Kälber.....	28
2.1.5. Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)	28
2.1.6. Zusammenfassung (TI-OL)	31
2.1.7. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)	31
2.2. Frühe Gruppenhaltung von Kälbern - Verbesserung des Tierwohls von Kälbern und Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz der Kälberhaltung durch eine stärkere Berücksichtigung des frühen Sozialkontaktes (LFA + Gut Dummerstorf, CAU, LK SH, LK NRW)	33
2.2.1. Vorhabenkonzept	33
2.2.2. Durchführung (LFA + Gut Dummerstorf)	35
2.2.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (LFA + Gut Dummerstorf).....	36
2.2.4. Interpretation der Ergebnisse (LFA + Gut Dummerstorf)	40
2.2.5. Zusammenfassung (LFA + Gut Dummerstorf).....	41
2.2.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LFA + Gut Dummerstorf)	41
2.2.7. Durchführung (CAU)	42
2.2.8. Ergebnisse und Erkenntnisse (CAU)	46
2.2.9. Interpretation der Ergebnisse (CAU)	50
2.2.10. Zusammenfassung (CAU)	51
2.2.11. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (CAU)	52
2.2.12. Durchführung (LK SH)	54
2.2.13. Ergebnisse und Erkenntnisse (LK SH)	59
2.2.14. Interpretation der Ergebnisse (LK SH).....	63
2.2.15. Zusammenfassung (LK SH)	64
2.2.16. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK SH).....	65
2.2.17. Durchführung (LK NRW).....	66
2.2.18. Ergebnisse und Erkenntnisse (LK NRW)	70
2.2.19. Interpretation der Ergebnisse (LK NRW).....	77
2.2.20. Zusammenfassung (LK NRW)	78
2.2.21. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK NRW)	79
2.3. Kälberhaltung in Gruppen im Außenklimastall - Optimierung des Stallklimas unter den Gesichtspunkten des Tierwohls und Tierverhaltens (LfL)	80
2.3.1. Vorhabenkonzept	80
2.3.2. Durchführung (LfL)	82
2.3.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (LfL)	96
2.3.4. Interpretation der Ergebnisse (LfL)	130

2.3.5.	Zusammenfassung (LfL)	132
2.3.6.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LfL)	133
3.	AG 2: Mastrinder	135
3.1.	<i>Tierrgerechte innovative Weiterentwicklung bestehender Haltungssysteme in der Rindermast im Stall mit Außenklimareizen bzw. auf der Weide (ATB + Groß Kreutz, TI-OL, LfL).....</i>	<i>135</i>
3.1.1.	Vorhabenkonzept	135
3.1.2.	Durchführung (ATB + Groß Kreutz)	137
3.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse (ATB + Groß Kreutz)	140
3.1.4.	Interpretation der Ergebnisse (ATB + Groß Kreutz)	143
3.1.5.	Zusammenfassung (ATB + Groß Kreutz)	143
3.1.6.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (ATB + Groß Kreutz)	143
3.1.7.	Durchführung (TI-OL)	144
3.1.8.	Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)	151
3.1.9.	Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)	158
3.1.10.	Zusammenfassung (TI-OL)	163
3.1.11.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)	164
3.1.12.	Durchführung (LfL)	166
3.1.13.	Ergebnisse und Erkenntnisse (LfL)	186
3.1.14.	Interpretation der Ergebnisse (LfL)	217
3.1.15.	Zusammenfassung (LfL)	220
3.1.16.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LfL)	220
4.	AG 3: Milchkühe	221
4.1.	<i>Innovationsprojekt IP3 „Optimierter Abkalbebereich mit Separee“</i>	<i>221</i>
4.1.1.	Vorhabenkonzept	221
4.1.2.	Durchführung (CAU)	223
4.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse (CAU)	224
4.1.4.	Interpretation der Ergebnisse (CAU)	229
4.1.5.	Zusammenfassung (CAU)	230
4.1.6.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (CAU)	231
4.1.7.	Durchführung (LK SH)	232
4.1.8.	Ergebnisse und Erkenntnisse (LK SH)	234
4.1.9.	Interpretation der Ergebnisse (LK SH)	236
4.1.10.	Zusammenfassung (LK SH)	236
4.1.11.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK SH)	237
4.1.12.	Durchführung (LFA + Gut Dummerstorf)	238
4.1.13.	Ergebnisse und Erkenntnisse (LFA + Gut Dummerstorf)	240
4.1.14.	Interpretation der Ergebnisse (LFA + Gut Dummerstorf)	246
4.1.15.	Zusammenfassung (LFA + Gut Dummerstorf)	247
4.1.16.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LFA + Gut Dummerstorf)	248
5.	AG 4: Tierwohlplanung	249
5.1	<i>Tierwohlplanung – Entwicklung eines praxistauglichen, präventiv orientierten Managementkonzepts für eine strukturierte und systematische Tierwohlplanung in der praktischen Rinderhaltung (TI-OL)</i>	<i>249</i>
5.1.1	Vorhabenkonzept	249
5.1.2	Durchführung (TI-OL)	251
5.1.3	Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)	253
5.1.4	Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)	255
5.1.5	Zusammenfassung (TI-OL)	257
5.1.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)	257

6	Querschnittsthema „Tierwohl“	259
6.1	<i>Begleitende Evaluation der Tierwohlsituation in allen Innovationsprojekten des Verbundvorhabens „InnoRind“ (TI-OL)</i>	259
6.1.1	Vorhabenkonzept	259
6.1.2	Durchführung	260
6.1.3	Ergebnisse und Erkenntnisse	261
6.1.4	Interpretation der Ergebnisse	271
6.1.5	Zusammenfassung	272
6.1.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	272
6.	Querschnittsthema „Tierwohl“	273
6.2	<i>Begleitende Evaluation der Tierwohlsituation in allen Innovationsprojekten des Verbundvorhabens „InnoRind“ (HSRW)</i>	273
6.2.1	Vorhabenkonzept	273
6.2.2	Durchführung (HSRW)	273
6.2.3	Ergebnisse und Erkenntnisse	276
6.2.4	Interpretation der Ergebnisse	276
6.2.5	Zusammenfassung	278
6.2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	279
7.	Querschnittsthema „Tierhygiene und Antibiotikareduktion“	280
7.1.	<i>Tierhygiene & Antibiotikareduktion (CAU)</i>	280
7.1.1.	Vorhabenkonzept	280
7.1.2.	Wissenschaftlich-praktische Umsetzung	281
7.1.3.	Durchführung	282
7.1.4.	Ergebnisse und Erkenntnisse	284
7.1.5.	Interpretation der Ergebnisse	287
7.1.6.	Zusammenfassung	288
7.1.7.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	289
8.	Querschnittsthema „Umweltwirkungen“	291
8.1.	<i>Quantifizierung von Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitskriterien unter Nutzung verschiedener Analysetools und -methoden (LFA, TI-BW)</i>	291
8.1.1.	Vorhabenkonzept	291
8.1.2.	Durchführung	292
8.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse	293
8.1.4.	Interpretation der Ergebnisse	296
8.1.5.	Zusammenfassung	297
8.1.6.	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	298
9.	Querschnittsthema „Gesellschaftliche Akzeptanz“	299
9.1.	<i>Gesellschaftliche Akzeptanz von innovativen Haltungs- und Managementmaßnahmen in der Milchvieh- und Mastrinderhaltung (UniGö)</i>	299
9.1.1.	Vorhabenkonzept	299
9.1.2.	Emotionen der Tiere in der Milchviehhaltung und Akzeptanz von Haltungssystemen von Kälbern in den ersten Lebenswochen aus gesellschaftlicher und landwirtschaftlicher Sicht - Durchführung	301
9.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse	302
9.1.4.	Interpretation der Ergebnisse	307
9.1.5.	Zielkonflikte und Innovationen im Mastrinderbereich - Durchführung	310
9.1.6.	Ergebnisse und Erkenntnisse	311

9.1.7.	Interpretation der Ergebnisse	316
9.1.8.	Online Bürgerrat zu Kälberaufzuchtssystemen - Durchführung.....	317
9.1.9.	Ergebnisse und Erkenntnisse	320
9.1.10.	Interpretation der Ergebnisse	323
9.1.11.	Zusammenfassung Querschnitt gesellschaftliche Akzeptanz	324
9.1.12.	Erfolge und geplante Veröffentlichungen	326
10.	Querschnittsthema „Hitzestress und Stallklima“	328
10.1.	<i>Beurteilung von Hitzestress und Stallklima in innovativen Haltungs- und Managementverfahren der (zukünftigen) Rinderhaltung in Deutschland (ATB).....</i>	<i>328</i>
10.1.1.	Vorhabenkonzept	328
10.1.2.	Durchführung.....	329
10.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse	330
10.1.4.	Interpretation der Ergebnisse	331
10.1.5.	Zusammenfassung	332
10.1.6.	Erfolge und geplante Veröffentlichungen	332
11.	Querschnittsthema „Umsetzbarkeit auf den Versuchsbetrieben“	333
11.1.	<i>Umsetzbarkeit der Innovationsprojekte auf den Versuchsbetrieben unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien Arbeitsablauf und -sicherheit (CAU).....</i>	<i>333</i>
11.1.1.	Vorhabenkonzept	333
11.1.2.	Durchführung.....	334
11.1.3.	Ergebnisse und Erkenntnisse	335
11.1.4.	Interpretation der Ergebnisse	337
11.1.5.	Zusammenfassung	338
11.1.6.	Erfolge und geplante Veröffentlichungen	338
12.	Querschnittsthema „Ökonomische Bewertung“	339
12.1.	<i>Ökonomische Bewertung der Innovationsprojekte (TI-BW)</i>	<i>339</i>
12.1.1.	Ökonomische Bewertung von Tierwohlmaßnahmen - Stand der Forschung	339
12.1.2.	Studien zur kuhgebundenen Kälberaufzucht und deren ökonomische Auswirkungen	339
12.1.3.	Platzangebot und Rentabilität in der Rinderhaltung	340
12.1.4.	Alternative Haltungssysteme und ihre Auswirkungen.....	340
12.1.5.	Weiterer Forschungsbedarf	341
12.1.6.	Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas	341
12.1.7.	Wissenschaftlich-praktische Umsetzung	341
12.1.8.	Durchführung.....	342
12.1.9.	Ergebnisse und Erkenntnisse	342
12.1.10.	Ergebnisse der Produktionsverfahren Kälberaufzucht	343
12.1.11.	Schlussfolgerungen Produktionsverfahren der Kälberaufzucht	344
12.1.12.	Produktionsverfahren der Mastrinderhaltung	345
12.1.13.	Schlussfolgerungen Mastrinder	346
12.1.14.	Ergebnisse des Produktionsverfahrens Milch	346
12.1.15.	Schlussfolgerungen Produktionsverfahren Milch	347
13.	Literaturverzeichnis	348
14.	InnoRind – Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen	367

Autorenschaft

Für die Zusammenstellung und Inhalte der Berichte aus den einzelnen Arbeitspaketen zeichnen die Autor:innen der jeweiligen AP verantwortlich. Entsprechend des interdisziplinären Ansatzes des Gesamtvorhabens existieren jedoch viele Querverbindungen zwischen den einzelnen Institutionen und Arbeitsgruppen.

Folglich sind bei einem derartig umfangreich vernetzt angelegten Projekt eindeutige Zuschreibungen der Autorenschaft nicht einfach möglich. Zu Beginn jedes Kapitels sind die jeweiligen Autor:innen aufgelistet und die Zitierweise aufgeführt.

Sollte jemand versehentlich nicht aufgeführt sein, so bitten wir schon jetzt um Entschuldigung.

Zitierweise InnoRind-Abschlussbericht

Thaller, G., Schnipkoweit, N. (2026): Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht.

1. Einleitung

Die Bekanntmachung zur Entwicklung von „Ställen der Zukunft“ hat zur Bildung von Innovationsnetzwerken zur Verbesserung des Tierwohls, Verringerung der negativen Umweltwirkungen und Förderung der gesellschaftlichen Akzeptanz aufgerufen. Das Innovationsnetzwerk InnoRind hat sich daraufhin in der ersten Förderphase v. a. mit der Netzwerkstruktur beschäftigt sowie mit der Identifizierung der aus Landwirtschaft und Gesellschaft dringendsten Probleme, welche in der zweiten Förderphase in sechs Innovationsprojekten (IP) und acht Querschnittsthemen (QT) bearbeitet worden sind.

Alle sechs IP und acht QT verfolgten einen umfassenden Ansatz zur Verbesserung der Haltungsbedingungen im Kälber-, Mastrinder- und Milchkuhbereich, die sowohl das Tierwohlniveau erhöhen, wie auch den gesellschaftlichen Forderungen entsprechen. Die konzeptionelle Herangehensweise und Stärke des hier vorgestellten Netzwerks liegt in der Durchführung auf mehreren Versuchsbetrieben, sodass betriebsübergreifende Auswertungen ermöglicht wurden und zugleich die Umsetzbarkeit der Innovationsmaßnahmen flexibler für unterschiedliche Praxisbedingungen beurteilt werden konnte.

1.1. Ziel

Das Verbundprojekt InnoRind verfolgte das Ziel, durch praktische Erprobungen mit wissenschaftlicher Begleitung und umfassender Bewertung von innovativen Stallbau- und Haltungsmaßnahmen sowie durch Wissenstransfermaßnahmen in die Praxisbetriebe das Tierwohl zu verbessern und die gesellschaftliche Akzeptanz der Rinderhaltung in Deutschland zu erhöhen. Dabei hat der Entwurf der staatlichen Tierwohlkennzeichnung bei der Erarbeitung der einzelnen Innovationsprojekte Berücksichtigung gefunden und wurde als Mindeststandard für die Planung der Stallbau- und Haltungsmaßnahmen angenommen (Deblitz et al., 2021). Ein Schwerpunkt des Projektes wurde insbesondere auf den Kontakt der Tiere mit dem Außenklima gelegt (z. B. AG Mastrinder: Weidemast und Außenbuchten), da es sowohl in der Diskussion der staatlichen Tierwohlkennzeichnung als auch in der im Vorwege des Projektes durchgeführten Verbraucherumfrage der Uni Göttingen eine zentrale Bedeutung aufweist. Die integrale Betrachtung aller die Tierhaltung betreffender Aspekte wie Tierhygiene, Umweltwirkungen oder Hitzestress sowie die ökonomische Begleitforschung erlaubten eine fundierte Bewertung der Lösungsalternativen und Handlungsoptionen für die Umsetzung auf den rinderhaltenden Betrieben.

1.2. Struktur des Innovationsnetzwerks Rind

Das Verbundvorhaben InnoRind hat die im Land vorhandenen Kompetenzen im Bereich der Rinderhaltung gebündelt und ein Netzwerk aufgebaut, welches die Expertise der Projektbeteiligten nutzt, um innovative Ansätze für eine zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland zu entwickeln und umzusetzen. Diese Ansätze sollten zum einen das Tierwohl verbessern und zum anderen die negativen Umweltwirkungen verringern, gleichzeitig aber auch die arbeitswirtschaftliche Situation der landwirtschaftlichen Betriebe und die Wünsche der Bürger:innen sowie Verbraucher:innen in die zukunftsfähigen Konzepte einbeziehen. Die aus InnoRind resultierenden Lösungsansätze haben dabei auch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe berücksichtigen. Das Netzwerk zielte auf eine umfassende Betrachtung der Rinderhaltung ab und beschäftigte sich sowohl mit der Aufzucht der Kälber als auch der Haltung von Mast- und Milchrindern. Es haben sich vier Arbeitsgruppen gebildet, welche die unterschiedlichen Bereiche abbilden (Abb. 1) und in der ersten Förderphase sechs bzw. acht IP ausgearbeitet haben, die in der zweiten Förderphase umgesetzt worden sind.



Projektkoordination

Nadine Schnipkoweit

AG-Leiter:innen

AG 1 Kälber: Prof. Steffi Wiedemann

AG 2 Mastrinder: Nadine Schnipkoweit

AG 3 Milchkühe: Dr. Angelika Häußermann

AG 4 Tierwohlplanung: Dr. Jan Brinkmann

Abb. 1: Arbeitsgruppen in InnoRind

Die Verbundpartner und die dazugehörigen Versuchsbetriebe sind in Abb. 2 aufgelistet.

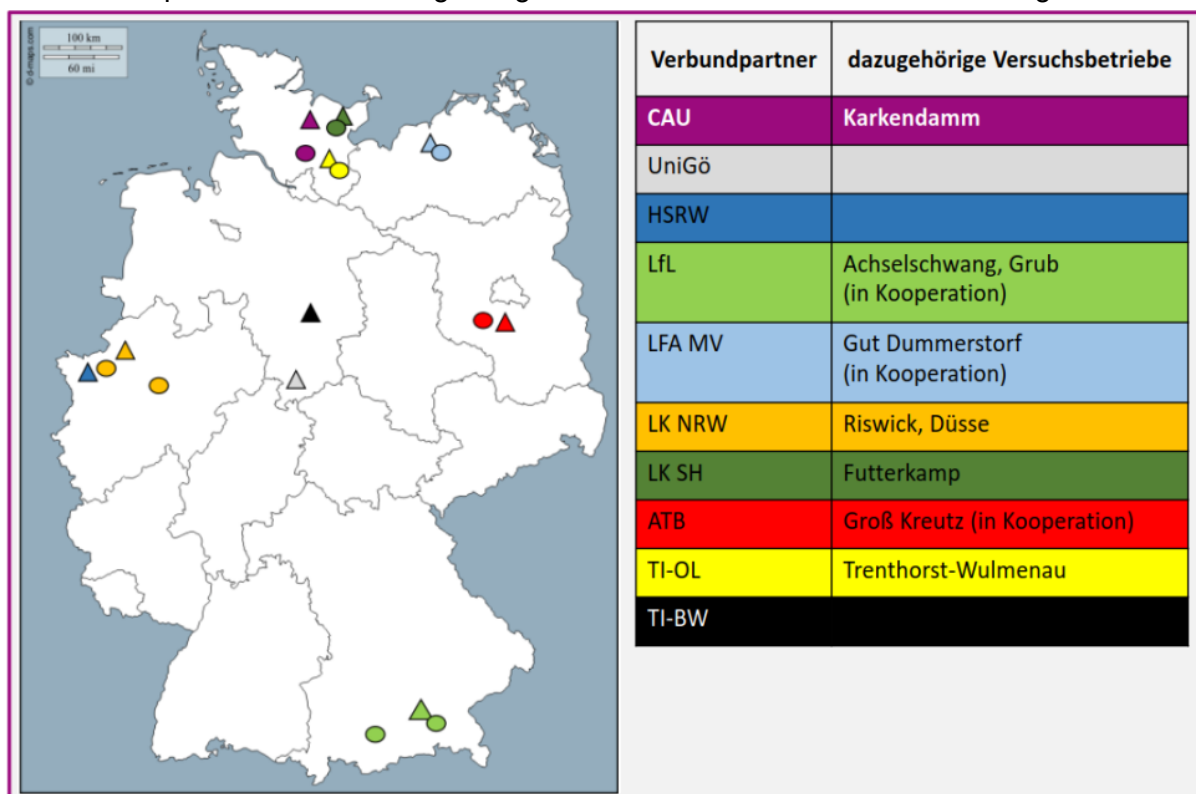


Abb. 2: Verbundpartner (farbige Dreiecke) und dazugehörige Versuchsbetriebe (farbige Kreise)

1.3. Vernetzung der beteiligten Versuchsbetriebe

Die beteiligten Versuchsbetriebe haben im Verbundprojekt miteinander stark vernetzt gearbeitet und intensiv zur Lösung der Fragestellungen zusammengearbeitet. Die einzelnen Innovationsprojekte wurden weitgehend auf mehreren Versuchsbetrieben umgesetzt und gemeinsam ausgewertet, damit die Haltungs- und Managementkonzepte auf mehreren Standorten und

unter unterschiedlichen Bedingungen erprobt werden konnten (Abb. 3). So konnte am Ende der Versuchsdurchführung nach 3,5 Jahren jeweils ein Konzept pro Innovationsprojekt mit spezifischen Modifikationen für die landwirtschaftliche Praxis erstellt werden und zusätzlich konnten die Ergebnisse in einem Netzwerk der Verbundpartner in Beratung und Praxis implementiert werden.

Die neu ausgestalteten Funktionsbereiche auf den Versuchsbetrieben stellen als Experimentierstätte für die Zukunft eine optimale Grundlage für weitere Praxiserprobungen dar. Vor allem durch die z. T. modulare Bauweise ist eine kostengünstige und zügige Umnutzung eines Stallbereiches möglich, sodass neue Fragestellungen in den Experimentierstätten über das hier beantragte Projekt hinaus schnell untersucht werden können.

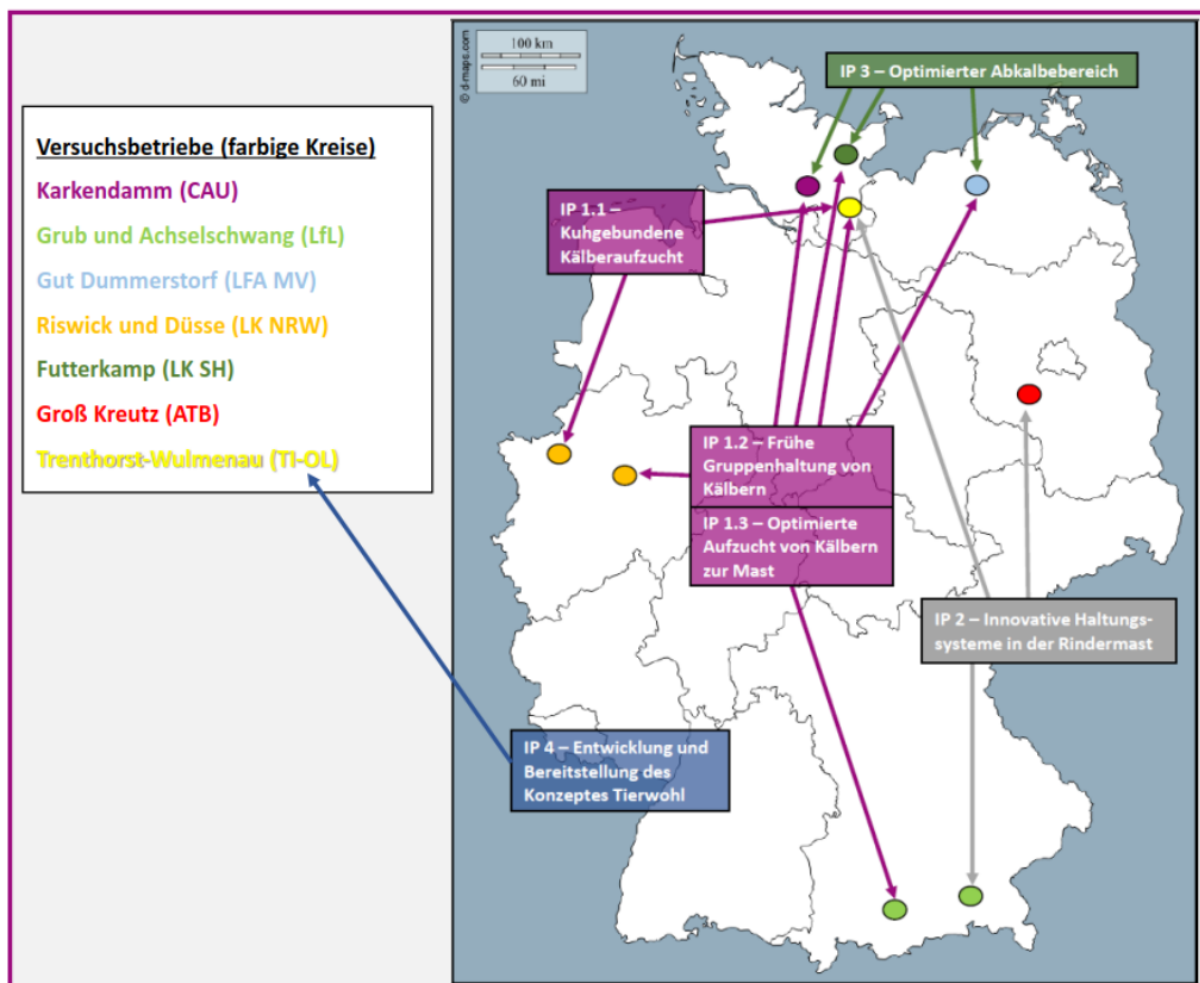


Abb. 3: Vernetzung der Innovationsprojekte in der Umsetzung auf den verschiedenen Versuchsbetrieben (AG 1 Kälber in lila, AG 2 Mastrinder in grau, AG 3 Milchkühe in grün, AG 4 Tierwohl in blau)

1.4. Projektbeschreibung – Projektablauf

Die im ersten Antrag beschriebenen vier Arbeitsgruppen in InnoRind sind auch für die zweite Förderphase bestehen geblieben und haben acht Innovationsprojekte ausgearbeitet. Diese Projekte wurden parallel zur Umsetzung in der zweiten Förderphase von acht „Querschnittsthemen“ umfassend begleitet.

Die Querschnittsthemen nahmen Untersuchungen innerhalb der Innovationsprojekte vor, z. B. zur Antibiotikareduktion oder zu den ökonomischen Auswirkungen einer

Innovationsmaßnahme, und bewerteten das Innovationsprojekt mittels der erarbeiteten Ergebnisse zum Projektende. Im Vordergrund standen hier die QT Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz (siehe Abb. 4). Erst durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Innovationsprojekten und Querschnittsthemen konnten innovative Stallbau- und Haltungskonzepte entwickelt werden, die nach der zweiten Förderphase in die landwirtschaftliche Praxis überführt werden können.

Für den Informationsaustausch im gesamten Projekt ist von der Projektkoordination eine Projektcloud über das Rechenzentrum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eingerichtet worden.

Während der Projektlaufzeit sind von der Projektkoordination neben den monatlichen Projekt-treffen des gesamten Projektkonsortiums sowie den Treffen der Arbeitsgruppen per Videokonferenz folgende **Projekttreffen in Präsenz** organisiert worden:

- CAU Karkendamm, TI-OL Trenthorst: 27. + 28.09.2022
- LFA MV, Dummerstorf: 19.04.2023
- ATB, Groß Kreutz: 23. + 24.04.2024
- LfL, Grub und Achselschwang: 25. + 26.09.2024
- LK SH, Futterkamp: 10.07.2025

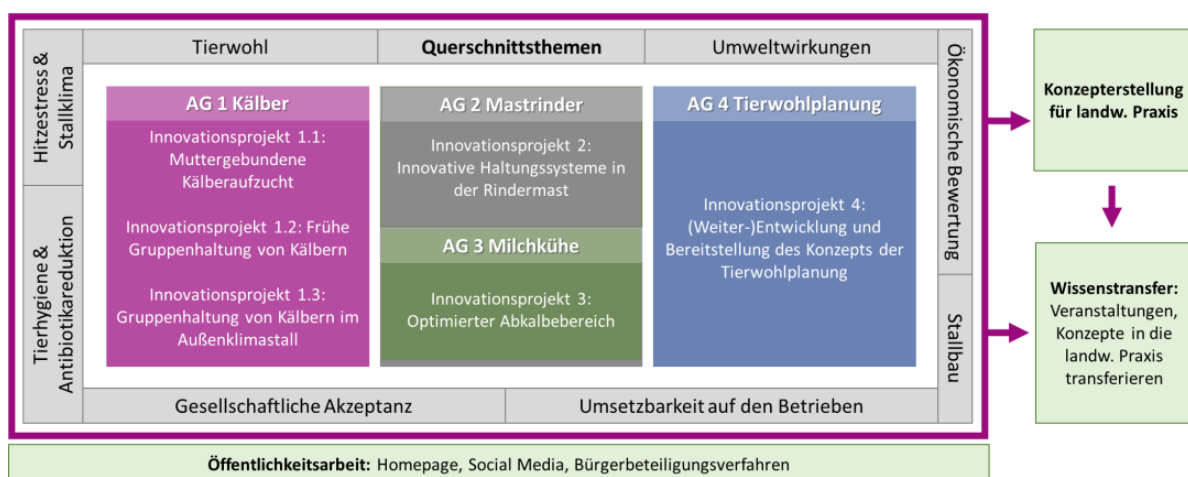


Abb. 4: Gesamtübersicht Projekt InnoRind

1.5. Konzepterstellung, Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit

Im Anschluss an die Versuche gab es eine Phase der Konzepterstellung, in der alle Ergebnisse der Innovationsprojekte und Querschnittsthemen interdisziplinär für die jeweilige Haltemaßnahme gebündelt worden sind. Diese Gesamtkonzepte für die Maßnahmen zur Steigerung des Tierwohls werden der landwirtschaftlichen Praxis zur Verfügung gestellt und sollen den Landwirt:innen die Hintergründe der innovativen Maßnahmen erklären (z. B. Forderung der Verbraucher:innen und/oder Relevanz zum Thema Tierwohl oder Umweltwirkung). Gleichzeitig stellen sie eine Art Anleitung für die Planung der Maßnahme dar, erläutern die praktische Umsetzbarkeit auf den Betrieben und erklären die erarbeiteten Lösungen auf den Versuchsbetrieben.

Diese Gesamtkonzepte und Ergebnisse aller Projekte in InnoRind wurden zu Projektende über Informationsveranstaltungen und mit Hilfe unterschiedlicher Kommunikationsformate in die landwirtschaftliche Praxis transferiert:

- ✓ Die **Gesamtkonzepte** der AG Kalb, AG Mastrinder, AG Milchkuh sowie AG Tierwohlplanung sind auf der InnoRind-Homepage veröffentlicht: <https://www.uni-kiel.de/de/aef/forschen/forschungspraxis/innorind> (rechts unter „Ergebnisse des InnoRind-Projektes“). Hier sind auch alle relevanten Informationen zum Projekt, dem Projektkonsortium sowie den Arbeitsgruppen hinterlegt. Die Druckversion der Gesamtkonzepte wurde auf der Abschlussveranstaltung ausgelegt. Alle Projektpartner haben Exemplare dieser Gesamtkonzepte erhalten, damit sie diese an Interessierte auf Veranstaltungen, Messen u.ä. verteilen können.
- ✓ Über die gesamte Projektlaufzeit wurde über **Social Media** zu InnoRind berichtet, damit Verbraucher:innen und verschiedene Stakeholder sich informieren konnten.
- ✓ Auch über verschiedene **Fachtagungen** sind die Ergebnisse aus InnoRind in die Praxis transferiert worden (WGM, DGfZ, Baulehrschau Futterkamp u.v.m.).
- ✓ Im Rahmen der **InnoRind-Abschlussveranstaltung** am 20. Januar 2026 in der Landesvertretung Schleswig-Holstein in Berlin sind alle Ergebnisse des Projektes präsentiert worden. Es haben ca. 90 Personen aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Beratung und Praxis an der Ganztagesveranstaltung teilgenommen.
- ✓ Zusätzlich hat eine **InnoRind-Webinarreihe** stattgefunden, an der zahlreiche Vertreter und Vertreterinnen aus der Praxis, der Beratung, der Wissenschaft und der Wirtschaft teilgenommen haben:
 - 22. Januar 2026: AG Milchkühe „Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe?“
 - 29. Januar 2026: AG Kälber „Gemeinsam fit – Kälberaufzucht neu gedacht“
 - Das gemeinsame Webinar von der AG Mastrinder und AG Tierwohlplanung musste leider abgesagt werden.

1.6. Erfolgte Veröffentlichungen

Vorträge

Schnipkoweit, N. (2026): Projektvorstellung Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. InnoRind-Webinar „Gemeinsam fit - Kälberaufzucht neu gedacht“, online, 29.01.2026.

Schnipkoweit, N. (2026): Projektvorstellung Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. InnoRind-Webinar „Abkalbebuchten neu gedacht - was wünschen sich die Kühe?“, online, 22.01.2026.

Thaller, G., Schnipkoweit, N. (2026): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. InnoRind-Abschlussveranstaltung, Berlin, 20. Januar 2026.

Thaller, G., Schnipkoweit, N. (2026): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Baulehrschau der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Futterkamp, 15. Januar 2026.

Thaller, G., Schnipkoweit, N. (2025): Das Projekt InnoRind stellt neue Konzepte für eine zukunftsfähige Milchviehhaltung vor. Mitgliederversammlung des Verbands der Deutschen Milchwirtschaft e.V., Webkonferenz, 17. November 2025.

Thaller, G., Engel, L., Schnipkoweit, N. (2025): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Veranstaltung „Tierwohl und Umwelt – ein Interessenkonflikt?!“, Dummerstorf, 18. Juni 2025.

L. Engel, Schnipkoweit, N., Thaller, G. (2024): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Baulehrschau der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Futterkamp, 9. November 2023.

Zeitschriften

Schnipkoweit, N. (2025): Verbundprojekt präsentiert Ergebnisse – Rinder aktuell: Innovationsnetzwerk Rind. Bauernblatt, Ausgabe 51/25, S. 10 – 12.

Schnipkoweit, N. (2025): Zukunftsfähige Rinderhaltung – InnoRind lädt ein zur Abschlussveranstaltung. Bauernblatt, Ausgabe 44/25, S. 2.

Poster

Schnipkoweit, N., Thaller, G. (2026): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. InnoRind-Abschlussveranstaltung, Berlin, 20. Januar 2026.

Schnipkoweit, N., Thaller, G. (2025): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) – Forschungsprojekt für zukunftsfähige Rinderhaltung – Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Landwirtschaftsmesse Norla, Rendsburg, 4. bis 7. September 2025.

Schnipkoweit, N., Thaller, G. (2022): Flyer InnoRind. Landwirtschaftsmesse EuroTier, Hannover, 15. bis 18. November 2022.

2. AG 1: Kälber

2.1. Minderung des Absetzstresses in der muttergebundenen Kälberaufzucht (TI-OL)

Zitierweise: Gillet R, Barth K (2026) AG 1 Kälber. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 13 - 32.

2.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

Die frühe Trennung der Kälber von ihren Müttern wird von vielen Verbraucher:innen, aber auch Landwirt:innen abgelehnt, ist allerdings Standard auf der überwiegenden Zahl der Milcherzeugerbetriebe, unabhängig davon, ob sie konventionell oder ökologisch wirtschaften. Eine einfachere Kontrolle der Tränkemengen und erleichterte Tierbeobachtung sind neben dem Einsatz der Milchaustauschertränke und der größeren Menge an Ablieferungsmilch Argumente für dieses Verfahren. Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind jedoch Vorreiter bei der Einführung der kuhgebundenen Kälberaufzucht (Placzek et al., 2020), bei der den Kälbern das Saugen und der Kontakt zur eigenen Mutter (muttergebundene Aufzucht) oder zu Ammenkühen (ammengebundene Aufzucht) ermöglicht wird.

Während die Vorteile eines verlängerten Kuh-Kalb-Kontakts in einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen gezeigt wurden (siehe Review von Meagher et al., 2019), stellt das Entwöhnen und Separieren der Kälber von der Milch und der Kuh eine besondere Herausforderung dar. Zwar konnte gezeigt werden, dass mit dem Angebot einer zusätzlichen Milchquelle die Stressreaktion der Kälber auf den Milchentzug gemildert werden kann und bei gleichzeitiger Beschränkung der Kontaktphase auf die Nacht auch die Kühe nach der Separation der Kälber weniger vokalisiert (Johnsen et al., 2018), jedoch schränkt diese Form des Kuh-Kalb-Kontakts das Ausleben natürlichen Verhaltens ebenfalls ein, da Kälber normalerweise eher tagsüber saugen.

Die Verwendung einer Saugbremse (nose flap) ermöglicht zwar den ständigen Kontakt der Kälber zu den Kühen, birgt jedoch andere Schwierigkeiten. Zum einen wird dem Kalb die Milch abrupt entzogen, zum anderen schränkt die nose flap das Kalb bei der eigenen Körperpflege ein und kann auch Verletzungen der Nasenschleimhaut verursachen. Zwar vokalisieren die Kälber weniger, was bei oberflächlicher Betrachtung auf eine Stressminderung schließen lässt, andererseits widersprechen dieser Sichtweise andere Stress-Indikatoren (Vogt et al., 2024). Auch im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz des Absetzverfahrens erscheint der Einsatz von Hilfsmitteln, die das Tier unmittelbar beeinträchtigen, fragwürdig. Vielversprechender könnte eine langsame Verminderung der Kontaktzeiten von Kuh und Kalb sein, um einen sanften Übergang von der milch- auf eine festfutterbasierte Versorgung der Kälber zu erreichen, wie es schon länger beim kraftfuttergesteuerten Abtränken am Tränkeautomaten möglich ist (z. B.: Roth et al., 2009; Benetton et al., 2019). Dies würde eventuell auch die Bindung der Kuh zum eigenen Kalb lockern und damit die endgültige Trennung auch für die Kuh erleichtern. Grobe Schritte der Kontaktreduktion (hier: von 24 auf 12 und 6 Stunden) brachten da bisher keinen wirklichen Erfolg (Vogt et al., 2024). Zudem war diese Form des Absetzens mit einem

erheblichen Mehraufwand an Arbeit verbunden, da die Kälber immer aktiv von den Kühen getrennt werden mussten.

Um sowohl den Ansprüchen der Tiere als auch denen der Landwirt:innen, die ihre Kälber muttergebunden aufziehen, gerecht zu werden, sollte deshalb ein stressarmes und arbeitszeitsparendes Absetzverfahren entwickelt werden, das auch langfristig gesellschaftlich akzeptabel ist, wenn von kalbführenden Kühen große Mengen Milch für die menschliche Ernährung gewonnen werden sollen.

Folgende Ziele sollten im Projekt erreicht werden:

- Entwicklung eines stressarmen Absetz- und Separationsverfahrens für Kälber in der muttergebundenen Aufzucht
- Vergleich des neuen Verfahrens mit derzeit in der Praxis der muttergebundenen Kälberaufzucht angewandten Methoden im Hinblick auf Tierwohl und Leistung von Kälbern und deren Müttern
- Ableitung von Empfehlungen für die Praxis

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau werden seit vielen Jahren Untersuchungen zur muttergebundenen Kälberaufzucht durchgeführt. Der dafür genutzte Stall ist extra auf die gemeinsame Haltung von Kühen und Kälbern ausgerichtet. Dabei war es den Kälbern möglich, über ein transpondergesteuertes Selektionstor in den Liegebereich der Kühe zu gelangen. Über ein unkontrolliertes Tor konnten die Kälber diesen Bereich auch wieder in Richtung des Kälberabteils verlassen. Allerdings handelte es sich bei dem transponderkontrollierten Tor um eine einfache Eigenbau-Lösung mit einem Saloon-Tor, das unkontrollierte Passagen von Kälbern nicht sicher ausschließen ließ. Besonders ältere und körperlich kräftige Kälber drückten jüngere, zugangsberechtigte Kälber beiseite. Eine kontrollierte Steuerung im Absetzzeitraum wurde dadurch sehr schwer möglich, da die Kälber hoch motiviert sind, zu ihren Müttern zu gelangen. Um das neue Absetzverfahren mit einer sehr allmählichen Reduktion der Kontaktzeit zu erproben, sollte in den beiden Übergängen zwischen Kälberbereich und Liegeboxenlaufstall der Kühe je ein Smartgate eingerichtet werden, das über eine Zwei-Wege-Regelung den Kälbern entweder den Zugang zum Stall erlaubt oder sie in den Kälberbereich zurückleitet.

Beginnend mit dem 60. Lebenstag des Kalbes sollte die Kontaktzeit (= Zeitraum, den das Kalb im Kuhbereich verbringen kann) schrittweise reduziert werden, bis am 91. Lebenstag dann kein Zugang mehr möglich wäre. Um den Stress durch die vollständige Separation nicht durch ein gleichzeitiges Umstallen in den Jungrinderstall zu verstärken, sollte das Kalb noch eine weitere Woche im Kälberbereich verbleiben. Dieses Vorgehen würde mit dem bisher praktizierten Verfahren des Absetzens mittels nose flap verglichen werden. Zur Beurteilung der Verfahren sollten folgende Variablen erhoben werden: Gewichtsentwicklung und Tiergesundheitsdaten der Kälber, Aktivitätsdaten der Kälber und der Kühe im gesamten Aufzuchtzeitraum zur Beurteilung der Rhythmizität als Tierwohlindikator, Verhalten der Kälber im Absetzzeitraum (Tornutzung, Grooming-Verhalten, Spielverhalten u. a.). Hierfür sollten sowohl Video- und Direktbeobachtung als auch Sensortechnik (Accelerometer) zum Einsatz gelangen. Da auch die Auswirkung des Verfahrens auf die Milchabgabe der Kühe betrachtet werden sollte, wäre jeweils eine Kontrollgruppe vergleichend zu untersuchen. Bei der Kontrollgruppe sollten praxisüblich die Kälber am ersten Tag nach der Geburt von der Mutter getrennt werden. Danach

sollte eine Einzelhaltung im Kälberiglu folgen, bis sie nach 5 bis 7 Tagen in die Kälbergruppe integriert und am Tränkeautomaten ebenfalls mit Vollmilch bis zum 90. Lebenstag aufgezogen würden (in der Praxis verbreitete Aufzucht in der ökologischen Milchviehhaltung). Diese Kälber sollten dann auch für die Datengewinnung zur Frühen Gruppenhaltung von Kälbern zur Verfügung stehen.

2.1.2. Durchführung (TI-OL)

a) Arbeitspakete

Die Arbeiten waren der AG 1 Kälber IP 1.1 „Muttergebundene Kälberaufzucht“ zugeordnet.

b) Tiere, Material und Methoden

Trotz Anfragen bei verschiedenen Stallausrüstern war es nicht möglich, ein Smartgate zur Erfassung und Steuerung von Kälbern kommerziell zu erwerben. Deshalb wurde in Zusammenarbeit zwischen TI-OL und dem Thünen-Institut für Agrartechnologie gemeinsam ein Smartgate entwickelt, gebaut und die Steuerung dafür programmiert. Aufgrund des zusätzlichen Arbeitszeitaufwands und der technischen Herausforderungen konnte die Entwicklung und Erprobung des Smartgates erst zum zweiten geplanten Versuchsjahr umgesetzt werden. Um trotzdem zusätzliche Erkenntnisse zur Entwicklung der Kälber und zum Absetzen zu generieren, wurden im ersten Versuchsjahr die noch vorhandenen Selektionstore genutzt, auch wenn diese nicht zuverlässig verhinderten (Vogt et al., 2024), dass im Absetzprozess befindliche Kälber trotzdem den Kuhbereich betraten. Basierend auf den Erfahrungen in dem ersten Versuchsjahr wurde der Versuchsplan für das zweite Versuchsjahr adaptiert.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen von Vogt et al. (2024) wurde auf den Einsatz von nose flaps zur Unterbindung der Milchaufnahme verzichtet und stattdessen das Verfahren der stufenweisen Reduktion der Kontaktzeit (wie bereits von Vogt et al. (2024) geprüft) mit einer linearen Reduktion je Tag verglichen. Da Vogt et al. (2024) keinen Effekt auf das grooming-Verhalten der Tiere (Nutzung einer automatischen Bürste) im Absetzzeitraum feststellten, wurde auf diese Erhebung verzichtet und stattdessen die Nutzung eines Spielzeugs in das Versuchsdesign aufgenommen.

Um die Versuchsdurchführungen besser nachvollziehen zu können, werden nachfolgend die beiden Versuchsdurchgänge als Versuch 1 (V1) und Versuch 2 (V2) bezeichnet. Beide Versuchsdurchgänge wurden vom zuständigen schleswig-holsteinischen Landesministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz genehmigt (Az: IX 552 - 109514/2023 (39-7/23 V). Gleiches gilt für die Änderungen im Versuchsverlauf: Definition des Absetzbeginns in beiden Durchgängen nach dem Lebensalter und nicht wie ursprünglich geplant in V1 nach Lebensalter und in V2 nach der Gewichtsentwicklung. Diese Anpassung war notwendig, da die Kälber sehr frühzeitig ihr Geburtsgewicht verdoppelten und sonst das Absetzen die Pansenentwicklung gar nicht mehr berücksichtigt hätte. V1 erstreckte sich über den Zeitraum 08/2023 bis 05/2024, V2 von 08/2024 bis 06/2025.

Alle Erhebungen wurden auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau durchgeführt. Der Betrieb ist nach den Standards der EU-Öko-VO 848/2018 zertifiziert. Der Betrieb verfügte über zwei Milchviehherden der Rasse Deutsche Holstein (genetisch hornlos, behornt), die getrennt voneinander, aber im gleichen Stall gehalten wurden. Dieser war spiegelsymmetrisch aufgebaut (Details siehe Wagner et al., 2012) und die beiden Herden

wurden unter identischen Haltungs- und Managementbedingungen geführt. Das Melken erfolgte ebenfalls parallel in einem 2x4 Tandemmelkstand (GEA Farm Technologies), wobei jeweils eine Herde eine Melkstandseite nutzte.

Nachfolgend ist das grundsätzliche Vorgehen beschrieben, das in beiden Versuchsdurchgängen zur Anwendung kam. Auf versuchsspezifische Unterschiede wird insbesondere bei der Beschreibung der Analysen hingewiesen.

Abkalbezeitraum

Entsprechend des erwarteten Abkalbetermins bzw. bei Anzeichen einer bevorstehenden Kalbung (Aufeuern) wurden die tragenden Kühe in eine eingestreute Einzelabkalbebox verbracht. Unmittelbar nach der Kalbung und Feststellung des Geschlechts des Kalbes erfolgte die balancierte Zuordnung zu den drei Versuchsgruppen wobei die Herde (hornlos/behornt), die Parität der Mutter (1., 2., $\leq$ 3. Laktation) sowie das Geschlecht des Kalbes berücksichtigt wurden. Die Versuchsgruppen unterschieden sich hinsichtlich des Kontakts zur Mutter (mit/ohne) und dem Absetzverfahren:

- Graduell (GR): Kälber mit Kontakt zur Mutter, wöchentliche Reduktion der Kontaktzeit im Absetzzeitraum
- Smooth (SM): Kälber mit Kontakt zur Mutter, tägliche Reduktion der Kontaktzeit im Absetzzeitraum
- Kontrolle: Kälber ohne Kontakt zur Mutter, tägliche Reduktion der Milchmenge am Tränkeautomaten im Absetzzeitraum

Die Kontrollkälber wurden innerhalb weniger Stunden nach der Geburt von ihrer Mutter getrennt und in einen Einzelgülf im Außenbereich verbracht. Die Kontaktkälber (Graduell/Smooth) verblieben mit ihrer Mutter für fünf Tage weiterhin in der Abkalbebox, wobei alle Kühe bei der nächsten, auf die Kalbung folgenden Melkzeit mit den beiden Gesamtherden im Melkstand gemolken wurden.

Allen Kälbern wurde kurz nach der Geburt Kolostrum (4 l) per Flasche angeboten. Das Kolostrum stammte von der Mutter, wenn die Kalbung kurz vor dem Melken stattfand. Andernfalls erhielt das Kalb aufgetautes Kolostrum aus der Kolostrumbank (Brix-Wert $\geq$ 22 %). Gleichzeitig wurden 7 ml Eisenpräparat (Ursoferran®, Serumwerk Bernburg AG, Deutschland) oral verabreicht. Bei den Kontaktkälbern wurde auf spontanes Saugverhalten geachtet. Wenn dieses ausblieb, unterstützte das Stallpersonal die Kälber, um das selbständige Saugen zu fördern.

Alle Kälber erhielten in den folgenden zwei Tagen die Transitmilch ihrer Mütter – die Kontaktkälber durch das direkte Saugen, die Kontrollkälber über einen Tränkeimer mit Nuckel. Die Kontrollkälber wurden für die weitere Zeit ihres Aufenthaltes im Einzelgülf (bis zum siebten Lebenstag) dreimal täglich mit Vollmilch (4 l/Tränkemahlzeit) gefüttert. War die Milchproduktion der Mutter unzureichend, wurde ihnen Milch einer anderen, kürzlich abgekalbten Kuh angeboten.

Kälberhaltung

Nach fünf (Kontaktkälber) bzw. sieben (Kontrollkälber) Tagen wurden die Kälber gemeinsam in den eigentlichen Kälberbereich entsprechend der Herdenzugehörigkeit ihrer Mütter in die Gruppenhaltung umgestallt. Dort standen ihnen ein eingestreuter Liegebereich und ein innen- bzw. außenliegender Laufbereich zur Verfügung (Abbildung 5).

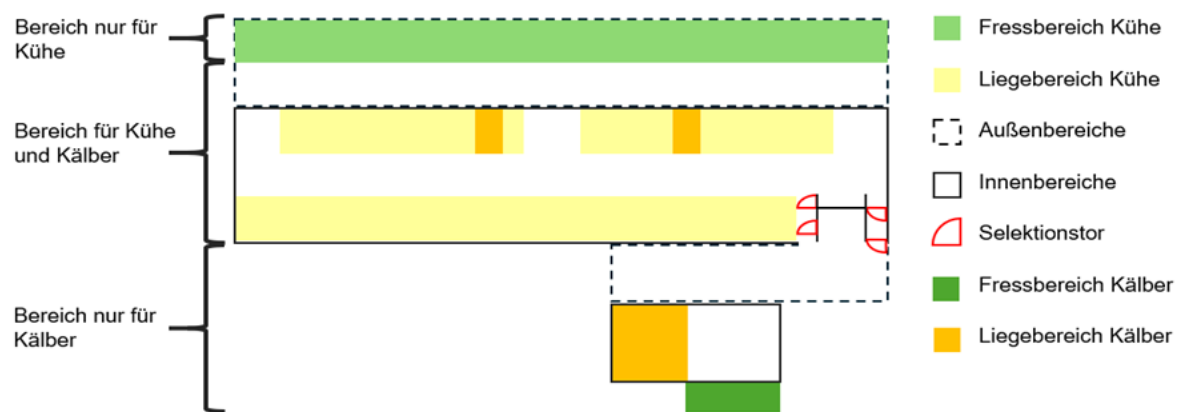


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Anbindung des Kälberbereichs an den Kuhbereich mittels Selektionstor

Der Bereich war mit einem Futtertisch mit Fangfressgitter, einem Kraftfutter- und einem Tränkautomaten (Förster Technik GmbH, Engen, Deutschland), einer Tränke sowie einer automatischen Kälberbürste (Schurr Gerätebau GmbH) ausgestattet. Für die Kontaktkälber begann mit diesem Schritt die Eingewöhnung an die Selektionstore (V1: transpondergesteuerte Saloonstore (Abbildung 6), V2: neues Smartgate (Abbildung 7), während die Mütter dieser Kälber in die entsprechende Herde eingruppiert wurden. Die Mitarbeiter des Betriebs unterstützten die Kälber, bis sie in der Lage waren, das Selektionstor selbstständig zu nutzen, um außerhalb der Melkzeiten und der Zeiten für das Einstreuen in die Milchviehherde zu gelangen, wo sie ihre Mütter treffen und saugen konnten.

Da die Kühe kontinuierlich abkalbten, variierte die Zahl der Kälber in der Kälbergruppe sowie deren Zusammensetzung und das Alter der Tiere bewegte sich zwischen sechs und 105 Lebstagen.

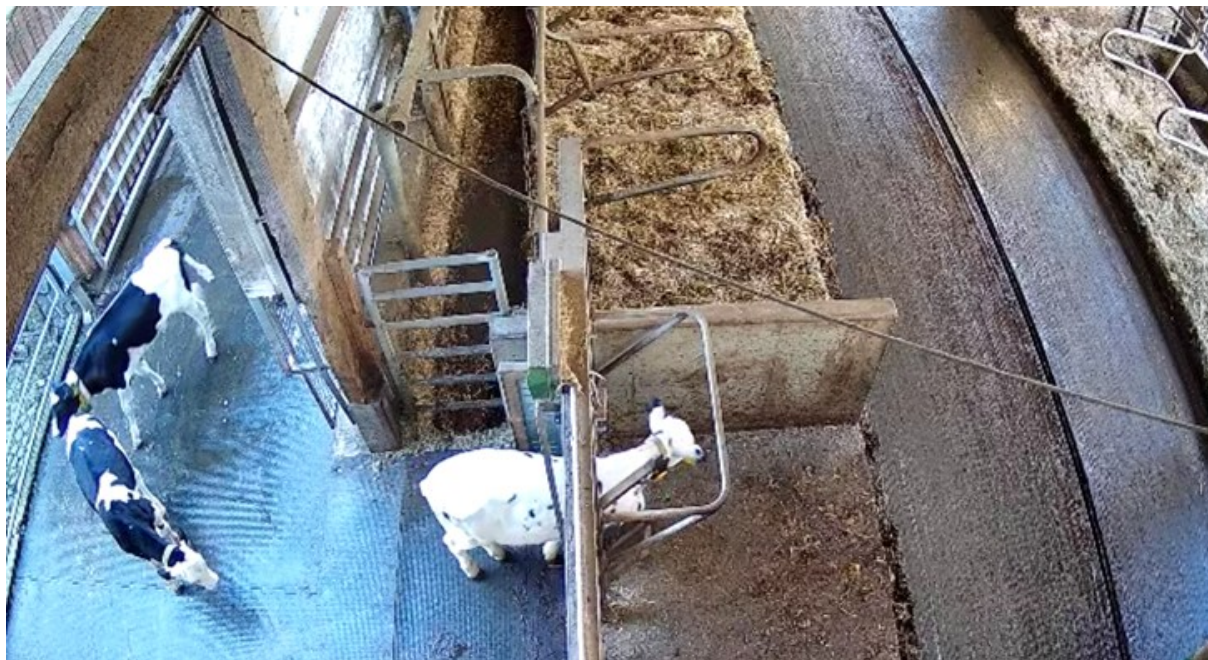


Abbildung 6: Der Zugang zum Kuhbereich in Versuch 1 wurde durch ein RFID-gestütztes Saloon-Tor geregelt. Die Rückkehr in den Kälberbereich war den Kälbern jederzeit durch ein zweites Tor möglich, das zwischen dem Eingangstor und der Betonwand angeordnet war



Abbildung 7: Der Zugang zum Kuhbereich in Versuch 2 wurde durch ein Smartgate überwacht, das die gleichzeitig das Wiegen der Kälber ermöglichte. Die Kälber konnten jederzeit durch ein zweites Tor (unten in der Abbildung) in den Kälberbereich zurückkehren.

Kälberfütterung

Im Kälberbereich hatten alle Kälber freien Zugang zu Wasser, Heu und einer totalen Mischration (TMR). Die TMR (63,6 % Grassilage, 30,0 % Maissilage, 6,2 % Kraftfutter in Form von Grobkörnern und 0,2 % Mineralfutter) wurde einmal täglich am Nachmittag frisch vorgelegt. Darüber hinaus erhielten die Kälber Kraftfutter in Form von Pellets (56 % Weizen, 32 % Triticale, 10 % Erbsen, 2 % Mineralien) über den Kraftfutterautomaten. Den Kälbern wurden bis zu 2,5 kg Kraftfutter pro Tag in Portionen von je 50 g angeboten.

Die Kontrollkälber erhielten Vollmilch in Lebensmittelqualität über den Tränkautomaten. Ihnen wurden bis zum Start des Absetzens täglich bis zu 16 Liter Milch (maximal 4 l pro Mahlzeit, 4 Mahlzeiten pro Tag) angeboten. Die Kontaktkälber hatten während der Zugangszeiten zu der Milchviehherde die Gelegenheit, Milch bei der eigenen Mutter zu saugen. Ob Fremdsaugen an anderen Kühen auftrat wurde jedoch nicht verfolgt.

Absetzverfahren

Um die Datenerhebung zu vereinfachen und den Arbeitszeitaufwand zu minimieren, wurden die Tiere nicht nach Lebenstag, sondern nach Altersgruppe behandelt: Alle Kälber, die von Dienstag bis Montag der folgenden Woche geboren wurden, gehörten derselben Altersgruppe an. Jede Versuchswoche begann am Dienstag. Die Kälber wurden während ihrer ersten 14 Lebenswochen (LW) untersucht, während das Verhalten und die Milchleistung der Muttertiere bis 15 Wochen nach der Kalbung berücksichtigt wurden.

Für die Kontaktkälber verringerte sich die täglich mögliche Kontaktdauer entsprechend der jeweiligen Versuchsgruppe (Abbildung 8). Damit ging auch die Einschränkung der möglichen Säugezeiten einher. Beim graduellen Absetzen (GR-Kälber) und beim smoothen Absetzen (SM-Kälber) war den Kälbern bis zum 63. Tag der Zugang zur Kuhherde über insgesamt 17

Stunden pro Tag außerhalb der Melkzeiten möglich. Am Tag 64 wurde der Start des möglichen Zugangs zur Kuhherde nach dem morgendlichen Melken verschoben, entweder einmal pro Woche um 4:05 Stunden für die GR-Kälber oder einmal pro Tag um 35 Minuten für SM-Kälber. Die Veränderung der Zugangsbeschränkung zur Kuhherde erstreckte sich über einen Monat. Sie wurde mit dem RFID gesteuerten Selektionstor überwacht, das die Kälber identifizierte und den Zugang zum Kuhbereich gewährte oder verweigerte.

Für die Kontrollkälber verringerte sich das Milchangebot von Tag 64 bis Tag 91 täglich um 0,5 l, so dass am Tag 91 noch 2 l angeboten wurden. Ab der 14. Woche hatten alle Kälber keinen Zugang mehr zur Milch und die Kontaktkälber auch nicht mehr zum Muttertier. Mit Start der Woche 15 wurden die Kälber in den Jungviehstall gebracht und verließen das Experiment.

Lebenswoche	9 Referenz	10 Phase 1	11 Phase 2	12 Phase 3	13 Phase 4	14 Abgesetzt
	17 h/Tag Kontakt	Graduell - Verkürzung der Kontaktzeit: - 4.05 h/Woche				Kälber abgesetzt
		Smooth - Verkürzung der Kontaktzeit: - 35 min/Tag				
	16 L/Tag Milch	Kontrolle - Reduzierung der Milchmenge: - 0.5 L Milch/Tag				

Abbildung 8: Schematische Darstellung des Absetzverlaufes in den drei Versuchsgruppen. Die neunte Lebenswoche galt als Referenz. In Woche 14 hatten die Kontaktkälber keinen Zugang zur Milchviehherde mehr und die Kontrollkälber erhielten keine Milch mehr am Tränkeautomaten. Jedoch verblieben die Tiere in dieser Woche noch im Kälberbereich

Datenerhebung — Leistungsindikatoren

Um die Qualität der Übertragung der passiven Immunität bei den Kälbern zu beurteilen, wurden die Menge an aufgenommenem Kolostrum sowie die Kolostrumqualität erhoben. Zwischen dem zweiten und achten Lebenstag entnahm der bestandsbetreuende Veterinär jedem Kalb eine Blutprobe aus der Halsvene, um den Erfolg der passiven Immunisierung zu beurteilen. Der Brix-Wert des Blutserums wurde mit einem digitalen Refraktometer (Milwaukee Digitales Refraktometer MA871, Ungarn) bestimmt.

Die Kälber wurden wöchentlich mit einer Kälberwaage (Patura Wiegekafig, Wiegeset S1, Genauigkeit ± 1 %) gewogen. Während der Fixierung der Kälber zum Wiegen wurde der Gesundheitszustand der Kälber beurteilt. Die Gesundheitsüberwachung erfolgte verschiedener Gesundheitsindikatoren, die mit einer 0-1-2-Skala bewertet wurden (0: keine Symptome, 2: schwere Symptome) nach der von Roth et al. (2009b) entwickelten und verwendeten Methode. Es wurden der Nasen- und Augenausfluss, das Auftreten von Husten, die Sauberkeit des Analbereichs und das Auftreten von Nabelentzündungen erfasst. Betrug die Rektaltemperatur des Kalbes weniger als 39,6 °C oder mehr als 37 °C, wurde eine Punktzahl von 2 für die Rektaltemperatur vergeben, andernfalls wurde sie mit 0 bewertet. Wöchentlich wurde für jedes Kalb die Punktzahl jedes klinischen Indikators zu einer wöchentlichen Gesundheitspunktzahl (WHS – weekly health score, Range: 0 – 12) addiert. Alle Medikamente und die Gründe für tierärztliche Eingriffe bei Kälbern und Kühen wurden ebenfalls dokumentiert.

Die Besuche des Tränkeautomaten sowie die von den Kontrollkälbern aufgenommene Milchmenge wurden automatisch über die CalfCloud-Software (Förster Technik GmbH) erfasst.

Die Milchleistung der Muttertiere wurde bei jeder Melkzeit automatisch mit der Herdenmanagement-Software DairyPlan C 21 (GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Deutschland) aufgenommen.

Datenerhebung — Tierverhalten

Das Tierverhalten wurde sowohl direkt beobachtet als auch über Videoaufzeichnungen erfasst. Zudem wurden Sensoren am Tier für die Aufzeichnung genutzt.

- Vokalisation:** Zur Erfassung der Vokalisation wurden die Kuh-Kalb-Paare am ersten und letzten Tag jeder Phase des Absetzprozesses beobachtet. In V1 geschah das durch zwei erfahrene Beobachterinnen (Fleiss Kappa = 0,85, $p < 0,001$) und in V2 durch drei erfahrene Beobachterinnen (Fleiss Kappa = 0,85, $p < 0,001$). Für die Datenaufnahme wurde die Boris-App auf einem Tablet (Beta-Version 0.12 2024-09-05 für Android (Friard und Gamba, 2016)) genutzt. Als Vokalisation wurde ein hoher Ton definiert, der von einem Kalb oder einer Kuh erzeugt wurde und mit einem geöffneten Maul einherging. Jede Beobachtungssitzung wurde jeweils von einer der Beobachterinnen durchgeführt. Die Beobachtungen erfolgten über einen Zeitraum von zwei Stunden nach dem Morgenmelken (9 bis 11 Uhr), eine Stunde am Nachmittag (13 bis 14 Uhr) und zwei Stunden nach dem Abendmelken (19 bis 21 Uhr). Jeder Beobachtungsabschnitt dauerte 30 Minuten, und die Beobachterin wechselte alle 30 Minuten die Stallseite (behornt/hornlos), sodass jede Herde täglich über 2,5 Stunden beobachtet wurde. In geradzahligen Kalenderwochen begann die Beobachtung in der behornten Herde, in ungeradzahligen in der unbehornten Herde. Dadurch wurde sichergestellt, dass der erste nach dem Melken startende Beobachtungszeitraum gleichmäßig auf die beiden Herden verteilt war.
- Fressverhalten:** In V1 wurde das Fressverhalten der Kälber an zwei Tagen pro Woche mit Kameras, die über dem Futtertisch des Kälberbereichs angebracht waren, aufgezeichnet (2688 Stunden Videomaterial). Das Fressverhalten der Kälber wurde vom 57. bis zum 98. Lebenstag analysiert. Vier Beobachterinnen erfassten mithilfe der Software BORIS® (Friard und Gamba, 2016) die Zeiten, in denen die Kälber bei der Aufnahme von Heu, TMR, Kraftfutter und Trinkwasser zu beobachten waren. Die Inter-Observer-Reliabilität wurde anhand von vier zufällig ausgewählten Videos berechnet (Fleiss Kappa = 0,78, $p < 0,001$).
- Grooming:** Ursprünglich war geplant, auch das Grooming-Verhalten der Kälber mit zu erfassen. Da aber eine kurz zuvor abgeschlossene Studie auf dem gleichen Versuchsbetrieb keinen Hinweis auf einen Einfluss des Absetzverfahrens auf das Groomingverhalten der Kälber erbrachte (Vogt et al. 2024), wurde auf diese sehr zeitaufwändige Datenaufnahme im Interesse anderer Indikatoren verzichtet.
- Tordurchgänge:** Da in V1 die Kälber nicht immer am Betreten des Kuhbereichs durch das Selektionstor gehindert werden konnten, wurden mittels Videoaufzeichnungen die Durchgänge durch das Selektionstor erfasst und durch geschulte Beobachterinnen dokumentiert. Für den Zeitraum vom 57. bis zum 98. Lebenstag wurde für jedes Kalb ermittelt, wann es den Kuhbereich betreten und wieder verlassen hat. Für jede Herde und jeden Tag wurde ein 24-Stunden-Video aufgezeichnet. Insgesamt wurden 9 144 Stunden Video analysiert. Die Videoanalyse wurde nach der in Gillet et al. (2025) beschriebenen Methode durchgeführt. Vier Beobachter verwendeten die Software BORIS®

(Friard und Gamba, 2016), um den Zeitpunkt zu dokumentieren, zu dem jedes Kalb den Kuhbereich betrat und verließ, sowie den Zeitpunkt, zu dem ihm der Zugang zum Kuhbereich verwehrt wurde und die Anwesenheit der Mutter vor dem Tor zu dokumentieren. Die Inter-Reliabilität zwischen den Beobachtern wurde anhand von x zufällig ausgewählten Videos berechnet (Fleiss Kappa = 0,74, $p < 0,001$).

Liegeverhalten: Zur Beurteilung des Liegeverhaltens wurden alle Kälber mit einem Beschleunigungssensor (Hobo Pendant G Datenlogger, Onset Computer Corporation) am linken Hinterbein ausgestattet, wobei eine speziell für die Studie entwickelte Beschleunigungsmesser-Tasche für Kälber verwendet wurde (Abbildung 8a). Die Datenerfassung erfolgte in Intervallen von 30 s. Die Daten wurden mit der HOBOWare-Software (Version 3.7.17) ausgelesen. Die Gesamtliegezeit pro Tag und die Anzahl der Liegephasen pro Tag wurden berechnet wie in Vogt et al. (2024) beschrieben.



Abbildung 8a: Sitz der HOBOW-Datenlogger am Kalb. Die Tasche zum schnellen Anbringen und Abnehmen des Beschleunigungssensors besteht aus einer wasserdichten Hülle und einem weichem Gummiband, das mit einem Klettverschluss versehen ist. Damit ist die Nutzung bei Kälbern unterschiedlicher Größe möglich ohne die Haut der Tiere zu schädigen oder sie in ihrem Bewegungsverhalten zu beeinträchtigen.

Rhythmizität: Ursprünglich war geplant, die Aktivitätsdaten und die Daten der Tornutzung zur Beurteilung der Rhythmizität als Indikator für das Tierwohl zu nutzen. Aufgrund des begrenzten Zeitumfangs für die Datenauswertung konnte dies bis zum Projektende noch nicht umgesetzt werden, ist aber langfristig geplant.

Wiederkauen: In V2 wurden die Kälber eine Woche nach der Geburt mit Allflex eSense™ Ohrmarken (MSD Tiergesundheits, Deutschland) ausgestattet und die Wiederkauzeit pro Tag ermittelt. Wie in früheren Studien gezeigt, scheint das Ohrmarkensensorsystem eine valide Methode zur Überwachung der täglichen Wiederkäutätigkeit bei Kälbern zu sein (Omontese et al., 2022; Spina et al., 2024; Xiao et al., 2023). Da auch bei den Milchkühen das System zum Herdenmanagement verwendet wird, konnten auch diese Daten für die Auswertung mit herangezogen werden.

Datenanalyse

Aufgrund der Unterschiede in den Selektionstoren konnten V1 und V2 nicht als Wiederholungsdurchgänge zur Prüfung der Absetzverfahren genutzt werden. Deshalb erfolgte die Datenauswertung nur bis zum Start des Absetzprozesses gemeinsam. Der Vergleich der beiden Absetzverfahren für die muttergebundene Kälberaufzucht erfolgte dann getrennt nach den beiden Jahren.

Um eine Standardisierung zu erreichen, wurden für die Analysen zur Prüfung des Effekts der Versorgung mit Kolostrum und Transitmilch nur die Kälber herangezogen, die mit aufgetautem Kolostrum aus der Kolostrumbank versorgt wurden (41 Kälber: 17 Kontrollkälber, 24 Kontaktkälber). Lineare gemischte Modelle, generalisierte lineare gemischte Modelle und statistische Tests wurden verwendet, um zu prüfen, ob der Kontakt zur Mutterkuh die Übertragung der passiven Immunität, die Wachstumsrate und den Gesundheitszustand der Kälber beeinflusst oder ob dies eher auf die Kolostrumaufnahme und das Angebot von Transitmilch zurückzuführen ist.

Für die Entwöhnungsphase wurden die Daten aus beiden Versuchen aufgrund der beiden unterschiedlichen Selektionstoren separat analysiert, jedoch war die Durchführung der statistischen Analyse ähnlich aufgebaut. Lineare gemischte Modelle, generalisierte lineare gemischte Modelle und statistische Tests wurden verwendet, um die Unterschiede in den Ergebnissen zwischen den Absetzverfahren (Kontrolle, GR, SM) und den Phasen des Absetzprozesses (Referenzwoche, Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Abgesetzt) zu testen. Zielvariablen waren dabei die Wachstumsrate und der Gesundheitszustand der Kälber, das Verhalten der Kälber und Kühe sowie deren Milchleistung.

Die Signifikanzschwelle für alle statistischen Analysen wurden auf $p < 0,05$ festgelegt.

2.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)

Da beide Versuchsdurchgänge zum Absetzen nur in der Stallhaltungsperiode (Oktober bis Mai) durchzuführen waren – in der Weideperiode halten sich die Tiere Tag und Nacht auf der Weide auf und eine gezielte Reduktion der Kontaktzeit wäre nicht möglich gewesen – sollten alle Kalbungen im Zeitraum von Ende August (Absetzbeginn: Oktober) bis Anfang März (spätestes Absetzende: Mai) genutzt werden bis die erforderliche Tierzahl erreicht wäre. Insgesamt fielen in diese Zeiträume 100 geplante Abkalbungen (V1: 53, V2: 47).

Neun Kuh-Kalb-Paare mit Kontakt zueinander wurden jedoch aus dem Versuch genommen, da der zugehörige Partner (Kuh oder Kalb) nicht mehr zur Verfügung stand (in V1: 2 Kühe aus gesundheitlichen Gründen, 1 Kalb verendet und 1 Kuh, die nicht gesäugt hat; in V2: 2 Kühe aus gesundheitlichen Gründen, 1 Totgeburt, und 2 Kälber, deren Absetzverfahren im Laufe des Entwöhnungsprozess von der Software des Smartgates unerwartet vertauscht wurde). In V2 fiel eine Kontakt-Kuh wegen einer starken Euterverletzung in der zweiten Laktationswoche aus dem Versuch. Ihr Kalb blieb aber weiterhin als Kontrolle im Versuch. Zusätzlich konnten aufgrund von fünf Aborten und zwei fehlenden Trächtigkeiten in V2 sieben geplante Abkalbungen nicht genutzt werden. Die Kontrollgruppe umfasste 10 Tiere ohne ihren zugehörigen Partner (Kuh oder Kalb), da dieser nicht mehr zur Verfügung stand (V1: 3 Kühe aus gesundheitlichen Gründen, 2 Kälber verendet und 2 Kälber mit zu geringeren täglichen Zunahmen; in V2: 2 Totgeburten und eine Kuh verendet nach der Geburt). Insbesondere in V2 wirkte sich die Infektion mit BTV-3 aus, obwohl der Bestand nach dem ersten Auftreten von Symptomen noch geimpft wurde.

Die Aufteilung der auswertbaren Tiere auf die Versuchsgruppen sowie deren Geschlecht (Kälber) bzw. Laktationsnummer (Kühe) sind Tabelle 1 und Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 1: Stichprobenumfang der Kälber in den Versuchsgruppen und Versuchsjahren (auswertbar)

Herde Geschlecht Kalb	Hornlos Männlich	Weiblich	Behornt Männ- lich	Weiblich	Gesamt
Versuchsjahr 1					
Kontrolle	3	3	6	3	15
Graduell	3	5	4	3	15
Smooth	4	3	3	5	15
	10	11	13	11	45
Versuchsjahr 2					
Kontrolle	1	2	5	3	11
Graduell	1	3	4	2	10
Smooth	1	2	4	3	10
	3	7	13	8	31
Gesamt	13	19	26	19	76

Tabelle 2: Stichprobenumfang der Kühe in den Versuchsgruppen und Versuchsjahren (auswertbar)

Herde Parität	Hornlos			Behornt			Gesamt
	1.	2.	≥ 3.	1.	2.	≥ 3.	
Versuchsjahr 1							
Kontrolle	4	2	2	3	3	2	16
Graduell	3	2	3	1	3	3	15
Smooth	3	2	2	2	2	4	15
	10	6	7	6	8	9	46
Versuchsjahr 2							
Kontrolle	0	2	1	2	1	4	10
Graduell	2	2	0	2	1	3	10
Smooth	1	2	0	2	2	3	10
	3	6	1	6	4	10	30
Gesamt	13	12	8	12	12	19	76

a) **Entwicklung der Kälber bis zum Absetzbeginn**

Die Ergebnisse basieren auf Daten von 17 Kontrollkälbern (V1: 11, V2: 6) und 24 Kontaktkälbern (V1: 13, V2: 11). Das durchschnittliche Geburtsgewicht für alle Kälber betrug $38,4 \pm 4,6$ kg und unterschied sich weder zwischen den Behandlungsgruppen (t-Test, $P = 0,523$) noch zwischen den Geschlechtern (männliche Kälber: $39,4 \pm 4,6$ kg, weibliche Kälber: $37,1 \pm 4,5$ kg, t-Test, $p = 0,523$). Der mittlere Brix-Wert des den Kälbern angebotenen Kolostrums ($24,7 \pm 2,2$ % Brix), die Kolostrumaufnahme ($2,2 \pm 0,7$ l von den angebotenen 4 l) und die Zeit zwischen der Geburt und der Verabreichung von aufgetautem Kolostrum mit der Flasche ($2,4 \pm 1,8$ h) unterschieden sich nicht zwischen den Kontroll- und den Kontaktkälbern ($p > 0,05$). Der Brix-Wert des Blutserums der Kälber unterschied sich ebenfalls nicht zwischen Kontrollkälbern ($9,5 \pm 0,4$ % Brix) und Kontaktkälbern ($8,9 \pm 0,3$ % Brix, $p = 0,105$).

Die Kontrollkälber nahmen in den ersten neun LW durchschnittlich 10,3 l Milch pro Tag zu sich. Die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme (ADG) aller Kälber stieg mit zunehmendem

Alter ($p < 0,001$). Die Kontrollkälber (987 ± 55 g) und die Kontaktkälber (1051 ± 46 g) wiesen eine ähnliche ADG auf ($p = 0,319$).

Der WHS der Kontrollkälber ($2,0 \pm 0,2$) und der Kontaktkälber ($1,7 \pm 0,1$) unterschied sich nicht ($p = 0,124$). Insgesamt wurden während beider Versuchszeiträume 35 Durchfalltests durchgeführt (17 bei den Kontrollkälbern, 18 bei den Kontaktkälbern). Die Anzahl der pro Kalb durchgeführten Tests unterschied sich nicht zwischen Kontrollkälbern ($0,9 \pm 0,2$) und Kontaktkälbern ($0,6 \pm 0,2$, $p = 0,229$). Ein Effekt der Kolostrumqualität auf die Häufigkeit von Durchfällen zeigte sich nur tendenziell: mit jedem Prozent Steigerung des Brixwertes sank die Durchfallrate pro Kalb um 15 % ($p = 0,053$). In sieben der 35 Tests wurde eine Rotavirus-Infektion (Kontrollkälber: 3, Kontaktkälber: 4) festgestellt alle anderen Tests waren negativ.

b) Vergleich der Absetzverfahren – Kälberentwicklung und -gesundheit

Versuchsjahr 1

Da alle Kontaktkälber den Kuhbereich trotz Zugangsbeschränkung betraten und damit auch die Milchaufnahme nicht kontrolliert unterbunden werden konnte, sind Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen hinsichtlich der körperlichen Entwicklung (Tabelle 3) und der Gesundheit nicht gesichert auf das Absetzverfahren zurückzuführen. Dass die Kontaktkälber noch Milch aufnehmen konnten, lässt die starke Verminderung der Zunahmen in der Phase, in der noch Zaunkontakt bestand, vermuten.

Tabelle 3: Mittelwert und Standardabweichung der täglichen Zunahme sowie des Gewichts der Kälber in den einzelnen Versuchsgruppen im Verlauf des Absetzens

	Lebenswoche											
	9 (Referenz)		10 (Phase 1)		11 (Phase 2)		12 (Phase 3)		13 (Phase 4)		14 (Abgesetzt)	
<i>Tägliche Zunahme (kg/Tier/Tag)</i>												
Kontrolle	1,18	± 0,36	1,02	± 0,39	0,81	± 0,30	0,70	± 0,40	0,76	± 0,47	0,81	± 0,37
Graduell	1,31	± 0,44	1,31	± 0,44	0,69	± 0,41	1,28	± 0,40	1,17	± 0,63	0,61	± 0,84
Smooth	1,32	± 0,47	1,10	± 0,36	1,30	± 0,47	1,18	± 0,39	1,51	± 0,42	0,42	± 0,80
<i>Gewicht (kg)</i>												
Kontrolle	106	± 11,8	113	± 11,4	119	± 12,1	124	± 11,9	129	± 12,9	135	± 13,7
Graduell	110	± 16,9	119	± 17,5	124	± 16,8	133	± 17,8	141	± 15,5	145	± 18,4
Smooth	106	± 19,8	114	± 19,0	123	± 18,7	131	± 18,5	142	± 19,0	145	± 19,6

Hinsichtlich der Gesundheit unterschieden sich die Versuchsgruppen im Absetzzeitraum nicht. Der mittlere WHS betrug 2 und variierte zwischen 0 und 7 in allen Versuchsgruppen. Lediglich dreimal trat Durchfall auf (GR in Phase 1: 2x, SM in Phase Abgesetzt: 1x), der allerdings nicht infektiös war. Fünf Kontrollkälber (2x Nabelinfektion, 1x Ohreninfektion, 1x Bronchopneumonie, 1x Bronchitis) und zwei GR-Kälber (1x Bronchopneumonie, 1x Bronchitis) wurden tierärztlich behandelt. Die Häufigkeit der Behandlungen unterschied sich nicht zwischen den Versuchsgruppen (Fisher-Exakttest für Zähldaten, $p = 0,052$).

Versuchsjahr 2

Die mittleren täglichen Zunahmen der Kälber und auch deren Gewichte unterschieden sich in der Referenzwoche vor dem Absetzen nicht (1.200 g ± 400 g je Tag bzw. $101,3 \pm 9,3$ kg). Im Laufe des Absetzens verminderten sich die Zunahmen in allen Versuchsgruppen, aber zu unterschiedlichen Zeitpunkten und auf unterschiedliche Weise (Abbildung 9). So verringerten sich die täglichen Zunahmen der Kontrollkälber in den ersten zwei Wochen um sich dann wieder zu normalisieren. Die GR-Kälber zeigten kontinuierlich sinkende Werte während bei den

SM-Kälber erst in den letzten beiden Phasen ein deutliches Absinken zu sehen war. Nach dem Absetzen von der Milch und dem Zaunkontakt zur Mutter lagen die täglichen Zunahmen der Kontrollkälber (1.100 ± 160 g/Tag) deutlich höher als die der GR-Kälber (540 ± 160 g/Tag) und SM-Kälber (500 ± 160 g/Tag). Allerdings unterschieden sich die Gewichte der Tiere zum Ende der Zaunkontakt-Woche nicht zwischen den Versuchsgruppen (Kontrolle: $139 \pm 3,34$ kg, GR: $138 \pm 3,18$ kg, SM: $144 \pm 3,36$ kg).

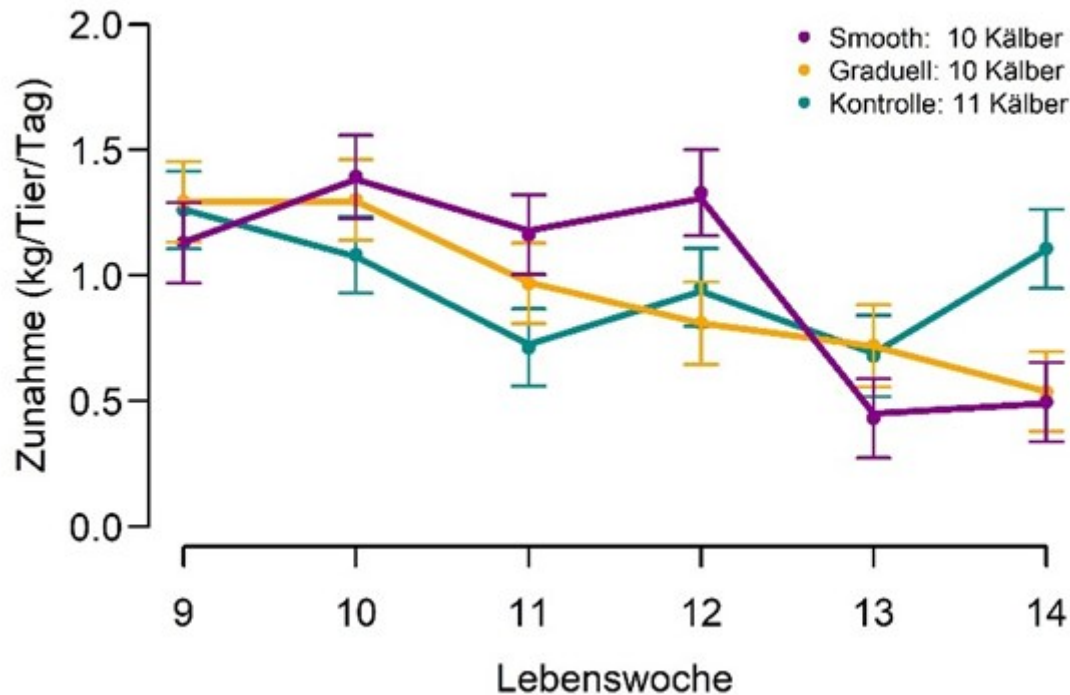


Abbildung 9: Mittlere tägliche Zunahmen der Kälber (LSM $\pm$ SE) während der Referenzwoche (LW 9), Verkürzung der Kontaktzeit (LW 10 bis 13) und nach dem Absetzen (LW 14).

Der Gesundheitszustand unterschieden sich zwischen die Versuchsgruppen im Absetzzeitraum nicht. Der mittlere WHS betrug 1,2. Er variierte zwischen 0 und 6 für die Kontroll- und SM-Kälber, und von 0 und 5 für die GR-Kälber. Im Absetzprozess wurden zwei Kälber (1x Kontrolle, 1x Smooth) wegen Bronchopneumonie veterinärmedizinisch behandelt und Durchfall trat in zwölf Fällen auf. Allerdings nicht war er nicht infektiös (Phase 1: 1x Kontrolle, 1x GR, 1x SM; Phase 2: 1x SM, Phase 3: 2x SM; Phase 4: 2x Kontrolle, 1x SM; Abgesetzt: 1x Kontrolle, 1x GR, 1x SM). Die Häufigkeit des Auftretens von Durchfall unterschied sich zwischen den Versuchsgruppen nicht (Fisher-Exakttest für Zähldaten, $p = 0,705$).

c) Vergleich der Absetzverfahren – Verhalten der Kälber und Kühe

Versuchsjahr 1

Einigen Kälbern gelang es trotz der Zugangssperre, während des Absetzprozesses und in der Phase mit Zaunkontakt in den Kuhbereich zu gelangen (Tabelle 4a). Damit war nicht auszuschließen, dass die Kälber doch Kontakt zu ihren Müttern hatten und eventuell auch Milch aufnahmen. Daher war es nicht möglich, die physiologischen und verhaltensbezogenen Reaktionen der GR- und SM-Kälber in diesem Versuchsjahr zu vergleichen.

Tabelle 4a: Verteilung der Kälber, die unerlaubt den Kuhbereich betraten, auf die Versuchsgruppen

Versuchsgruppe		Anteil der unerlaubten Besuche an allen Besuchen je Tag (Mittelwert über den gesamten Absetzzeitraum)					Total
		0 ... 20 %	21 ... 40 %	41 ... 60 %	61 ... 80 %	81 ... 100 %	
Graduell	n	6	3	5	1	0	15
Smooth	n	7	6	3	0	0	15

Auch die Kontrollkälber reagierten auf den Entzug des Milchangebots, so stieg die Anzahl der Besuche am Tränkeautomaten nach dem Absetzen ($7,9 \pm 0,90$ Besuche je Tag) im Vergleich zur Referenzwoche ($5,9 \pm 0,77$ Besuche je Tag) erheblich an.

Hinsichtlich des Liegeverhaltens unterschieden sich die Versuchsgruppen nicht voneinander. Alle Gruppen zeigten eine Reduktion der Liegedauer von Beginn (Referenzwoche: Kontrolle: $16,7 \pm 0,19$ h/Tag, GR: $16,7 \pm 0,19$ h/Tag, SM: $16,8 \pm 0,20$ h/Tag) bis Ende des Absetzprozesses (Abgesetzt/Zaunkontakt: Kontrolle: $15,2 \pm 0,20$ h/Tag, GR: $15,0 \pm 0,19$ h/Tag, SM: $15,3 \pm 0,19$ h/Tag).

Das Fressverhalten der Kälber wurde mit Videokameras aufgezeichnet, allerdings ist das Material so umfangreich, dass die Auswertung zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vollständig abgeschlossen werden konnte. Auf eine Ergebnisdarstellung muss deshalb hier verzichtet werden, allerdings soll die Publikation der Daten noch erfolgen.

Versuchsjahr 2

Alle Versuchsgruppe reagierten auf den Entzug des Milchangebots, so stieg die Anzahl der Besuche am Tränkeautomaten und am Smartgate nach dem Absetzen erheblich an (Tabelle 4b). Auch die Häufigkeit an Vokalisationen nahm zu, am deutlichsten bei den SM-Kälbern.

Die Zunahme der täglichen Wiederkaudauer ab der Phase 2 deutet auf eine Zunahme der Festfutteraufnahme hin. In der Phase ohne Milch und ohne Zugang zur Kuh betrug die Wiederkauzeit dann vier Stunden mehr als in der Referenzwoche. Die Wiederkauzeit der Kühe änderte sich nicht (auf Darstellung der Daten verzichtet).

Wie in V1 nahm auch die Liegedauer der Kälber über den Absetzzeitraum ab, ohne dass Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bestanden (auf Darstellung der Daten verzichtet).

Bei der ersten Reduktion der erlaubten Kontaktzeit reagierten die Kälber relativ selten mit Vokalisation (GR: $1,6 \pm 1,28$, SM: $1,2 \pm 1,19$ Vokalisationen/Tier/30 min Beobachtungszeit). Allerdings reagierten die GR-Kühe Kühe deutlicher bei der ersten Reduktion als die SM-Kühe (GR: $6,5 \pm 1,78$, SM: $1,7 \pm 0,92$ Vokalisationen/Tier/30 min Beobachtungszeit). Als nur noch Zaunkontakt bestand vokalisiert die Kälber deutlich häufiger. Die SM-Kälber dabei fast dreimal häufiger als die GR-Kälber. Obwohl die Kühe in dieser Phase weniger als die Kälber vokalisiert, trat dies bei den SM-Kühen häufiger auf als bei den GR-Kühen.

Tabelle 4b: Verhalten der Kälber und Kühe vor und nach dem Absetzen (LSM $\pm$ SE)

Versuchsgruppe	Referenzwoche			Abgesetzt (Zaunkontakt)		
	Kontrolle	Graduell	Smooth	Kontrolle	Graduell	Smooth
Anzahl Kälber/Kühe	11/10	10/10	10/10	11/10	10/10	10/10
Besuche Smartgate/ Tränkeautomat pro Tag	$4,3 \pm 0,84$	$2,3 \pm 0,49$	$2,7 \pm 0,56$	$9,7 \pm 1,61$	$6,0 \pm 1,16$	$7,1 \pm 1,38$
Wiederkaudauer (h/Kalb/Tag)	$4,8 \pm 0,79$	$5,3 \pm 0,78$	$5,6 \pm 0,81$	$8,7 \pm 0,79$	$9,3 \pm 0,80$	$9,5 \pm 0,81$
Kälber – Vokalisationen (je Tier je 30 min Beobachtungszeit)	$0,04 \pm 0,20$	$0,10 \pm 0,33$	$0,12 \pm 0,33$	$0,82 \pm 0,90$	$14,5 \pm 3,77$	$40,9 \pm 6,33$
Kühe – Vokalisationen (je Tier je 30 min Beobachtungszeit)	$0,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,08$	$0,38 \pm 0,44$	$0,02 \pm 0,09$	$0,18 \pm 0,30$	$3,28 \pm 1,28$

Das Spielverhalten der Kälber wurde mit Videokameras aufgezeichnet, allerdings ist die Auswertung zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vollständig abgeschlossen. Auf die Darstellung von Ergebnissen an dieser Stelle muss deshalb verzichtet werden.

Das im Kälberbereich hängende Spielzeug wurde insgesamt nur wenig genutzt. Während der Referenzwoche unterschieden sich die Häufigkeiten der oralen Interaktionen mit dem Spielzeug zwischen den Versuchsgruppen nicht (Kontrolle: $0,6 \pm 1,21$, GR: $0,8 \pm 1,86$, SM: $0,3 \pm 0,54$ Interaktionen je Kalb je 30 min Beobachtungszeit). Dennoch zeigten die Kontrollkälber, verglichen mit den Kontaktkälbern, während der Phase Abgesetzt tendenziell eine höhere Zahl an Interaktionen mit dem Spielzeug: Kontrolle: $0,5 \pm 0,58$, GR: $0,09 \pm 0,11$, SM: $0,08 \pm 0,10$ Interaktionen je Kalb je 30 min Beobachtungszeit. Dies deutet auf ein weiterhin bestehendes Bedürfnis nach Milch oder Ausleben des Saugverhaltens hin.

Vor und während des Entwöhnungsprozesses verbrachten die Kälber beider Herden gleich viel Zeit im Kuhbereich (Tabelle 4c). Die zwei Absetzmethoden führten zu einer ähnlichen Verkürzung der Kontaktzeit und Verringerung der Anzahl der Besuche im Kuhbereich.

Tabelle 4c: Nutzung des Smartgates und Aufenthaltsdauer der Kälber im Kuhbereich in den beiden Herden mit behornten bzw. genetisch hornlosen Kühen vor Beginn des Absetzprozesses und in der letzten Woche bevor kein Zugang mehr gestattet war (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung)

	Behornt			Hornlos		
	Kälber	Referenz	Phase 4 (vor Zaunkontakt)	Kälber	Referenz	Phase 4 (vor Zaunkontakt)
Zeit im Kuhbereich (h/Kalb/Tag)						
Graduell	6	$10,3 \pm 4,97$	$0,1 \pm 0,31$	4	$12,5 \pm 5,17$	$0,9 \pm 0,83$
Smooth	7	$12,0 \pm 4,73$	$2,3 \pm 2,05$	3	$11,6 \pm 3,22$	$1,6 \pm 2,00$
Tordurchgänge (Häufigkeit/Kalb/Tag)						
Graduell	6	$2,8 \pm 1,07$	$0,3 \pm 0,47$	4	$3,0 \pm 1,24$	$0,8 \pm 0,48$
Smooth	7	$2,7 \pm 1,04$	$1,0 \pm 0,86$	3	$3,2 \pm 1,04$	$0,8 \pm 0,79$

Die Untersuchung der Effekte des Absetzverfahrens auf die Rhythmizität der Kälber verzögert sich durch die familienbedingte Abwesenheit der Wissenschaftlerin mit Expertise in diesem Forschungsfeld, ist aber weiterhin geplant.

d) **Vergleich der Absetzverfahren – Milchmenge der Kühe** **Versuchsjahr 1**

Da sich mehr als die Hälfte aller Versuchskälber auch dann Zugang zum Kuhbereich verschafften, obwohl dieser für sie eigentlich gesperrt sein sollte, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Tiere weiterhin Milch bei ihren Müttern oder anderen Kühen aufnahmen. Eine Bewertung der im Melkstand ermolkenen Milchmengen verbietet sich daher.

Versuchsjahr 2

Erwartungsgemäß konnte von den Kühen mit Kontakt zu den Kälbern beim maschinellen Melken im Melkstand weniger Milch ermolken werden als von den Kontrollkühen ohne Kontakt (Tabelle 5). Im Mittel ergab sich eine um ca. 20 kg geringere Milchmenge pro Tier und Tag vor Beginn des Absetzens in der 9. Laktationswoche. Mit Fortschreiten des Absetzprozesses verminderte sich die Differenz, betrug aber immer noch ca. 6 kg nach Umstallen der Kälber in den Jungviehbereich. Der Anstieg der Milchmenge im Absetzprozess der Kontaktkälber zeigt minimale Unterschiede zwischen den GR- und SM-Kühen (Abbildung 10), was sicher darauf zu-

rückzuführen ist, dass die GR-Kälber an jedem Tag einer Absetzphase der gesamten Reduktion der Kontaktdauer für diese Phase unterlagen und sich somit auch die Zwischenmelkzeit ohne Kalbkontakt der beiden Gruppen unterschieden.

Tabelle 5: Im Melkstand ermolkene Milchmenge (kg/Tier/Tag, LSM $\pm$ SE) in ausgewählten Phasen des Absetzprozesses

Versuchsgruppe	Anzahl Kühe	Absetzphase Referenzwoche	Zaunkontakt (Kälber abgesetzt)	Kälber im Jungviehstall
Kontrolle	10	33,5 $\pm$ 2,16	31,8 $\pm$ 2,16	31,5 $\pm$ 2,17
Graduell	10	13,2 $\pm$ 2,12	23,0 $\pm$ 2,12	25,1 $\pm$ 2,12
Smooth	10	14,5 $\pm$ 2,14	24,9 $\pm$ 2,14	25,7 $\pm$ 2,14

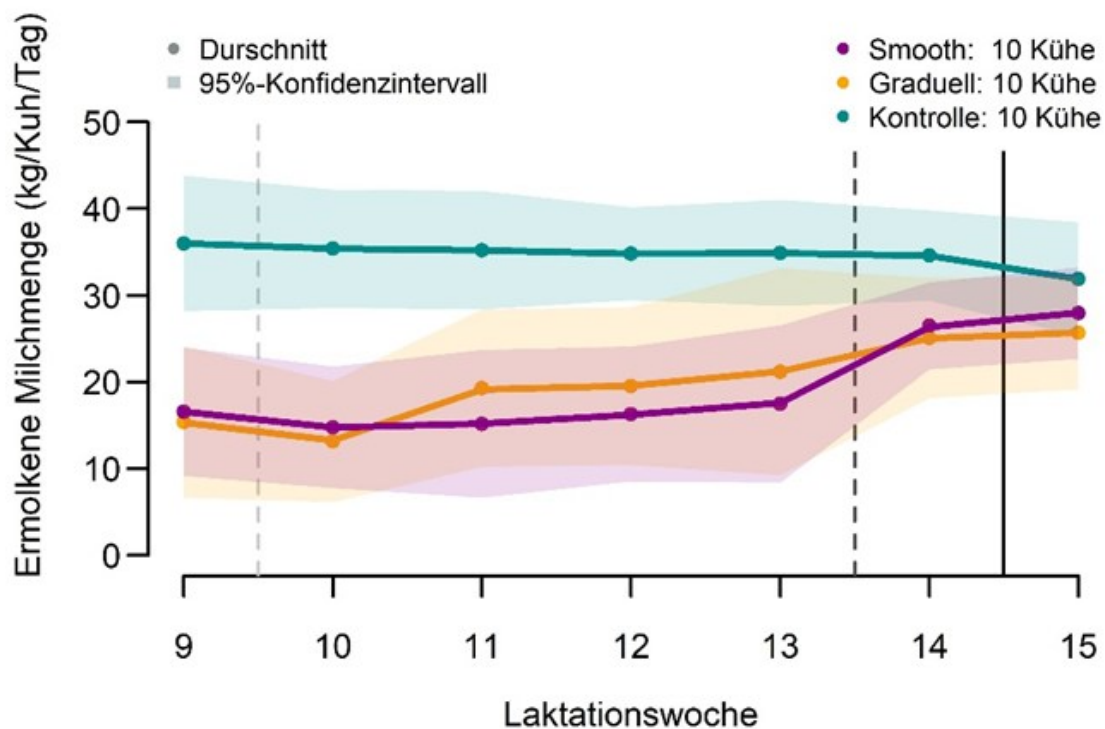


Abbildung 10: Verlauf der mittleren Milchmenge (sowie 95%-Konfidenzintervall), die beim Maschinenmelken in den einzelnen Phasen des Absetzprozesses gewonnen werden konnte (Referenzwoche: 9. LW, Verkürzung der Kontaktzeit: 10. bis 13. LW, nach dem Absetzen: 14. LW und nach der Umstellung der Kälber in den Jungviehstall: 15. LW)

2.1.4. Vergleich der Absetzverfahren – Darmmikrobiom der Kälber

In beiden Versuchsjahren wurden innerhalb der ersten Lebenswoche und dann vor und nach dem Absetzen der Kälber Kotproben zur Bestimmung des Mikrobioms entnommen. Diese wurden durch den Projektpartner CAU (Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie) in Zusammenarbeit mit dem Institut für klinische Molekularbiologie des UKSH analysiert. Die vollumfängliche Bewertung steht noch aus.

2.1.5. Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)

Aufgrund der genannten Probleme mit der Selektionstor in V1 wurde der Stichprobenumfang erheblich eingeschränkt und zumindest die Bewertung der Absetzstrategien nicht seriös möglich. In V2 reduzierte die grassierende BTV-3-Welle die Versuchstierzahl noch einmal. Ein Drittel der geplanten Versuchstiere konnten somit in der Datenanalyse nicht berücksichtigt werden. Die hier vorgestellten Ergebnisse weisen eine geringe Effektstärke auf. Zudem wurden

große interindividuelle Unterschiede innerhalb jeder Versuchsgruppe beobachtet. Daher können fehlende Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auch auf einen unzureichenden Stichprobenumfang zurückzuführen sein. Die Untersuchungsergebnisse sollten deshalb unbedingt durch Wiederholungen auf ihre Replizierbarkeit geprüft werden. Auch wenn für einige Indikatoren nicht der hinreichend große Stichprobenumfang erreicht werden konnte, lassen sich doch einige allgemeine Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen ziehen:

- Die Kälber aller Versuchsgruppen zeigten eine Reduktion der Zunahmen sowie Verhaltensreaktionen im Verlauf des Absetzprozesses. Dies ist bei einem ad-libitum Milchangebot, sei es bei Automaten- oder Eimertränke oder durch die muttergebundene Aufzucht, zu beachten. Grundsätzlich wäre deshalb der Startpunkt des Absetzens oder die Dauer des gesamten Entwöhnungsprozesses zu überdenken.
- Das Separieren von der eigenen Mutter stellt immer einen Stressor dar, auch wenn die Kälber langsam an eine zunehmende Festfutteraufnahme herangeführt werden. Im Versuchsstall hatten die Kühe und Kälber zwar Zaunkontakt, konnten aber eigentlich nicht mehr miteinander interagieren. Ansätze, die das körperliche Interagieren ermöglichen, aber kein Saugen zulassen, sollten deshalb hinsichtlich der weiteren Vermeidung des Trennungsstressors geprüft werden.
- Die Nutzung eines Smartgates, dass neben der Steuerung des Zugangs der Kälber zum Kuhbereich auch noch Daten zur Gewichtsentwicklung und zum Verhalten (Tornutzung) der Kälber liefert, kann als zukunftsfähiges Managementtool in Systemen der kuhgebundenen Kälberaufzucht angesehen werden. Neben diesen Informationen bietet das Smartgate den Vorteil der Verringerung des Arbeitszeitaufwands sowie der spezifischen Behandlung jedes Einzeltieres. Ganz individuell an die Entwicklung des Kalbes und die Ausprägung der Mutter-Kalb-Bindung angepasste Absetzstrategien wären so ohne zusätzlichen Arbeitszeitaufwand umsetzbar.
- Mit einer Weiterentwicklung der geprüften Absetzstrategien mittels Smartgate ließe sich voraussichtlich das Argument des größeren Trennungsstressors bei einem verlängerten Kuh-Kalb-Kontakt weiter entkräften und somit auch die Akzeptanz der muttergebundenen Kälberaufzucht in der landwirtschaftlichen Praxis weiter erhöhen.

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Mit der Entwicklung und Erprobung eines Smartgates zur Umsetzung verschiedener Strategien für das Absetzen von der Milch und die Separation von der Mutter in Verfahren der muttergebundenen Kälberaufzucht hat das Arbeitspaket die Hauptziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung adressiert: es sollten in der landwirtschaftlichen Praxis realisierbare Stallbaukonzepte und innovative Methoden für die Rinderhaltung entwickelt werden, die das Tierwohl verbessern. Zielkonflikte minimieren und zur gesellschaftlichen Akzeptanz beitragen. Wie die Untersuchungen der Projektpartner:innen von der Universität Göttingen aufgezeigt haben, verfügt die kuhgebundene, insbesondere die muttergebundene Kälberaufzucht über eine hohe Akzeptanz bei den Verbraucher:innen, während Landwirt:innen die besonderen Herausforderungen an die Betriebe bei diesem Haltungssystem hervorheben. Lösungsansätze, welche die Integration der muttergebundenen Kälberaufzucht in bestehende Betriebsstrukturen ermöglichen, sind deshalb zwingend erforderlich, wenn die frühe Trennung von Kuh und Kalb im Sinne des ethischen Empfindens der Gesellschaft beendet werden soll. Neben der Einbindung in vorhandene Stallsysteme stellen die starke Verminderung der Menge an Liefermilch und der

Stress beim Absetzen und Trennen der Kälber die größten Herausforderungen in der muttergebundenen Aufzucht dar. Während ersteres derzeit nur durch höhere Preise bei der Vermarktung der Produkte aus kuhgebundener Kälberaufzucht kompensiert werden kann, könnten technische Lösungen das schonendere Absetzen der Kälber unterstützen und zugleich das Management von Systemen der kuhgebundenen Aufzucht nachhaltig unterstützen.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die frühe Trennung von Kuh und Kalb wird von der Mehrzahl der Verbraucher:innen abgelehnt und kuhgebundene Aufzuchtverfahren finden langsam Eingang in die landwirtschaftliche Praxis. Während die frühe Trennung vermeintlich mit geringeren Stressreaktionen einhergeht, weil die Kühe nicht ausdrucksstark vokalisieren, ist das Absetzen und Separieren, nachdem eine feste Bindung zwischen Kuh und Kalb aufgebaut wurde, oft mit sehr sichtbaren Verhaltensreaktionen bei beiden Sozialpartnern verbunden. Zudem geht die Umstellung des Kalbes auf Festfutter zu den physiologisch sehr frühen Absetzzeitpunkten immer mit einer Belastung und oft auch mit einer Entwicklungsdepression einher. Die geprüften Absetzverfahren, die mittels eines Smartgates den Umstellungsprozess langsam einleiten sollen, verhindern den Absetzstress zwar nicht vollständig, sind aber ein großer Schritt im Vergleich zu Absetzverfahren, welche das Absetzen von der Milch und die Trennung vom Muttertier mittels Saugbremsen, den sogenannten nose flaps, entkoppeln wollen. Es ist bekannt, dass die Kälber dadurch in der Futteraufnahme und Körperpflege eingeschränkt sind und dass der akute Milchentzug zu Hunger und damit zu einer starken körperlichen Belastung der Tiere führt (Vogt et al., 2024). Nicht selten verletzen die nose flaps auch die Nasenscheidewand der Kälber und lösen Entzündungen aus (Vogt et al., 2024). Schon der Verzicht auf derartige Hilfsmittel stellt einen Schritt zur Verbesserung des Tierwohls in Systemen der kuhgebundenen Aufzucht dar. Weiterhin zeigen die Verläufe der Wiederkaudauer der Kälber, dass mit der Kontaktzeitreduktion auch ein Impuls zur Steigerung der Festfutteraufnahme gesetzt wird, ohne dass die Milchversorgung komplett entzogen wird. Zwar konnte der oft beschriebene Absetzknick noch nicht ganz verhindert werden, aber es ist zu vermuten, dass mit einer Verschiebung des Absetzstarts oder einer weiteren Streckung der Absetzperiode, auch ein Halten der täglichen Zunahmen möglich ist. Grundsätzlich entwickeln sich die Kälber in der muttergebundenen Kälberhaltung sehr gut, da sie – eine ausreichende Milchproduktion der Kuh vorausgesetzt – von Beginn an ad libitum mit Milch versorgt werden.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die geprüften Absetzverfahren haben keinen unmittelbaren Bezug zur Umweltwirkung der Kälberaufzucht. Allerdings besteht ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Aufzucht für die Remontierung von Milchviehherden. Ein frühes Erstkalbealter führt zur Verringerung der unproduktiven Phase und wirkt so mindernd auf die Treibhausgasemissionen der Milchproduktion. Es ist bekannt, dass frohwüchsige Kälber niedrige Erstkalbealter zur Folge haben und so hat die ad libitum-Versorgung in der muttergebundenen Aufzucht mit ihren sehr guten Tageszunahmen auch einen mittelbaren Effekt auf die Umwelt.

d) Sonstige Erkenntnisse

Die Einbindung der ad libitum-getränkten Kontrollgruppe im selben Kälberbereich hat aufgezeigt, dass der Aufenthalt der Kälber in der Milchviehherde nicht zwangsläufig zu einem höheren Erkrankungsrisiko führt. Und dass auch früh von ihren Müttern separierte Kälber nach einer

kurzen Phase im Einzelglatz nach einer Woche in eine sehr altersheterogene Gruppenhaltung umgestallt werden können, ohne gesundheitlich beeinträchtigt zu werden. Es wurde deutlich, dass die sehr guten Zunahmen, die in der muttergebundenen Kälberaufzucht beobachtet werden, gleichermaßen bei einer ad libitum-Versorgung am Tränkeautomat zu erzielen sind. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass Kälber in der künstlichen Aufzucht einen erheblichen Mehrbedarf an Tränke haben als ihnen in der Regel zugestanden wird und dass auch sie unter dem, im Vergleich zum natürlichen, sehr frühen Absetzzeitpunkt, leiden und Stressreaktionen zeigen.

2.1.6. Zusammenfassung (TI-OL)

Eine der größten Herausforderungen in der muttergebundene Kälberhaltung ist das Absetzen der Kälber von der Milch und die Trennung vom Muttertier. In der landwirtschaftlichen Praxis geschieht dies meist zwischen dem dritten und vierten Lebensmonat und damit deutlich früher als es unter natürlichen Bedingungen stattfinden würde. Um diesen Vorgang möglichst stressarm zu gestalten, wurde ein Smartgate entwickelt, das die Zugangszeiten der Kälber zur Herde ihrer Mütter kontrolliert und womit die Zugangszeiten aktiv und tierindividuell gesteuert werden können. Es wurden zwei Absetzstrategien miteinander verglichen. Zum einen wurde ab der zehnten Lebenswoche die Kontaktzeit in jeder Woche um ca. vier Stunden reduziert, zum anderen geschah dies täglich, allerdings mit einer Reduktion von 35 min. Ergänzt wurde der Versuch durch eine Kontrollgruppe, bei der die Kälber am Tag der Geburt von den Kühen getrennt wurden und anschließend ad libitum von einem Tränkeautomat mit Vollmilch versorgt wurden. Das Abtränken startete zum gleichen Zeitpunkt durch eine schrittweise Milchmengenreduktion um 0,5 l von 16 auf 2 l. Danach waren die Tiere von der Milch abgesetzt, verblieben aber alle noch im Kälberbereich, um den Umstellungsstress zu vermeiden. Über den Absetzzeitraum (Lebenswoche 9 bis 14) wurden Leistungs-, Gesundheits- und Verhaltensindikatoren der Kälber und ihrer Mütter erfasst. Es zeigte sich, dass die schrittweise Entwöhnung für die Kälber Vorteile mit sich bringt. Zwar konnte die Minderung der täglichen Zunahmen nicht ganz vermieden werden und die Kontaktkälber reagierten, wie ihre Mütter, auf die Trennung mit einer Zunahme an Vokalisation, aber die Entwicklung der Wiederkauzeit zeigte eine gleichmäßige Entwicklung der Festfutteraufnahme auch für die Kontaktkälber an. Das entwickelte Smartgate bietet den Vorteil einer kontinuierlichen Überwachung der Kälberentwicklung und der Besuchshäufigkeit der Kälber im Kuhbereich. Weitere Untersuchungen sollten die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse prüfen und sich der Entwicklung tierindividueller Absetzpläne widmen, um den Bedürfnissen der einzelnen Tiere noch besser gerecht zu werden, ohne die arbeitswirtschaftliche Last der Landwirt:innen weiter zu erhöhen.

2.1.7. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)

Gillet, R., M. Schneider, and K. Barth. 2025. Calf presence in the cow herd: associations with growth, health, and herd horn status in a cow-calf contact system. *Livestock Science* 302:105834. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105834>.

Gillet, R., Hartung, E., Barth, K. Improving consistency in cow-calf contact studies: the benefits of a protocol for colostrum supply and ad libitum milk feeding for separated calves (BMC Dairy Science and Management, eingereicht 10/2025)

Gillet, R. 2023. Low stress weaning in cow-calf contact systems. Vortrag im Rahmen des Early Career WissenschaftlerInnen Treffens „Splash and Dash 2023“, Neustrelitz, 24.05.2023.

- Gillet, R., Veissier, I., Waiblinger, S., Barth, K., 2023. Social interactions and play behaviour of dairy calves in a cow-calf contact system on pasture, in: 56th Congress of the International Society for Applied Ethology ISAE 2023. Tallinn, Estonia.
- Gillet, R. 2024. InnoRind: Reduction on weaning distress in dam-calf contact systems. Vortrag im Rahmen der 4th International Round Table Conference "Cow-calf contact – current and future research", Trenthorst, 22. bis 24.04.2024
- Gillet, R. 2024. Low stress weaning in cow-calf contact systems: do calves learn on their own to develop tricks that enable them to suckle more often than the experimental protocol allows?. Vortrag im Rahmen des Early Career WissenschaftlerInnen Treffens „Splash and Dash 2024“, Lenzerwische, 23.05.2024
- Gillet, R. 2025. InnoRind: Reduction on weaning distress in dam-calf contact systems. Vortrag im Rahmen des Moduls „Tierhaltung im Ökolandbau“, CAU Kiel, Trenthorst, 05.02.2025
- Gillet, R. 2024. InnoRind Calf: Low stress weaning in cow-calf contact systems. Vortrag beim 56. Internationale Tagung für Angewandte Ethologie in der Präsentationsrunde „Promovierende stellen vor“, Freiburg, 29.11.2024
- Gillet, R. 2025. InnoRind-Kalb: Verringerung des Absetzstresses in der muttergebundenen Kälberaufzucht. Vortrag beim Thünen-Themenfeldtreffen „Nutztierhaltung und Aquakultur“, Braunschweig, 15.09.2025
- Gillet, R. 2025. InnoRind: Reduction on weaning distress in dam-calf contact systems. Präsentation bei Besuch SEGES Innovation P/S, Dänemark, am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst, 06.11.2025
- Gillet, R. 2025. InnoRind-Kalb: Verringerung des Absetzstresses in der muttergebundenen Kälberaufzucht. Vortrag im Rahmen des Moduls „Tierhaltung im Ökolandbau“, CAU Kiel, Trenthorst, 12.11.2025
- Gillet, R., Barth, K. Behavioral reaction to weaning following ad libitum milk access in calves with or without cow-contact: a pilot study. 58th International Congress of the International Society of Applied Ethology (ISAE), Utrecht, The Netherlands, August 2025 (Eingereicht, als Vortrag akzeptiert und aufgrund der unklaren Finanzierungssituation des Projekts im Frühjahr 2025 wieder zurückgezogen)

Geplante Veröffentlichungen

- Gillet, R., Umstaetter, C., Hartung, E., Barth, K. Progressively reducing calf access to the dam prior to separation: effects on weaning-related distress behavior and performance of dairy cow-calf pairs (in prep. Appl. Anim. Behav.)
- Gillet, R., Barth, K. Vortrag bei 77th EAAP Annual Meeting, Hamburg, 7. bis 11.09.2026 (in prep.)
- Gillet, R., Barth, K. Thünen project brief

2.2. Frühe Gruppenhaltung von Kälbern - Verbesserung des Tierwohls von Kälbern und Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz der Kälberhaltung durch eine stärkere Berücksichtigung des frühen Sozialkontaktes (LFA + Gut Dummerstorf, CAU, LK SH, LK NRW)

2.2.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

- Untersuchung der Auswirkungen der Haltung von Kälbern zu zweit („Pairing“, Pairhousing“) oder in Kleingruppen ab der ersten Lebenswoche auf Leistungsdaten, auf Tiergesundheit, auf Stressparameter (während der Haltung und beim Absetzen), auf die sog. „food neophobia“ (Scheu vor neuen Futtermitteln, insbes. Beifutter) und auf das Verhalten der Tiere im Vergleich zur typischen Einzelhaltung
- Untersuchungen zum Verhalten, der Gesundheit und zum Stress bei der Umstallung der Kälber aus der Paar- und Kleingruppenhaltung in die weitere Gruppenhaltung zu unterschiedlichen Zeitpunkten (3. Lebenswoche oder nach dem Abtränken)
- auf einigen Versuchsbetrieben gemeinsame Bearbeitung der Fragestellung zur frühen Gruppenhaltung mit der Abkalbung im Sепaree
- basierend auf den Ergebnissen Ableitung praxistauglicher Empfehlungen für die optimale und zukunftsfähige Umsetzung auf einer Vielzahl von Herkunftsbetrieben von Kälbern in Deutschland

In Deutschland wird die überwiegende Zahl der Kälber am ersten Lebenstag von der Mutter getrennt und in den ersten Lebenswochen einzeln gehalten. Diese aus hygienischen und arbeitswirtschaftlichen Gründen seit Jahren weit verbreitete Praxis wird zunehmend von den Verbraucher*innen konkret hinterfragt (Busch et al., 2017). Darüber hinaus wurde in überwiegend internationalen Studien in den letzten Jahren herausgearbeitet, dass eine frühe Sozialisierung durch Kontakt zahlreiche Vorteile, wie beispielsweise ein verbessertes späteres Sozialverhalten, mehr Spielverhalten, einen höheren Optimismus, eine leichtere Umstellung auf feste Nahrung durch den „Nachahmeffekt“ sowie weniger Stress beim Abtränken für die jungen Kälber bietet (Bolt et al., 2017; Bučková et al., 2019; Jensen et al., 2015). In diesen Studien wurde ebenfalls festgestellt, dass sich die gesundheitlichen Aspekte wie Durchfall und Lungenerkrankungen, die negativen Verhaltensweisen wie gegenseitiges Besaugen und die ökonomischen Auswirkungen im Vergleich zur Einzelhaltung bei einem guten Management in den jeweiligen Ländern nicht deutlich unterscheiden; jedoch bei einem suboptimalen Management zu Problemen führen können. In der im Rahmen der ersten Projektphase durchgeführten Umfrage zur gesellschaftlichen Anerkennung bzw. Akzeptanz zeigte sich für die frühe Gruppenhaltung von Kälbern eine höhere Akzeptanz als zur bisherigen Einzelhaltung (Schulze et al., 2021, unveröffentlicht). Für die deutschen Bedingungen wurden zur Kleingruppenhaltung und zum „Pairing“ bislang noch keine eingehenden wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt. Dies ist insofern verwunderlich, als dass bereits von einigen Landwirt*innen diese Haltungsform praktiziert und anekdotisch als sehr empfehlenswert beschrieben wird. Im Rahmen des Projekts sollen praxistaugliche Verfahren zur Erhöhung des Tierwohls in der Kälberhaltung durch stärkere Berücksichtigung des Sozialverhaltens für unterschiedliche typische Verhältnisse auf den deutschen Milchviehbetrieben erarbeitet werden.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Die frühe Sozialisierung von Kälbern soll auf mehreren Versuchsbetrieben mit unterschiedlichen Gegebenheiten untersucht werden (Versuchsherden der CAU zu Kiel, der LK SH, des Thünen-Instituts, der LFA MV mit dem Gut Dummerstorf sowie optional die Versuchsherde der LfL Achselschwang). Dies ermöglicht, unterschiedliche Ansätze zur frühen Sozialisierung für eine Vielzahl der typischen deutschen Milchviehbetriebe zu erproben und differenzierte Fra-

gestellungen, auch zusammen mit den anderen Innovationsprojekten, zu bearbeiten. Das Versuchsdesign des Projektes und die Verzahnung zu den Innovationsprojekten 3 „Abkalbung mit Separee“ sowie 1.3 „Optimierte Aufzucht zur Mast“ ist in Abb. 5 dargestellt.

So erfolgt auf den Versuchsbetrieben der CAU zu Kiel, der LK SH und der LFA MV die Geburt der Kälber entweder in einer Gruppenbucht mit Separee oder einzeln bzw. in der Gruppe ohne Separee (detaillierter Versuchsaufbau: siehe IP 3). Die Abkalbung am Thünen-Institut und der LfL Achselschwang (optional) erfolgt einzeln. Die Kälber werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten von der Mutter getrennt (sofort bzw. nach 1 bis 2 Tagen) und in zwei Gruppen eingeteilt (außer TI-OL - hier wird die Kontrollgruppe aus den Versuchen zur muttergebundenen Aufzucht entsprechend der Standards der EU-Bio-VO schon ab dem 8. Lebenstag in einer Gruppe gehalten). Die Kälber der Kontrollgruppe werden einzeln, die der Versuchsgruppe in ein Doppelglu (CAU zu Kiel und LK SH) bzw. in Kleingruppen in einen Stall mit herausnehmbaren Trennwänden (LFA MV; optional LfL Achselschwang) aufgestellt.

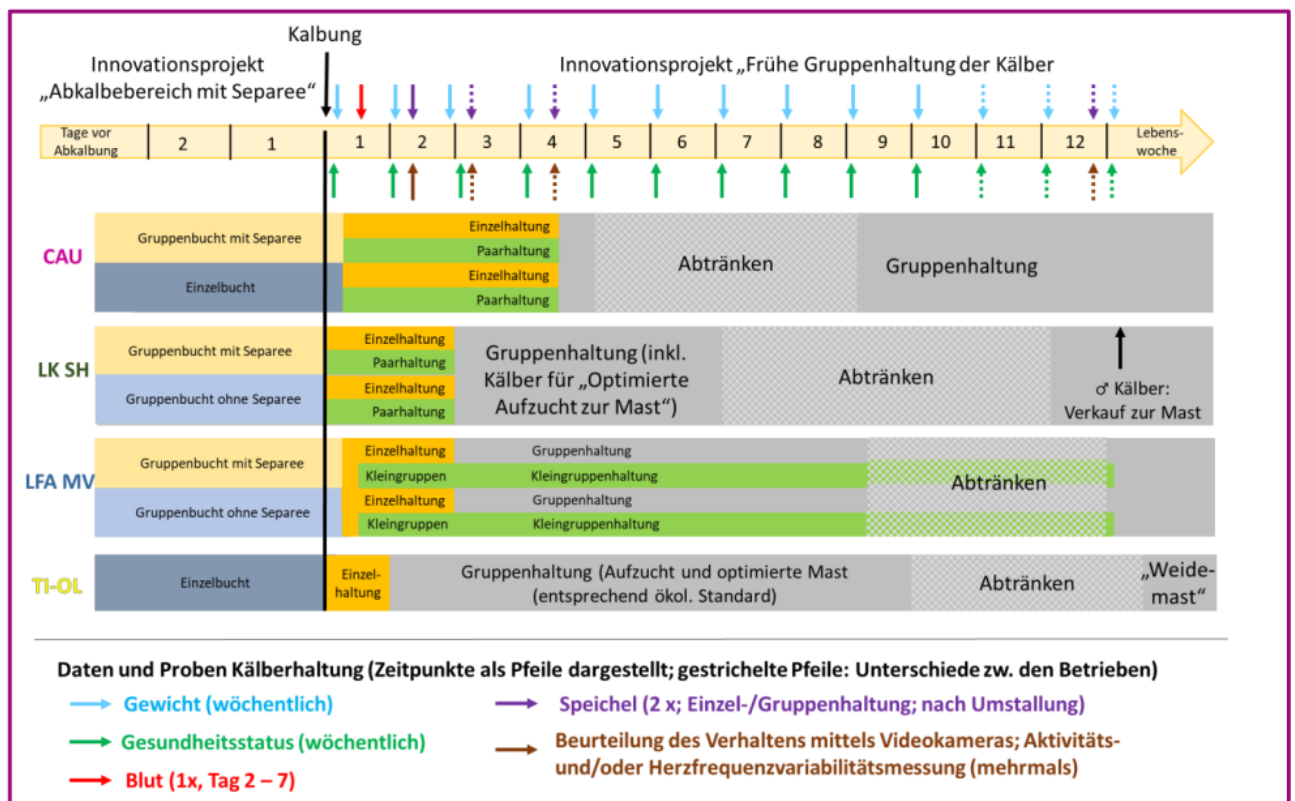


Abb. 11: Versuchsaufbau „Frühe Gruppenhaltung von Kälbern“

Zusätzlich zu den in Abb. 11 dargestellten Daten und Proben werden auf den Betrieben je nach Gegebenheiten die aufgenommenen tierindividuellen Tränke- und Beifuttermengen protokolliert. Durch die Querschnittsthemen „Tierwohl“, „Tierhygiene“, „Umweltwirkungen“ und „Ökonomie“ werden ebenfalls Daten erhoben bzw. Proben gewonnen und ausgewertet (siehe jeweilige Projektbeschreibung).

2.2.2. Durchführung (LFA + Gut Dummerstorf)

Zitierweise: Hannes D, Schröder L, Römer A (2026) AG 1 Kälber (LFA) In: Thaller G, Schnipkoweit N (2016) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 35 – 42.

a) Arbeitspakete

Während der Versuchslaufzeit arbeitete die LFA MV in Zusammenarbeit mit dem Gut Dummerstorf an verschiedenen Arbeitspaketen darunter auch Themen der AG 1 Kälber. Speziell wurde hier die IP1.2, die frühe Kleingruppenhaltung von Kälbern, untersucht. Hierfür wurden die Kälber genutzt, welche die ersten 24 bis 48 Stunden nach der Geburt bei ihrer Mutter verbrachten. Diese wurden direkt nach der Trennung von der Kuh in kleine Gruppen von bis zu vier Tieren umgestallt. Im Rahmen dieser Arbeitspakete wurden verschiedene Parameter erfasst, die im Folgenden genauer erläutert werden.

b) Material und Methoden

Die Kälber wurden in zwei Versuchsgruppen eingeteilt: Kontrollkälber und Versuchskälber. Zu Versuchsende gab es insgesamt 25 Kontrollkälber und 19 Versuchskälber.

Haltung und Management

Die Kontrollkälber wurden unmittelbar nach der Geburt von der Mutter getrennt und für die ersten 14 Lebenstage in Einzelgäulen gehalten. Die Tränke erfolgte dreimal täglich (morgens, mittags, abends) mit Vollmilch. Ab dem 15. Lebenstag wurden die Tiere in Gruppenbuchten mit Automatentränke mit Milchaustauscher umgestallt (vgl. Abb. 12) und verblieben dort bis zum Umstallen in den Jungrinderstall.



Abbildung 12: Gruppenbucht Kontrollkälber ab 15. Lebenstag

Die Versuchskälber blieben hingegen in den ersten 48 Stunden nach der Geburt bei der Mutter und wurden anschließend in Kleingruppen mit bis zu vier Tieren gehalten (vgl. Abbildung 13). Diese Kälber erhielten von Beginn der Kleingruppenhaltung an ihre Milch über eine Automatentränke mit Milchaustauscher. Die Gruppenhaltung und die Zusammensetzung der Tiere wurde bis zum Absetzen (am 70 Tag) bzw. Umstallen in den Jungrinderstall beibehalten.



Abbildung 13: Gruppenbucht Versuchskälber ab 3. Lebenstag

Datenerfassung

Die aufgenommene **Tränkemenge** wurde vom Personal bzw. in den Automaten dokumentiert.

Am 5. Lebenstag wurden den Kontroll- sowie den Versuchskälbern **Speichelproben** entnommen. Diese Proben wurden zentrifugiert, umgepackt, eingefroren und anschließend zur Untersuchung auf den Cortisolgehalt in ein Labor weitergeleitet.

Zur Erfassung des **Gesundheitsstatus** der Tiere (Kontroll- und Versuchskälber) wurden regelmäßige Beurteilungen durchgeführt. Zweimal wöchentlich (dienstags und donnerstags) erfolgte der sogenannte „Check 1“, bei dem das äußere Erscheinungsbild der Kälber visuell bewertet wurde. Einmal wöchentlich (mittwochs) wurden alle Kälber gewogen, die Körpertemperatur sowie die Herzfrequenz gemessen und die Kotbeschaffenheit beurteilt.

Statistische Auswertung

Alle Daten wurden sowohl deskriptiv als auch mittels Inferenzstatistik ausgewertet. Gearbeitet wurde mit dem Programm SAS 9.4. Berücksichtigte Einflussfaktoren sind im jeweiligen Ergebnisteilabschnitt beschrieben.

2.2.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (LFA + Gut Dummerstorf)

Tägliche Tränkemenge innerhalb der Lebenstage 3 - 70

Die Kontrollkälber (n = 25) nehmen mit 9,93 L pro Tag im Durchschnitt signifikant mehr Milch auf als die Versuchskälber (n = 19) mit 9,35 L (vgl. Abbildung 14).

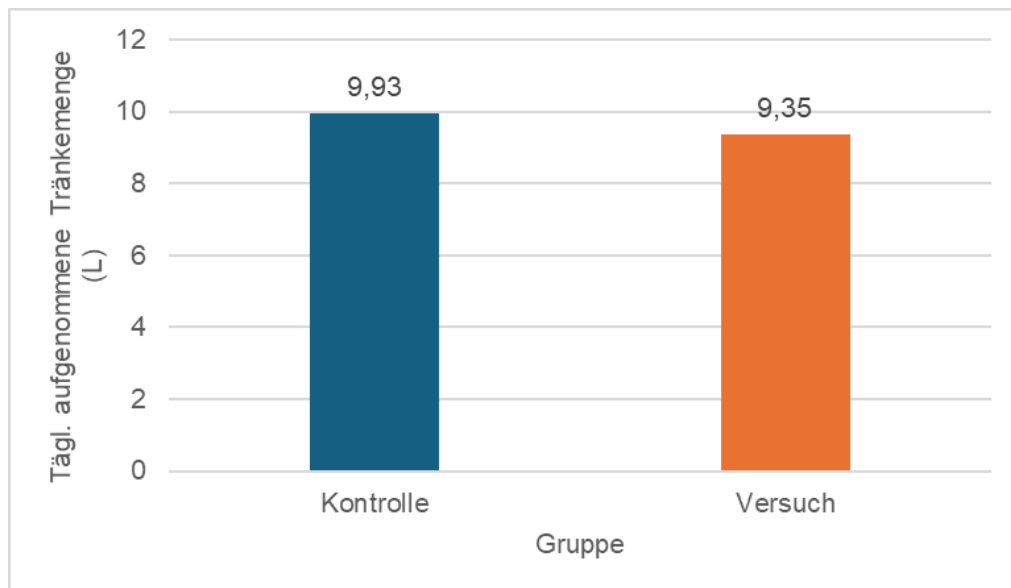


Abbildung 14: LSMeans tägliche Tränkemenge innerhalb der Lebensstage Tag 3 - 70 mit $p < 0,0001$, $n = 2892$ und den berücksichtigten Einflussfaktoren Kalb, Lebensstagsgruppe, Gruppe (Kontrolle/Versuch), verfügbare Tränkemenge, Saison

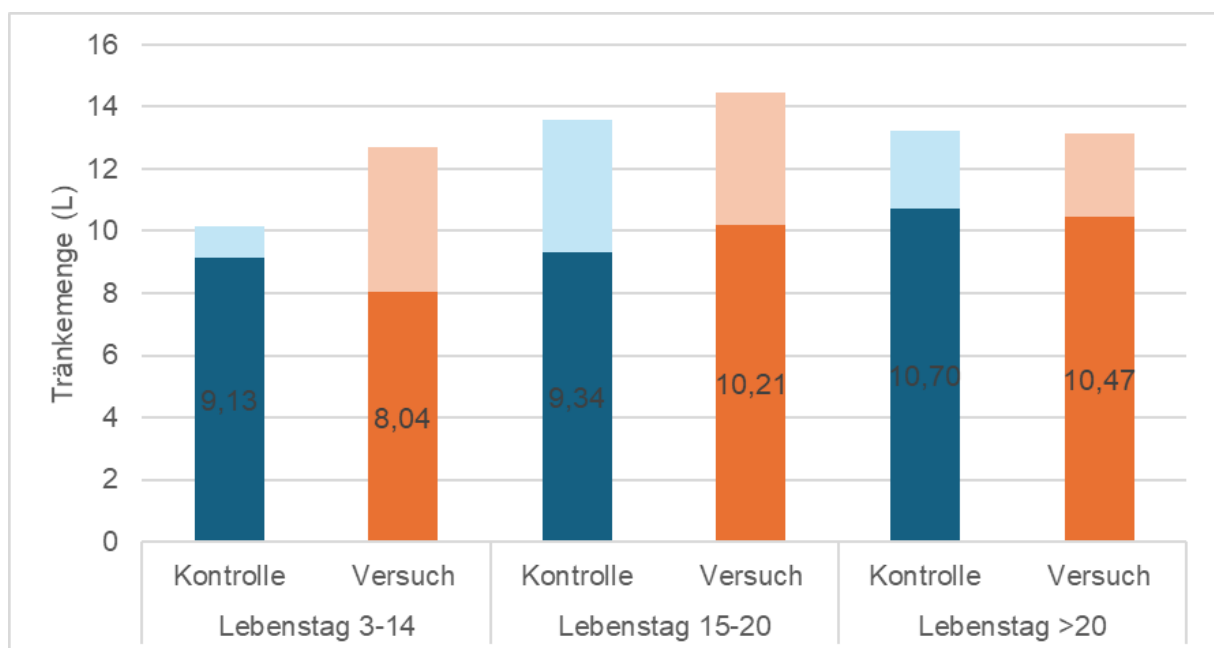


Abbildung 15: Deskriptive Statistik für die tägliche Tränkemenge nach der Lebensstagsgruppe sortiert

Gewichtsentwicklung Tag 8-70

Die täglichen Zunahmen der Kontrollkälber ($n = 25$) und der Versuchskälber ($n = 19$) unterscheiden sich nicht signifikant. Bei den Kontrollkälbern beträgt die tägliche Zunahme pro Tag im Durchschnitt 870 g und bei den Versuchskälbern 853 g (Abbildung 16).

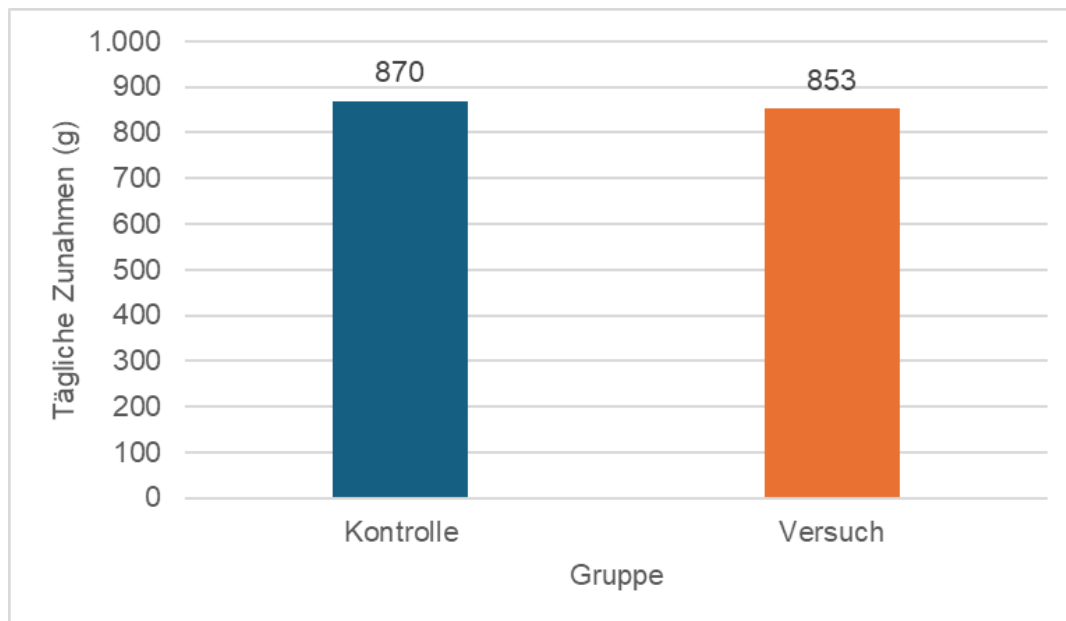


Abbildung 16: LSMeans Gewichtsentwicklung Tag 8 - 70 mit $p = 0,7008$, $n = 379$ und den berücksichtigten Einflussfaktoren Kalb, Lebenstaggruppe, Gruppe (Kontrolle/Versuch), vorheriges Gewicht, Abstand der Wiegunen, Saison

Speichelcortisol

Der Speichelcortisolgehalt der Kontrollkälber ($n = 25$) liegt durchschnittlich bei 1,33 nmol/L und unterschied sich signifikant von dem Durchschnittswert der Versuchskälber ($n = 19$), welcher bei 1,20 nmol/L liegt (vgl. Abbildung 17 und 18).

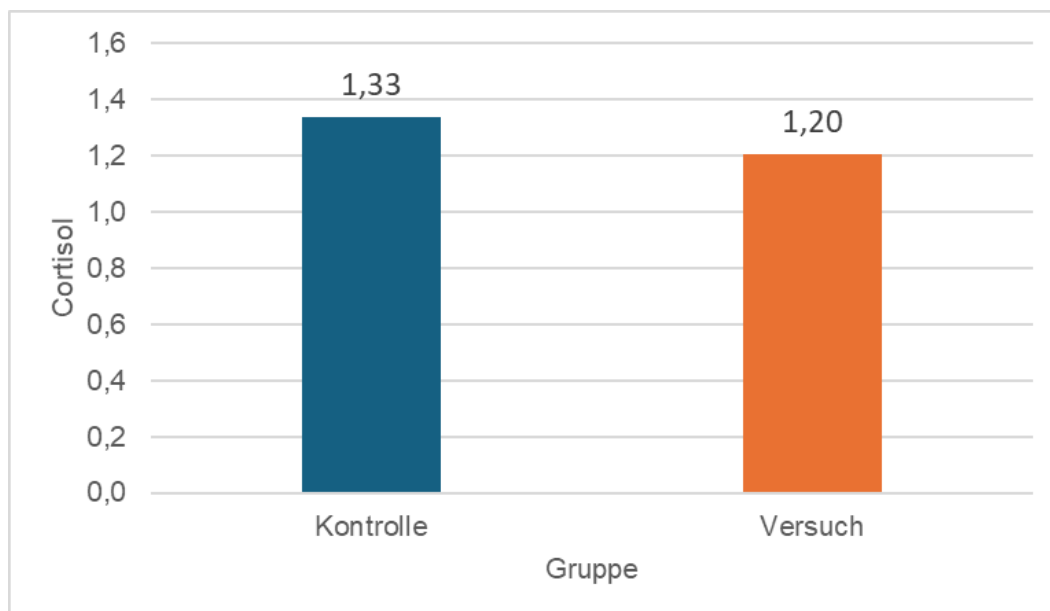


Abbildung 17: LSMeans Speichelcortisol mit $p = 0,0183$, $n = 39$ und den berücksichtigten Einflussfaktoren Lebenstag, Gruppe (Kontrolle/Versuch), Kalbin, Saison

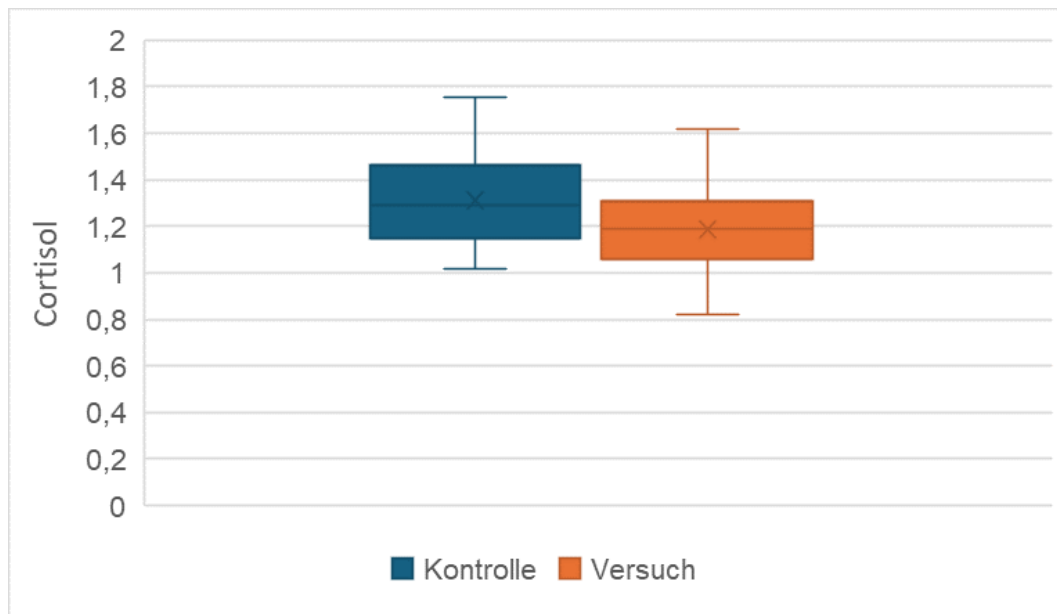


Abbildung 18: Boxplots Rohdaten Speichelcortisolgehalt der Kälber der Versuchs- und Kontrollgruppe

Gesundheit

Für die Kontrollkälber ($n = 25$) wurden im Durchschnitt 0,31 Erstdiagnosen während des Versuchszeitraums bis zum 70. Lebenstag dokumentiert und für die Versuchskälber ($n = 19$) 0,48. Diese Differenz ist nicht signifikant (vgl. Abbildung 19).

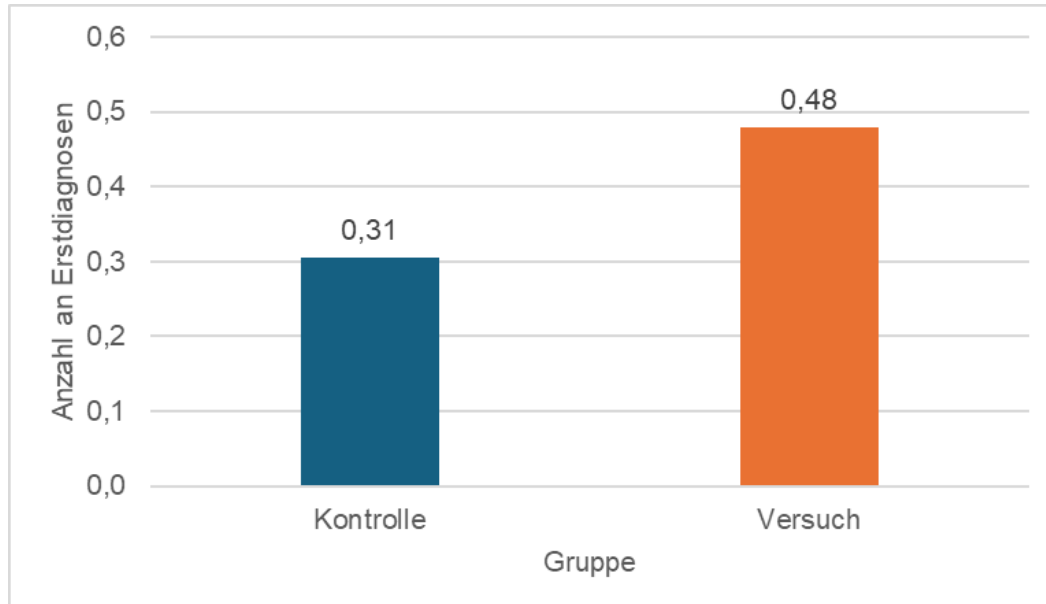


Abbildung 19: LSMeans für die Gesundheit der Kälber bis zum 70. Lebenstag (Erstdiagnosen) mit $p = 0,1295$, $n = 132$ und den berücksichtigten Einflussfaktoren Lebenstaggruppe, Gruppe (Kontrolle/Versuch), Saison

2.2.4. Interpretation der Ergebnisse (LFA + Gut Dummerstorf)

a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Untersuchung zeigt, dass die frühe Gruppenhaltung unter Praxisbedingungen umsetzbar ist und keine negativen Effekte auf Leistungsparameter wie Gewichtsentwicklung oder die Gesundheit hat. Gleichzeitig konnten Unterschiede im Stressindikator Speichelcortisol nachgewiesen werden. Ob diese auf die frühe Kleingruppenhaltung, den verlängerten Kuh-Kalb-Kontakt oder auf die Kombination von beiden Faktoren zurückzuführen ist, lässt sich jedoch leider nicht feststellen. Die Ergebnisse liefern trotzdem Tendenzen die es weiter zu untersuchen gilt.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die Ergebnisse deuten auf einen potenziellen Vorteil für das Tierwohl bei der frühen Kleingruppenhaltung hin. Die Versuchskälber, die in den ersten 24 - 48 Lebensstunden bei der Mutter verblieben und anschließend in Kleingruppen gehalten wurden, wiesen einen signifikant niedrigeren Speichelcortisolgehalt auf als die Kontrollkälber. Dies spricht für ein geringeres Stressniveau.

Zudem zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der täglichen Gewichtszunahme oder im Gesundheitsstatus zwischen den Gruppen. Die vergleichbare Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig reduzierten Stressparametern legt nahe, dass die frühe Kleingruppenhaltung eine tierwohlgerechte Alternative zur Einzelhaltung darstellen kann, ohne sich nachteilig auf die Entwicklung der Kälber auswirkt.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Umwelteffizienz ist auf den ersten Blick in der Kleingruppe schlechter als in der Einzel- oder Paarhaltung, da hier eine größere emittierende Fläche pro Tier zur Verfügung steht. Jedoch müssen weitere Aspekte und Parameter bei dieser Betrachtung einbezogen werden. Aktuelle Studien zeigen eine höhere Futteraufnahme sowie höhere Tageszunahmen bei paarweise gehaltenen Kälbern im Vergleich zur Einzelhaltung (Buckova et al., 2025; Knauer et al., 2021). Hierdurch wird eine höhere Aufzuchtintensität erreicht, so dass diese Tiere früher die Voraussetzungen für die Erstbesamung/Erstbelegung erreichen (körperliche Reife, Gewicht). Ein früheres EKA verringert die „unproduktive“ Lebenszeit (wenn die „produktive“ Lebenszeit ab dem Beginn der ersten Laktation definiert wird), hiermit wird bei gleichbleibender Milchleistung und Nutzungsdauer die Lebenseffektivität erhöht. Diverse Faktoren, die zu einer Produktivitätssteigerung führen (beispielsweise eine längere Nutzungsdauer und eine höhere Milchleistung: Wall et al. (2010); Bell et al., (2011)), bedingen eine Verringerung der Umweltwirkungen je erzeugter Produkteinheit (hier: Milch). Auch jüngere Studien (Drews et al., 2020) zeigten einen Einfluss der Leistung (u.a. Remontierungsrate und energiekorrigierte Milchmenge) auf die Umwelteffizienz von Milchrindern. Häufig haben diese Leistungsausprägungen ihren Ursprung in der frühen Aufzuchtphase (metabolische Programmierung).

d) Sonstige Erkenntnisse

2.2.5. Zusammenfassung (LFA + Gut Dummerstorf)

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Untersuchung, dass die frühe Kleingruppenhaltung von Kälbern nach einer kurzen Mutter-Kalb-Phase eine praxistaugliche Alternative zur konventionellen Einzelhaltung darstellt. Trotz einer signifikant geringeren täglichen Tränke- menge erreichten die Versuchskälber vergleichbare tägliche Gewichtszunahmen und wiesen keinen signifikant schlechteren Gesundheitsstatus auf.

Der signifikant niedrigere Speichelcortisolgehalt der Versuchskälber deutet auf ein geringeres Stressniveau hin und unterstreicht das Potenzial dieser Haltungsform zur Verbesserung des Tierwohls. Auch der verringerte Arbeitsaufwand für die Versorgung der Kälber durch den direkten Einsatz des Tränkeautomaten spricht für eine frühe Kleingruppenhaltung. Insgesamt liefern die Ergebnisse wertvolle tendenzielle Erkenntnisse für die Weiterentwicklung tierge- rechter und nachhaltiger Kälberhaltungssysteme. Die erfassten Daten bieten zudem eine Grundlage für weitere Forschungen und Auswertungen.

2.2.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LFA + Gut Dummerstorf)

DREWS, J.; RÖMER, A. (2021): Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) - zukunftsfähige Rin- derhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz. Vortrag auf der Jahrestagung des Interessenverbandes Milcherzeuger e.V. in Basthorst, 04.11.2021.

RÖMER, A. (2021): Innovationsnetzwerk Rind. Milchviehställe der Zukunft – ein Projekt stellt sich vor. Bauernzeitung, 49 (2021), S. 38.

DREWS, J.; RÖMER, A. (2022): InnoRind - Umbauten und Versuchsablauf im Gut Dum- merstorf. Kolloquium am Institut für Tierproduktion, 26.09.2022, Dummerstorf.

DREWS, J.; RÖMER, A. (2023): Neues aus der Landesforschung. Projekt "InnoRind" für neue Erkenntnisse zu Haltungsformen. Bauernzeitung, 64 (2023) 1, S. 13.

HOWE, W.; RÖMER, A. (2023): Schwerpunktsetzung und Durchführung der InnoRind- Versuche am Standort Dummerstorf. Vortrag auf der Informationsveranstaltung zum InnoRind-Projekt am 31.03.2023 in Dummerstorf.

RÖMER, A.; HOWE, W.; SCHNIPKOWEIT, N. (2023): Organisation und Durchführung eines Projekttreffens aller InnoRind-Partner an der LFA MV in Dummerstorf, 19.04.2023.

RÖMER, A. (2023): Vorstellung von Forschungsthemen des IfT mit Bezug zu InnoRind. Vor- trag auf dem Treffen der InnoRind Partner an der LFA MV in Dummerstorf, am 19.04.2023.

RÖMER, A. (2024): Ställe der Zukunft: Umsetzung in die Praxis – Forschung nimmt einige Konzepte auf und testet sie – „InnoRind“. Vortrag BiLSE Winterakademie des regiona- len Bauernverbandes MST am 23.01.2024 in Neubrandenburg.

RÖMER, A. (2024): Kälberhaltung - neue Forschungsansätze. Lehrveranstaltung für Fach- hochschüler an der FH Güstrow am 05.03.2024.

RÖMER, A. (2024): InnoRind: Ziele und Verfahren des Projektes. Vortrag auf der Beiratssit- zung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater am 10.12.2024 in Bad Hersfeld.

RÖMER, A. (2025): Tierwohl und Umweltschutz – ein Interessenskonflikt?! Interview des Norddeutschen Rundfunks, 18.06.2025.

DREWS, J.; ALVERS, S.; MÜLLER, L.; RÖMER, A. (2025): Veranstaltung „Tierwohl und Umwelt – ein Interessenskonflikt?!“ am 18.06.2025 in Dummerstorf.

SCHRÖDER, L.; HANNES, D.; RÖMER, A. (2026): Versuchsdurchführung und Ergebnisse zu Abkalbungen in Separees. Vortrag auf der Abschlussveranstaltung InnoRind am 20.01.2026 in Berlin.

HANNES, D.; SCHRÖDER, L.; RÖMER, A. (2026): Versuchsdurchführung und Ergebnisse zu längerem Kuh-Kalb-Kontakt und früher Kleingruppenhaltung von Kälbern. Vortrag auf der Abschlussveranstaltung InnoRind am 20.01.2026 in Berlin.

DREWS, J. (2026): Umweltwirkungen in innovativen Rinderhaltungssystemen. Poster auf der Abschlussveranstaltung InnoRind am 20.01.2026 in Berlin.

2.2.7. Durchführung (CAU)

Zitierweise: Schmegel I, Weiß M, Lamp O, Blumenberg J A, Hornburg S, Hölzel C (2026) AG 1 Kälber (CAU). In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 42 - 54.

a) Arbeitspakete

Die Arbeiten der Institute für „Tierernährung und Stoffwechselphysiologie“ sowie „Tierzucht und Tierhaltung“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Rahmen der AG 1 lassen sich dem IP 1.2 zuordnen.

Der Kälbersversuch der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm gliedert sich in drei Arbeitspakete:

- AP 1: Basisversuch mit Grunddatenerhebung
- AP 2: Analyse des intestinalen Mikrobioms
- AP 3: Analyse von Infektionsrisiken

b) Material und Methoden

Versuchsdesign und Umsetzung auf dem Versuchsbetrieb der CAU zu Kiel

Im Rahmen des Tierversuchs (MLLEV-SH 64-12/23) wurden weibliche Holstein Friesian Kälber unmittelbar nach der Geburt in fünf verschiedene Versuchsgruppen eingeteilt und zu definierten Zeitpunkten beprobt. Zudem wurden Proben von den zugehörigen Mutterkühen und aus der Haltungsumwelt entnommen (Abb. 20).

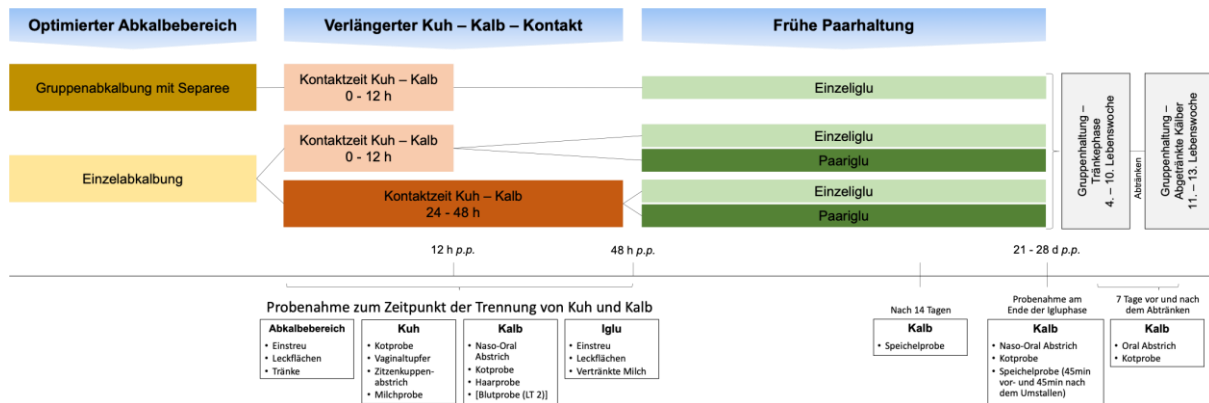


Abbildung 20: Versuchsdesign mit unterschiedlichen Versuchsgruppen, Probenahmen und Probenahmezeitpunkten auf dem Versuchsbetrieb der CAU zu Kiel

Das IP 1.2 wurde auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) in Form der Haltung von Kälbern in Doppeliglus ab dem Zeitpunkt der Trennung von der Mutter umgesetzt (vgl. Abb. 11). Die Kälber der verschiedenen Versuchsgruppen stammten hierfür entweder aus der Gruppenabkalbung mit Separee oder der Einzelabkalbung (vgl. AG3: Milchkühe). Zudem wurde eine verlängerte Kontaktzeit zwischen Kuh und Kalb von 24-48h im Vergleich zur konventionellen kurzen Kontaktzeit mit früher Trennung in den ersten 12 Lebensstunden untersucht. Somit ergab sich ein dreifaktorielles Design mit bis zu fünf Gruppen von Kälbern in unterschiedlichen Faktorkombinationen (Abkalbesystem x Kontaktzeit x Iglusystem) (Abb. 20).

Die Kalbungen wurden durch das Stallteam gemeldet und die weitere Datenaufnahme am Kalb durch Doktorand:innen oder Versuchstechnikerinnen übernommen. Vor der Trennung und Be- probung hatten alle Kälber die Möglichkeit zur freien Aufnahme von Kolostrum am Euter der Kuh, sodass eine Kolostrumgabe im weiteren Verlauf nur durch den eingehängten Nuckeleimer im Iglu in den ersten drei Lebenstagen erfolgte. Die ausschließlich weiblichen Holstein-Kälber wurden mit einem gleichaltrigen Kuhkalb gleicher Rasse (Geburt ± 1 Tag) in einem Doppeliglu eingestallt. Die Paare blieben etwa 28 Tage lang zusammen, ebenso wie die Kälber in den Einzeliglus, bis sie anschließend in Gruppen von bis zu fünf Tieren in den Holsteiner Kälberstall umgestallt wurden. Um eine ausreichende Immunversorgung sicherzustellen, wurde das Serum-Gesamteiweiß (Brix-Wert) anhand von Blutproben am 2. bis 4. Lebenstag quantifiziert. Vom 4. bis zum 28. Lebenstag (LT) erhielten die Kälber 12 bis 14 Liter Vollmilch aus Nuckeleimern. Die Umstallung der Kälber aus dem Iglusystem in eine Gruppenhaltung in einem Holsteiner Kälberstall erfolgte frühestens am 21. Lebenstag, zumeist um den 28. Lebenstag. Da möglichst immer alle Kälber einer fünfköpfigen Gruppe in den Kälberstall zugleich umgestallt wurden, waren die individuellen Umstellungstermine gelegentlich auch später als am 28. Lebenstag. Nach dem Umstallen aus den Kälberiglus in den Holsteiner-Kälberstall wurde die Milchrations gemäß eines vordefinierten wöchentlichen Abtränkeplans schrittweise reduziert, sodass die Kälber nach ca. 11 Wochen vollständig abgetränkt waren.



Abbildung 21: Eingesetzte Einzel- und Paarglue zur Untersuchung der frühen Paarhaltung von Kälbern

Arbeitspaket 1

In AP 1 erfasste Basis-Parameter

- Gewichte (Geburt, zum Umstallen ca. 28 LT)
- Serum-Gesamteiweiß (Brix-Wert)
- Speichelcortisol (10 - 14. LT sowie kurz vor und nach dem Umstallen)
- Haarcortisol
- Verhalten bei Trennung von Kuh und Kalb nach kurzer oder langer Kontaktzeit sowie am Folgetag der Trennung (Vokalisation, Herausrecken des Kopfes aus der Bucht mit Suchbewegung)
- Antibiotikabehandlungen und weitere therapeutische Medikation

Um die Tiergesundheit und Hygiene zu beurteilen, wurden Antibiotikabehandlungen und alle weiteren therapeutischen Medikamentengaben auf Basis der betrieblichen Dokumentation erfasst sowie anlassbezogene Schnelltests bei Durchfallerkrankung vorgenommen.

Die Bearbeitung der Proben erfolgte in den Laboren der Institute für „Tierernährung und Stoffwechselphysiologie“ sowie „Tierzucht und Tierhaltung“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Serum-Brix Wert zur Kontrolle der Kolostrumversorgung

Am zweiten Lebenstag wurde eine Blutprobe bei den Kälbern gewonnen. Diese wurde im Labor zentrifugiert und der Serum-Brix Wert wurde mithilfe eines digitalen Refraktometers bestimmt, um die ausreichende Kolostrumversorgung zu überprüfen.

Speichelcortisol als Indikator für Kurzzeitstress bei der Umstallung der Kälber

(Institut für Tierzucht und Tierhaltung)

Am 14. Lebenstag wurde jeweils vormittags eine Speichelprobe mittels Salivette (Sarstedt, Nümbrecht) bei den Versuchskälbern genommen. Basierend darauf wurde mittels ELISA das Basalniveau für die Cortisolkonzentration für jedes Kalb bestimmt.

45 Minuten vor und 45 Minuten nach dem Umstallen der Kälber aus den Iglus in die Gruppenhaltung wurde je eine weitere Speichelprobe erhoben und ebenfalls mittels ELISA im Labor analysiert (vgl. Abb. 20). Hiermit wurde die relative Änderung des Cortisolgehalts im Speichel der Kälber als Zeichen für ein erhöhtes Stressniveau durch Umstallung adressiert.

Haarcortisol als Indikator für Langzeitstress

(Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie)

Zur Beurteilung des Langzeitstress wurde die Cortisolkonzentration in Haarproben bestimmt. Die Haarproben wurden in einem minimalinvasiven Entnahmeverfahren durch wiederholtes Scheren einer definierten Körperstelle entnommen (Shave-Reshave-Verfahren, Heimbürge et al. 2019) und anschließend im Labor aufbereitet und auf ihren Cortisolgehalt mittels ELISA untersucht: Der Probenbereich am Hals wurde 2–4 Tage nach der Geburt, zeitgleich mit der Blutprobe, erstmals rasiert und nach der Abtränkephase (ca. 85 Tage) erneut geschoren. Die nachgewachsenen Haare dienten der Analyse des Langzeit-Cortisols über den Zeitraum von der Geburt bis zum Abtränken.

Arbeitspaket 2

Mikrobiomanalyse anhand von Kotproben der Kälber

(Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie)

Zur Analyse des intestinalen Mikrobioms wurden Kotproben an verschiedenen Lebenstagen der Kälber entnommen. Die Proben wurden aufbereitet, die DNA extrahiert und die bakterielle Zusammensetzung des Darmmikrobioms wurde mittels 16S-rRNA-Gen-Amplicon-Sequenzierung der V3/V4-Region und anschließender bioinformatischer Auswertung in QIIME2 analysiert. Die Ergebnisse können Aussagen zur Diversität und Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften ermöglichen. Aktuell befinden sich die Kotproben in der Sequenzierung und daher sind Aussagen über eine etwaige positive Entwicklung des Kälbermikrobioms der verschiedenen Haltungsvarianten und dessen Eignung als früher Stressindikator zurzeit noch nicht möglich.

Arbeitspaket 3

Mikrobiologische Untersuchung der Proben von Kälbern, Kühen und der Haltungsumwelt

(Institut für Tierzucht und Tierhaltung)

Die Proben von Kälbern, Kühen und aus der Umwelt wurden mikrobiologisch bearbeitet und ausgewertet. Der Probensatz der Kühe umfasste je eine Kotprobe, einen Vaginalabstrich, einen Zitzenkuppenabstrich (ein Abstrichtupfer für alle vier Zitzenkuppen) sowie eine sterile Milchprobe (Poolprobe aus allen vier Eutervierteln), die zum Zeitpunkt der Trennung von Kuh und Kalb erhoben wurden. Der Probensatz beim Kalb setzte sich aus je einem Naso-Oral-Abstrich und einer Kotprobe zum Zeitpunkt der Trennung von Kuh und Kalb, sowie zum Zeitpunkt des Umstallens am Ende der Igluphase. Zum Zeitpunkt der Trennung von Kuh und Kalb wurde zudem der Abkalbbereich (Gruppen oder Einzelbox) beprobt. Hier wurde je eine Einstreuprobe, eine Tränkeprobe (Abstrich) und ein Leckflächenabstrich genommen. Bevor das Kalb in ein Iglu eingestallt wurde, wurden auch dort je eine Einstreuprobe und ein Abstrich der Leckflächen (Igluwand) erhoben. Zudem wurde die initial vertränkte Milch aus dem Nuckeleimer beprobt (vgl. Abb. 20).

Zur Anzucht spezifischer Keime wurden indikative und selektive Nährmedien verwendet. Diese umfassten neben Gassner Agar (Thermo Fisher Scientific) (selektiv für gram-negative, insb. *Enterobacteriaceae*) auch ein Selektivnährboden für ESBL-bildende Keime (Brilliance ESBL, Thermo Fisher Scientific). Des Weiteren wurden selektive Nährböden für *Pasteurellaceae* (ChromAgar) und *Clostridium perfringens* (ChromAgar) eingesetzt. Auf Basis der Morphologie entsprechender Bakterienkulturen auf den Nährböden wurden Isolate ausgewählt und für weitere Untersuchungen kryokonserviert. Die Spezies dieser Isolate wurde mittels Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight Massenspektrometrie (MALDI-ToF-MS) bestimmt. Für MALDI-ToF-MS wurde Kooperationen mit dem ZInstSanBW der Bundeswehr in Kronshagen sowie dem Landeslabor Schleswig-Holstein in Neumünster genutzt. Die weitere molekularbiologische Untersuchung dieser Isolate erfolgte und erfolgt im Rahmen des Querschnittsthemas Tierhygiene & Antibiotikareduktion (AP2).

2.2.8. Ergebnisse und Erkenntnisse (CAU)

Arbeitspaket 1

Insgesamt wurden 58 Kälber, (geb. zwischen August 2024 und Mai 2025) aus den fünf verschiedenen Versuchsgruppen in den Versuch einbezogen und beprobt.

Die Gruppenbesetzung war wie in Tabelle 6 angegeben

Tabelle 6: Gruppenbesetzung (Anzahl der beprobten Kälber)

	Abkalbesystem und Kontaktzeit		
	Einzelabkalbung		Gruppenabkalbung
	Kurzer Kontakt	Langer Kontakt	Kurzer Kontakt
Einzeliglu	13	15	14
Paariglu	9	7	

Allgemeine Erkenntnisse

Die Gewichtsentwicklungen unterschieden sich zwischen den Kälbern der einzelnen Gruppen nicht signifikant. Die Kälber in den Einzeliglus zeigten tendenziell höhere Tageszunahmen in der Igluphase bis zum Umstallen.

Die Kälber waren insgesamt sehr gesund. Sehr vereinzelt traten Durchfälle mit Kryptosporidien nachweisen auf, die behandelt wurden. Es gab hier nach erster Sichtung keinen Effekt der Gruppenzugehörigkeit.

Berichtsweise beobachtete das Betriebspersonal Nabelsaugen unter den Kälbern in Paarhaltung bei zwei Paaren, was eine vorzeitige Trennung erforderlich machte. Inwiefern dem disponierende (Mineralstoffversorgung) oder managementbedingte Faktoren (zu großer Altersunterschied zwischen den gemeinsam aufgestellten Kälbern) zugrunde lagen, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Vermehrte Behandlungen von Nabelentzündungen wurden aber nicht erforderlich.

Verhalten bei Trennung

Keine Unterschiede im Verhalten unmittelbar nach der Trennung von Kühen und Kälbern mit langer oder kurzer Kontaktzeit.

Serum-Brix Wert

Es konnte kein signifikanter Effekt der verlängerten Kontaktzeit ($t(20) = 0.067$; $p = 0,474$), der Paarhaltung ($t(10) = 0.820$; $p = 0,256$) oder der Gruppenabkalbung ($t(21) = 0.195$; $p = 0,424$) auf die Serum-Brixwerte der Versuchskälber festgestellt werden (Abb. 22). Es kann somit von einer einheitlichen passiven Immunisierung durch Kolostrumversorgung ausgegangen werden, sodass weiter Unterschiede nicht durch divergierende „Startbedingungen“ verschleiert werden.

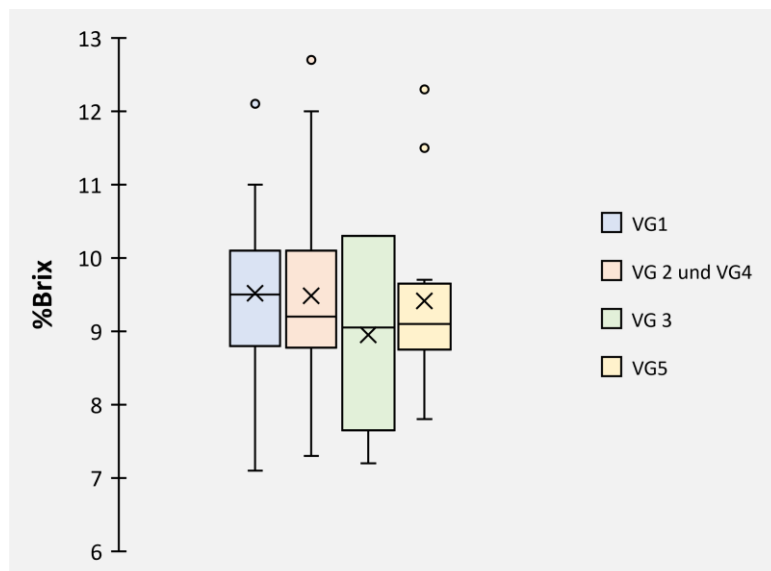


Abbildung 22: Serum-Brix Wert der verschiedenen Versuchsgruppen: VG1: Einzelabkalbung – Kurze Kontaktzeit – Einzeliglu; VG2: Einzelabkalbung – lange Kontaktzeit – Einzeliglu; VG3: Einzelabkalbung – kurze Kontaktzeit – Paariglu; VG4: Einzelabkalbung – lange Kontaktzeit – Paariglu; VG5: Gruppenabkalbung – kurze Kontaktzeit – Einzeliglu (*VG2 und VG4 wurden zusammengefasst, da sich das Kolostrummanagement beider Gruppen bis zum Zeitpunkt der Beprobung nicht unterschied): $n(VG1) = 11$, $\bar{x} = 9,518$ %, $\bar{s} = 9,5$ %; $n(VG2 \text{ und } VG4) = 20$, $\bar{x} = 9,485$ %, $\bar{s} = 9,2$ %; $n(VG3) = 6$, $\bar{x} = 8,95$, $\bar{s} = 9,05$ %; $n(VG5) = 13$, $\bar{x} = 9,415$, $\bar{s} = 9,1$ %

Speichelcortisol

Die Messung von Cortisol als Stresshormon erfolgte zunächst im Iglu in Ruhe zur Bestimmung eines tierindividuellen Basalwertes in einem standardisierten Zeitfenster (im Mittel am 12. Lebenstag). Eine weitere Messung erfolgte am Tag der Umstallung unmittelbar vor und 45 Minuten nach der Umstallung. Hier wurde erwartet, dass der Anstieg durch den Stress der Umstallung und Neugruppierung bei Kälbern aus den Einzeliglus größer ist als bei Kälbern, die bereits paarweise vergesellschaftet waren. Die Ergebnisse der schließenden Statistik waren:

- Kein erkennbarer Einfluss der übrigen Faktoren (Abkalbesystem, Kontaktzeit) auf Speichelcortisol-Basalwerte (Abb. 23)
- Keine Gruppenunterschiede in den Änderungen der Speichelcortisolwerte im Zuge der Umstallung (Abb. 24)

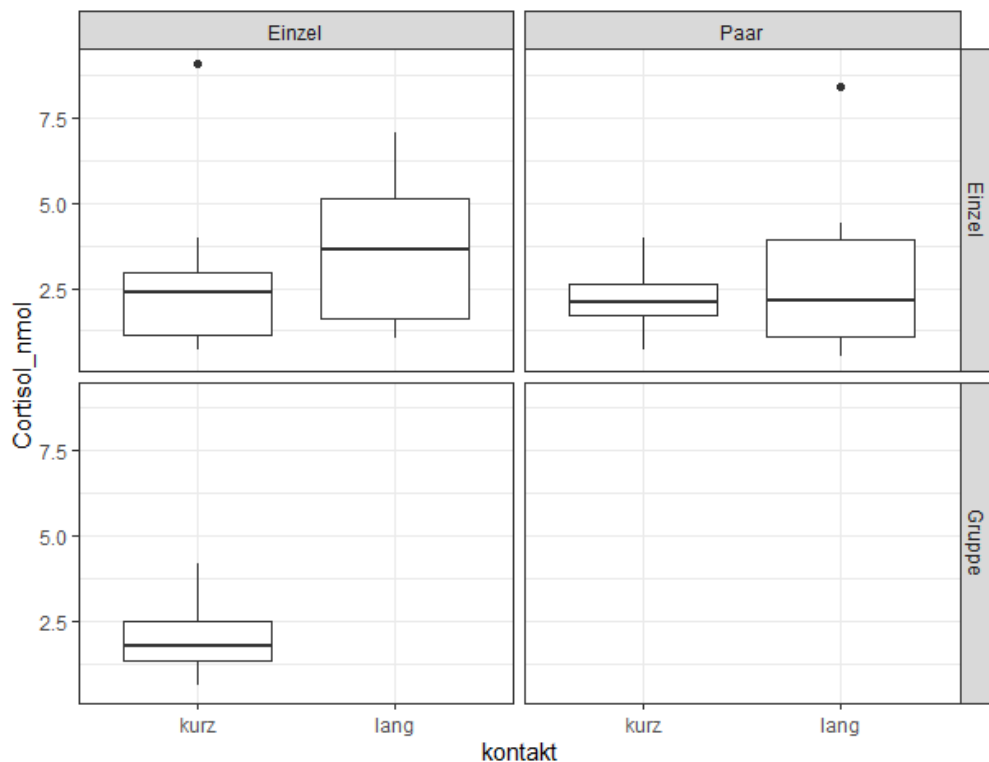


Abbildung 23: Speichelcortisol-Basislevel (nmol/l) am 14. Lebenstag nach Abkalbesystem (Einzel / Gruppe), Kontaktzeit (kurz / lang) und Iglusystem (Einzelglu / Paariglu)

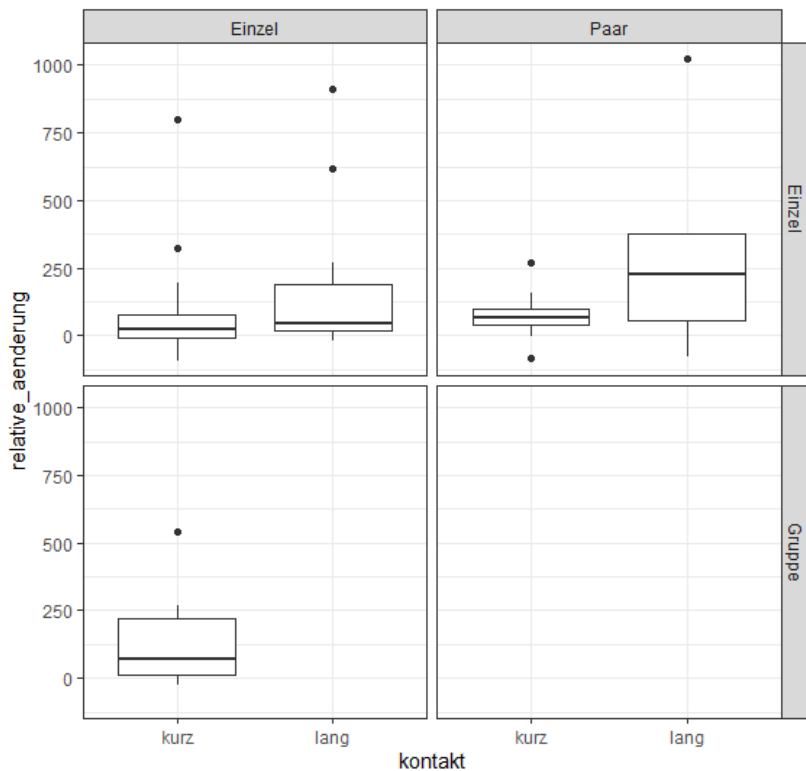


Abbildung 24: Relative Änderung nach der Umstallung in Prozent der Speichelcortisolkonzentration unmittelbar vor der Umstallung nach ca. 28 Tagen im Einzel- oder Paariglu, nach Abkalbesystem (Einzel / Gruppe), Kontaktzeit (kurz / lang)

Vorläufige Ergebnisse zum Haarcortisol bei Kälbern

Vorläufige Ergebnisse zur Haarcortisolkonzentration bei Kälbern zeigen, dass sowohl der Zeitpunkt der Trennung von Kuh und Kalb als auch die Haltungsbedingungen in den ersten Lebenswochen das Stressempfinden der Kälber sowie ihre Anpassungsfähigkeit an neue Umgebungen beeinflussen können. Die untersuchten Maßnahmen hatten messbare Auswirkungen auf stressbezogene Indikatoren wie die Haarcortisolkonzentration. Insbesondere zeigte sich ein Unterschied zwischen Kälbern mit kurzer Kontaktzeit zur Mutterkuh und anschließender Paarhaltung im Vergleich zu anderen Gruppen. Ob diese Unterschiede physiologisch relevant sind und positive oder negative Auswirkungen auf die weitere Entwicklung der Kälber haben, ist derzeit noch nicht abschließend geklärt. Eine weiterführende Auswertung ist aktuell in Arbeit.

Arbeitspaket 2

Vorläufige Ergebnisse zur Mikrobiota

Vorläufige Ergebnisse zur Mikrobiota der Kälber können derzeit noch nicht abschließend bewertet werden, da die Kotproben aktuell in der Sequenzierung sind. Aussagen über mögliche positive Entwicklungen des Mikrobioms in den verschiedenen Haltungsvarianten sowie dessen Eignung als früher Stressindikator sind daher derzeit noch nicht möglich.

Arbeitspaket 3

Mikrobiologische Untersuchung der Proben von Kälbern, Kühen und der Haltungsumwelt

Insgesamt wurden ca. 4700 Isolate gewonnen, deren Identifikation auf Speziesebene mittels MALDI-ToF-MS noch nicht vollständig abgeschlossen werden konnte. Die Analysen der gewonnenen Isolate wurden und werden im Rahmen des Querschnittsthemas Tierhygiene und Antibiotikareduktion durchgeführt bzw. sind geplant.

2.2.9. Interpretation der Ergebnisse (CAU)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Zielsetzung der Bekanntmachung ist, dass Projekte „Lösungen für eine gesellschaftlich akzeptierte Nutztierhaltung mit hohem Tierwohl-Standard und geringen Umweltwirkungen, die in der Praxis umsetzbar und wirtschaftlich tragfähig sind, zum Inhalt haben.“

Mit der frühen Paarhaltung bietet sich eine solche Alternative zur etablierten frühen Einzelhaltung von Kälbern. Die aktuellen Untersuchungen der CAU haben zum aktuellen Stand bei Berichterstellung keine belastbaren Hinweise auf einen negativen Einfluss der frühen Paarhaltung auf Gesundheit und Wohlbefinden geliefert, während die positiven Effekte auf das Verhalten mehrfach gezeigt wurden (Bolt et al., 2017; Costa et al., 2015). Jedoch ist zu beachten, dass noch weitere Detailanalysen ausstehen, sodass diese Aussage als vorläufig anzusehen ist. Zudem zeichnen sich durchaus Einflüsse der Länge der Kontaktzeit ab, die sich in veränderten Haarcortisolwerten und einer nominell stärkeren Speichelcortisol-Erhöhung andeuten. Auch hier stehen noch weitere Analysen aus und es ist zu betonen, dass die Tierzahlen in diesem Versuch aufgrund des Beprobungs- und Analyseaufwandes relativ niedrig ausfallen, was die statistische Absicherung von schwachen Effekten erschwert. Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint eine verlängert Kontaktzeit noch kein probates Mittel, um den gesunden Start von Kälbern zu fördern.

Die Analysen von Mikrobiom und Pathogenisolaten werden hier in Kürze weitere Erkenntnisse liefern. Es wird daher auf die geplanten Publikationen verwiesen.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Vorläufige Ergebnisse zeigten Unterschiede in der Haarcortisolkonzentration zwischen den Haltungsvarianten, insbesondere bei Kälbern mit kurzer Kontaktzeit zur Mutterkuh und anschließender Paarhaltung. Die physiologische Relevanz dieser Unterschiede ist derzeit noch unklar, eine weiterführende Auswertung läuft. Die Befunde verdeutlichen, dass Haarcortisol grundsätzlich als Stressindikator und damit als Indikator für Tierwohl herangezogen werden kann. Gleichzeitig muss die Interpretation versuchsspezifisch erfolgen, da Haare „Grundrauschen“ speichern und Ausgangswerte je nach Versuchsszenario variieren. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um Haarcortisol auch über verschiedene Betriebe hinweg als verlässlichen Tierwohlintikator einsetzen zu können.

Die Analyse des Serum-Brix Werts der Kälber am 2. Lebenstag zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsgruppen. Es ist daher nicht davon auszugehen, dass es durch die untersuchten Maßnahmen zu einer Veränderung in der Qualität der Kolostrumversorgung der Versuchskälber gekommen ist. Von einer Vorbelastung der Daten aufgrund veränderter Kolostrumversorgung in einzelnen Versuchsgruppen ist daher nicht auszugehen. Aufgrund der geringen Kälberzahl in einzelnen Versuchsgruppen kann hieraus jedoch keine allgemeine Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich der Kolostrumversorgung erfolgen.

Ebenso ist zu beachten, dass in diesem Versuch der Altersunterschied bei Paarkälbern sehr streng kontrolliert wurde, um ungleiche Kraftverhältnisse und Rangordnungsprobleme zu vermeiden. In der Praxis können testweise durchaus auch größere Altersunterschiede bei Paarkälbern von mehr als einem Tag versucht werden. Jedoch sollte eine engmaschige Tierkontrolle immer gegeben sein, da sie die Grundlage für eine schnelle Trennung der Kälber bei auftretenden Problemen wie Nabelsaugen, „Futterklau“ oder Aggression ist.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Maßnahme hat keinen nennenswerten Effekt auf die Umweltwirkungen der Kälberhaltung. Derzeit ist keine Änderung im Behandlungsaufwand zu erkennen, die eine unterschiedliche Freisetzung von Tierarzneimittel-Wirkstoffen zur Folge hätte.

d) Sonstige Erkenntnisse

Darüber hinaus wurden weitere Erkenntnisse gewonnen, die für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von Bedeutung sind. Besonders hervorzuheben sind:

- Die Notwendigkeit, die Gewichtsentwicklung über den Absetzprozess hinaus zu erfassen, um längerfristige Einflüsse der frühen Haltung auf das Wachstum besser beurteilen zu können.
- Eine gezieltere und eng getaktete Messung von Speichelcortisol, anstatt nur an zwei einzelnen Lebenstagen, um Stressreaktionen präziser zu erfassen.
- Die Synchronisation von Probenahme-Tagen sowie die Erfassung von Stressmarkern nicht nur bei Kälbern, sondern auch bei den Kühen, um das Zusammenspiel von Mutter und Nachkommen besser zu verstehen.

2.2.10. Zusammenfassung (CAU)

Der Versuch zur Kälberhaltung auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm stellt einen dreifaktoriellen Versuchsaufbau dar: So wurden neben der Aufstallung der Kälber in den ersten vier Lebenswochen (Einzelglu / Paariglu) auch unterschiedliche Abkalbesysteme (Einzelbucht / Gruppenbucht mit Separee) aus der AG Kuh und zwei unterschiedliche Kontaktzeiten (bis 12 Stunden / 24 bis 48 Stunden) untersucht. Somit verteilten sich die 58 Kälber auf fünf Versuchsgruppen. Neben den Grundparametern (AP1) wie Kolostrumversorgung, Gesundheit, Gewichtsentwicklung sowie Verhaltensbeobachtungen und Cortisolmessungen zur Bestimmung der Stressbelastung durch die Abkalbe- / Haltungssysteme und die Umstallung lag der Fokus in den weiteren Arbeitspaketen auf der Mikrobiomentwicklung (AP2) und der Erregerübertragung (AP3).

Die meisten Untersuchungen in AP1 konnten inzwischen abgeschlossen werden und zeigten keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf, sodass kein klarer Vorteil für die innovativen Verfahren in der Kälberhaltung (längere Kontaktzeit mit der Kuh, Haltung im Paariglu) erkennbar ist. Die Analyse des Haarcortisols als Stressindikator deutet auf die Vorteile einer kürzeren Kontaktzeit mit der Mutterkuh sowie einer anschließenden Haltung im Paariglu hin. Die Klärung der Frage, ob diese Unterschiede physiologisch relevant sind und eine positive oder negative Auswirkung auf die weitere Entwicklung der Kälber haben, steht noch aus.

In den beiden anderen Arbeitspaketen laufen aktuell noch Laboranalysen und Datenauswertungen, sodass auf die geplanten wissenschaftlichen Publikationen der beteiligten Promovierenden und Arbeitsgruppen der CAU verwiesen wird.

Grundsätzlich ist für die Paarhaltung von Kälbern im Iglu aber zu beachten, dass die Ergebnisse aus dem Betrieb Karkendamm nur an wenigen Tieren erarbeitet werden konnten, da streng auf einen geringen Altersunterschied der Kälber von maximal einem Tag und gleiche Genetik (Deutsche Holstein, weiblich) geachtet wurde. So sollten Antagonismen um Futter und Tränke minimiert werden. Trotz hoher Tränkemengen trat vereinzelt gegenseitiges Besaugen auf. Ob also eine Paarhaltung von ungleichen Kälbern hinsichtlich Alter und körperlicher Entwicklung ähnlich geringe Unterschiede aufweisen würde, ist nicht sicher vorherzusagen.

2.2.11. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (CAU)

Vorträge

Schmegel, I. (2024): Vorhabenbeschreibung: Effekte der Einzel- und Paarhaltung von Kälbern auf intestinale und ruminale Mikrobiota, Projekttreffen InnoRind, Groß Kreutz

Schmegel, I. (2025): Vorläufige Ergebnisse: Effekte der Einzel- und Paarhaltung von Kälbern auf intestinale und ruminale Mikrobiota, Projekttreffen InnoRind, Blekendorf

Schmegel, I. (2026): Stressreaktionen und Mikrobiota bei HF-Kälbern in verschiedenen Kälberaufzuchtvarianten – Kälberaufzucht neu gedacht 20.01.2026, Abschlussveranstaltung InnoRind, Berlin

Geplante Vorträge

Hölzel, C.S. (2026): InnoRind - neue Wege in der Kälberhaltung, 76. Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät - Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft

Schmegel, I. (2026): Haarige Sache – Wie verschiedene Kälberaufzuchtvarianten den Haarcortisolgehalt beeinflussen, 76. Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät - Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft

Geplante Veröffentlichungen

Schmegel, I., Suhr, M., Bulz, K., Bang, C., Hornburg, S. C. (2026): Einfluss verlängerter Kuh-Kalb-Kontaktzeit auf Mikrobiom & Stressphysiologie (**Titel vorl.**) – Journal noch nicht festgelegt

Schmegel, I., Suhr, M., Jäger, T., Bang, C., Hornburg, S. C. (2026): Paariglu vs. Einzeliglu: Einfluss auf Mikrobiom & Stressphysiologie (**Titel vorl.**) – Journal noch nicht festgelegt

Weiß, M. A., Lamp, O., Blumenberg, J. A., Zimmer-Sonn, K.-J., Dittrich, I., Hölzel, C. S. (2026): No evidence of increased transmission of ESBL-producing Enterobacteriaceae in early group housing of calves; Journal of Dairy Science.

Außerdem ist eine weitere Analyse der Auswirkungen von Kalbung, frühem Kontakt zwischen Kuh und Kalb sowie Einzel- oder Paarigluhaltung auf die Cortisolkonzentration im Haar von Holstein-Kälbern geplant.

Abschlussarbeiten

Einfluss der Einzel- und Paarigluhaltung von Holstein-Kälbern auf die Entwicklung des fäkalen Mikrobioms

Einfluss einer verlängerten Kuh-Kalb-Kontaktzeit auf die Entwicklung des fäkalen Mikrobioms von Holstein-Kälbern

Untersuchungen zur Haarcortisolkonzentration bei Kälbern in Abhängigkeit von Haltungsform und Mutter-Kalb-Kontakt

Mikrobiologisch-kulturelle Untersuchungen im Abkalbebereich – Vergleich von Einzel- und Gruppenabkalbung

Mikrobiologische Untersuchungen zur Erregerübertragung von der Kuh zum Kalb bei der Abkalbung

Hygiene in der Kälbergesundheit – mikrobiologisch-kulturelle Untersuchung von Kälberiglus vor der Einstallung

Geplante Abschlussarbeiten

Evaluating management interventions to control Enterobacteriaceae contamination in livestock and its environments: An analysis of contact time and antibiotic resistance spread

Prävalenz und Typisierung von *Pasteurellaceae* in verschiedenen Kälberaufzuchtvarianten

Prävalenz, Typisierung und mögliche Übertragungswege von *Clostridium perfringens* in der Kälberaufzucht

Virulenzgene zur Identifikation von Indikator- E. coli -Isolaten in der Kälberaufzucht

Nachweis und Charakterisierung von Resistenzgenen in ESBL-E. coli zur Untersuchung möglicher Übertragungswege zwischen Kuh und Kalb

2.2.12. Durchführung (LK SH)

Zitierweise: Sonn K-J, Huuck S, Dittrich I (2026) AG1 Kälber. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 54 - 65.

- a) **Arbeitspakete**
Die Arbeiten des Lehr- und Versuchszentrum (LVZ) Futterkamp lassen sich der AG 1 und IP 1.2 sowie IP 1.3 zuordnen.

- b) **Material und Methoden**

Aufbau Haltungssystem & Management

Für die Haltung von Kälbern in früher Gruppenhaltung wurden am LVZ Futterkamp 8 baugleiche Kälberiglus im Verbund aufgestellt (Abbildung 25). Die Einzelausläufe der Kälberiglus wurden für die frühe Gruppenhaltung so abgewandelt, dass die Kälber einen gemeinsamen Auslauf mit rund 1,4 m² verfügbarer Fläche je Kalb nutzen können. Durch die Kälberiglus wurden Kleinklimazonen geschaffen, die es den Kälbern ermöglichen einzeln oder zu mehreren in einem geschützten Bereich zusammen zu liegen. Im vorderen Bereich des Auslaufs haben die Kälber Zugang zum Tränkeautomaten mit zwei Tränkeplätzen (Abbildung 26).

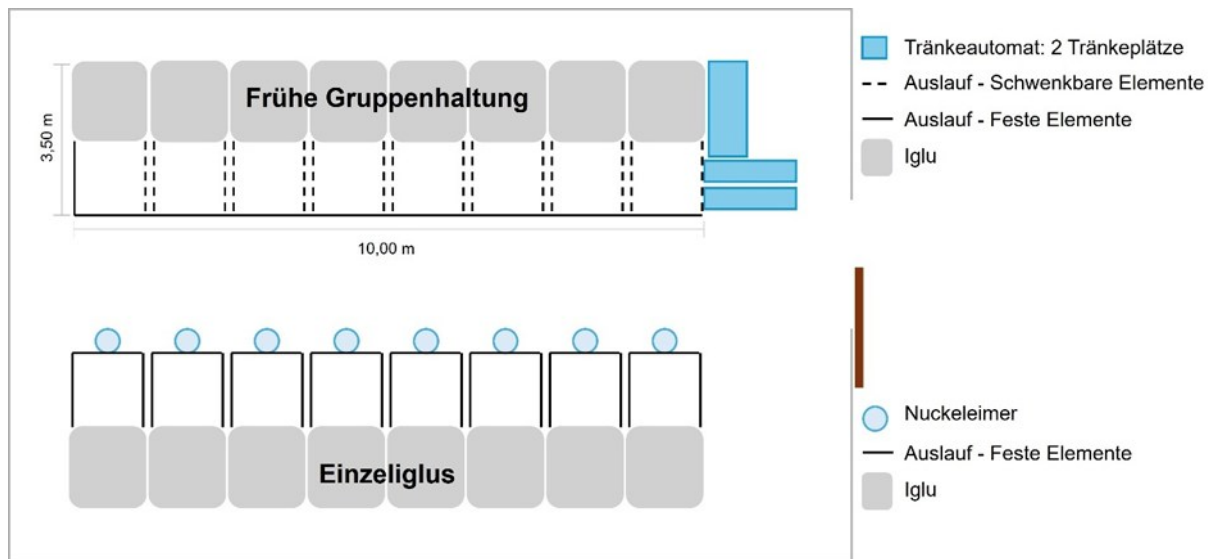


Abbildung 25 Schematischer Aufbau frühe Gruppenhaltung am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp.



Abbildung 26: Impressionen aus der frühen Gruppenhaltung. a: Alle Iglus sind geöffnet, die frühe Gruppenhaltung ist voll besetzt. b: Das geschlossene Iglu (links) wird für jedes Kalb frisch eingestreut. Die ersten Kälber sind schon in der Gruppe (rechts). c: Ein Kalb trinkt am Automaten.

Die Kälber (schwarzbunt, Beef-on-Dairy Kreuzungen; Bullen- und Kuhkälber) werden kurz nach der Geburt von der Mutterkuh getrennt und direkt in eines der Iglus eingestallt. Das Iglu ist zu diesem Zeitpunkt mittels heruntergeklapptem Einzelauslauf verschlossen und bietet die einfache Möglichkeit, das jeweilige Kalb gezielt über einen Tränkeimer mit Kolostralmilch zur passiven Immunisierung zu versorgen, ohne dass ältere Kälber an den Nuckeleimer kommen. Nach 48h Stunden wird der Auslauf geöffnet und die Kälber in den Gruppenbereich entlassen. Ab diesem Zeitpunkt werden die Kälber über den Tränkeautomaten ad libitum mit Milchaustauschertränke versorgt.

Für das Projekt wurden insgesamt 75 Kälber (Versuchsgruppe) in der frühen Gruppenhaltung in den ersten 14 Lebenstage aufgezogen. Im gleichen Zeitraum wurden 75

Kälber im Einzelgglu aufgezogen und während der ersten 14 Lebenstage über Eimertränke (Vollmilch, ad libitum) versorgt, diese dienten in der Auswertung als Kontrolle. Im Anschluss an die ersten 14 Lebenstage in der frühen Gruppenhaltung bzw. im Einzelgglu wurde alle Kälber der Versuchs- und Kontrollgruppe in den Holsteiner Kälberstall des LVZ Futterkamp umgestallt und dort bis zum Abtränken am 77. Lebenstag beobachtet. Die Tränke im Holsteiner Kälberstall bleibt während der ersten Wochen ad libitum. Ab der 8. Lebenswoche werden die Kälber sukzessive abgetränkt.

Datenerfassung

Zur Bewertung des Haltungssystems wurden Daten zu Tiergesundheit, Leistung und Stressniveau der Kälber erfasst. Diese teilen sich in routinemäßig erfasste Daten wie die Tränkeaufnahme und das Lebendgewicht sowie Behandlungsdokumentationen. Abseits der Routinedaten wurden Blutproben zur Bewertung der Kolostrumversorgung sowie Speichelproben entnommen und regelmäßige Gesundheitschecks durchgeführt. Diese Maßnahmen gehören nicht zur Betriebsroutine und wurden gemäß § 8 Abs. 1 des Tierschutzgesetzes als Tierversuch eingeordnet und durch die Genehmigungsbehörde (Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz des Landes Schleswig-Holstein) genehmigt. Der Versuch begann am 09.03.2024 und endete am 22.04.2025.

Tränkeaufnahme & Gewichtsentwicklung

Die Tränkeaufnahme aller am LVZ Futterkamp geborenen Kälber wird ab der ersten Tränkeaufnahme (Kolostrumaufnahme) dokumentiert. Die Tränkemengen aus dem Nuckeleimer werden zweimal täglich aufgezeichnet. Alle Tränkeaufnahmen werden automatisch dokumentiert und über elektronische Ohrmarken tierindividuell erfasst.

Für alle Kälber werden das Geburtsgewicht und das Gewicht am 15. Lebenstag (Umstellen in den Holsteiner Kälberstall) festgehalten. Ab dem 15. Lebenstag werden alle Kälber wöchentlich gewogen. Für die Auswertung wurden die Tränkeaufnahmen und die täglichen Zunahmen betrachtet.

Kolostrumversorgung

Maßgeblich für die passive Immunisierung der Kälber ist die Qualität des Kolostrums, die verabreichte Menge und der Zeitpunkt. Ziel ist die Verabreichung von mindestens 3 Litern Kolostrum innerhalb der ersten drei Lebensstunden. Zur Ermittlung des Erfolgs der Kolostrumversorgung wurde zum einen die Qualität des Kolostrums selbst mittels Handrefraktometer bestimmt und die vertränkte bzw. aufgenommene Menge dokumentiert. Am zweiten Lebenstag wurde von jedem Kalb der Versuchs- und Kontrollgruppe eine Blutprobe mittels Strauss Kanüle aus der gestauten *Vena jugularis externa* entnommen. Direkt nach der Entnahme wurde jede Blutprobe zentrifugiert und das Serum mittels Handrefraktometer untersucht. Anhand dieser Vorgehensweise wird der Gesamtproteingehalt im Serum bestimmt und der daraus hervorgehende Brix-Wert als Indikator für den Erfolg der Kolostrumversorgung bewertet. Die gemessenen Brix-Werte wurden nach den Vorschlägen von Godden et al.(2019) in die Kategorien „ausgezeichnet“, „gut“, „mittelmäßig“ und „schlecht“ eingeordnet (Tab. 7).

Tabelle 7 Einordnung der gemessenen Serum Brix-Werte gemäß den Vorschlägen von Godden et al.(2019).

Vorschlag Kategorie	Vorschlag IgG-Werte (g/l)	Entsprechende Serum Brix-Werte (%)	Anzustrebender Anteil Kälber je Kategorie (%)
Ausgezeichnet	≥ 25,0	≥ 9,4	> 40,0
Gut	18,0 - 24,9	8,9 - 9,3	~ 30,0
Mittelmäßig	10,0 - 17,9	8,1 - 8,8	~ 20,0
Schlecht	< 10,0	< 8,1	< 10,0

Speichelcortisol

Zur Bewertung des Stressniveaus wurde der Cortisolgehalt im Speichel aller Kälber bestimmt. Dazu wurde an jeweils drei Zeitpunkten (2., 10. und 15. Lebenstag) ein synthetischer Wattetupfer mit einer Klemme fixiert und den Kälbern zum Kauen angeboten. Die Kälber kauten rund 60 Sekunden auf dem Wattetupfer. Die Zeit wurde verdoppelt insofern keine ausreichende Durchfeuchtung des Tupfers erreicht wurde. Im Anschluss wurden die Proben bei -20°C gelagert und mittels ELISA Test Kits im Labor der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ausgewertet.

Gesundheitschecks

Zur Überwachung und Kontrolle der Gesundheit der Kälber wurden diese ab der Geburt bis zum 77. Lebenstag dreimal wöchentlich visuell in Augenschein genommen. Beurteilt wurden Allgemeinzustand, Kotverschmutzungen, Nase, die Ohren, Augen, Husten und Nabel. Außerdem wurden bei allen Kälbern im wöchentlichen Abstand die Atem- und Herzfrequenz sowie die Körpertemperatur bewertet. Die Beobachtung dieser Merkmale in der weiteren Aufzucht war nur durch Fixierung der Kälber möglich, was beide Frequenzen deutlich beeinflusste und nur wenig aussagekräftig war und teilweise eine deutliche Belastung für die Kälber darstellten. Folglich wurden diese Merkmale sowie die Körpertemperatur und Kotkonsistenz aus der Auswertung ausgeschlossen. Die Körpertemperatur wurde dennoch routinemäßig während des Wiegens bis zum Abtränken und bei gesundheitlichen Auffälligkeiten wir Durchfall gemessen und mit aufgezeichnet.

Statistische Auswertung

Deskriptive Statistik

Alle Merkmale wurden zunächst deskriptiv ausgewertet und im Hinblick auf Datenrestriktionen untersucht.

Für die Auswertung wurden die Daten nach nachfolgenden Kriterien gefiltert:

- Tränkeaufnahmen (n=149 Kälber)
 - Ausschluss der Tränketage mit Dokumentation von Eimertränke und Abrufen am Tränkeautomaten zwischen dem 1. und 14. Lebenstag
 - Ausschluss des 15. Lebensdays: Umstallen bedingt nicht eindeutige Dokumentation der Tränkeaufnahme an diesem Tag
 - Tränkeabrufe über dem Sollwert von 13,5 l je Tier und Tag, alle Tage mit Abrufen >16 l je Kalb und Tag ausgeschlossen
- Lebendgewicht (n=143 Kälber)

- Gewichte von Kälbern, die den Versuch vorzeitig verlassen haben bzw. bei denen Daten fehlten wurden in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt
- Behandlungen
 - Alle prophylaktischen Maßnahmen wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt
- Kolostrumversorgung (n=142 Kälber)
 - Ausschluss von Werten, die nicht am 2. Lebenstag gemessen wurden sowie bei fehlender Angabe der Tageszeit
- Speichelcortisol (n=122 Kälber)
 - Ausschluss aller Kälber, die mindestens einen fehlenden Speichelcortisolwert in mindestens einer Probe aufwiesen
- Gesundheitschecks (n=149 Kälber)
 - Alle Merkmale mit dreistufigen Bewertungsscores wurden auf Basis der wenigen Beobachtungen in der dritten Ausprägung auf ein binäres Bewertungssystem reduziert

Schließende Statistik

Alle Merkmale, ausgenommen die Behandlungen, wurden mit Hilfe statistischer Modelle ausgewertet. Die Datenstrukturen und Eigenschaften der Merkmale erforderten unterschiedliche Modelle, diese sind im Nachfolgenden dargestellt. Alle berücksichtigten Effekte wurden auf ihren Einfluss getestet und nur bei signifikantem Einfluss im Modell belassen.

Tränkeaufnahme

Für die Auswertung der Tränkeaufnahmen wurde die Tränkephase in zwei Abschnitte eingeteilt und jeweils mit linear gemischten Modellen ausgewertet. Das Merkmal der Tränkeaufnahmen in den ersten 14 Lebenstagen wurde unter Berücksichtigung der fixen Effekte Saison (Kalendermonat), Geschlecht (männlich, weiblich), Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe) und Alter (Lebenstag genestet in Gruppe) bewertet. Zusätzlich wurden die zufälligen Effekte des Kalbes und der Residuen berücksichtigt. Die Tränkeaufnahmen nach dem Umstallen wurde unter Berücksichtigung der fixen Effekte Saison (Kalenderwoche), Tränkeautomat, Rasse (schwarzbunt, Kreuzung), Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe) und der Tränkekurve als Polynom 3. Grades des Verlaufs der Tränkeaufnahme ($P_3 = \frac{1}{2} (5x^3 - 3x)$). Zusätzlich wurde die Interaktion zwischen der Saison und dem Tränkeautomaten als fixer Effekt berücksichtigt. Als zufällige Effekte flossen das Kalb und die Residuen in die Auswertung mit ein.

Tägliche Zunahmen

Zur Bewertung der Gewichtsentwicklung wurden die täglichen Zunahmen berechnet, die mittels linearen Modells ausgewertet wurden. Berücksichtigt wurden die fixen Effekte der Saison (sechs Zweimonatsklassen), der Rasse (schwarzbunt, Kreuzung), Geschlecht (männlich, weiblich) und Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe) berücksichtigt. Zudem floss die Interaktion der Effekt Rasse und Geschlecht mit in die Auswertung ein.

Kolostrumversorgung

Die Auswertung der Kolostrumversorgung wurde anhand der ermittelten Brix-Werte durchgeführt. Einbezogen wurden die Merkmale Kalbgeschlecht (männlich, weiblich) und Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe).

Speichelcortisol

Das Stressniveau wurde anhand der drei Speichelcortisolgehalte (nmol/l) ausgewertet. Getestet wurden die Gruppenunterschiede mittels Wilcoxon-Signed-Rank Test, da die Daten weder normalverteilt noch unabhängig waren. Zusätzlich wurde die Differenz zwischen Basalwert (Speichelprobe am 2. Lebenstag) und der Speichelprobe am 15. Lebenstag nach dem Umstallen verglichen. Bei allen Varianten wurde ausschließlich die Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe) als Einfluss berücksichtigt.

Gesundheitsscorings

Die visuellen Bewertungen des Gesundheitsstatus wurden mittels gemischten Schwellenwertmodellen ausgewertet. Diese ermitteln die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Auffälligkeit in den beschriebenen Merkmalen. Wie bei den Tränkeaufnahmen wurde die Auswertung separat für die Phasen 1. bis 14. und 15. bis 77. Lebenstag durchgeführt. Das Modell für die Phase 1. bis 14. Lebenstag enthielt die fixen Effekte der Saison (April - Juli 2024, August - November 2024, Dezember 2024 - Februar 2025), des Alters (in Lebenswochen), der Rasse (schwarzbunt, Kreuzung) und der Gruppe (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe). Für die Auswertung des Merkmals Nabel wurde zudem die Interaktion des Alters und der Saison berücksichtigt. Die Auswertung der Beobachtungen nach dem Umstallen in die weitere Aufzucht wurden mit dem gleichen Modell ausgewertet. Der fixe Effekt der Saison wurde jedoch angepasst und in die vier Dreimonatsklasse April - Juni 2024, Juli - September 2024, Oktober - Dezember 2024 und Januar - März 2025 eingeteilt.

2.2.13. Ergebnisse und Erkenntnisse (LK SH)

Tränkeaufnahmen 1. bis 14. Lebenstag

Zwischen dem 1. und 14. Lebenstag nahmen die Kälber der Versuchsgruppe im Mittel weniger Tränke je Tag auf als die Kälber der Kontrollgruppe (Abbildung 27). Dies verdeutlicht sich auch im Vergleich der Mittelwerte, so nahmen die Kälber der Versuchsgruppe mit 7.844 g rund 1.186 g weniger auf als die Kälber der Kontrollgruppe. Die Schwankungsbreite zeigte sich mit 2.737 g (Versuchsgruppe) und 2.805 g (Kontrollgruppe) auf einem sehr ähnlichen Niveau. Abbildung 3 zeigt zudem, dass die Kälber der Versuchsgruppe zum Zeitpunkt der Umstellung auf die alleinige Tränke am Tränkeautomaten am 4. Lebenstag weniger abgerufen wird als in den darauffolgenden Tagen.

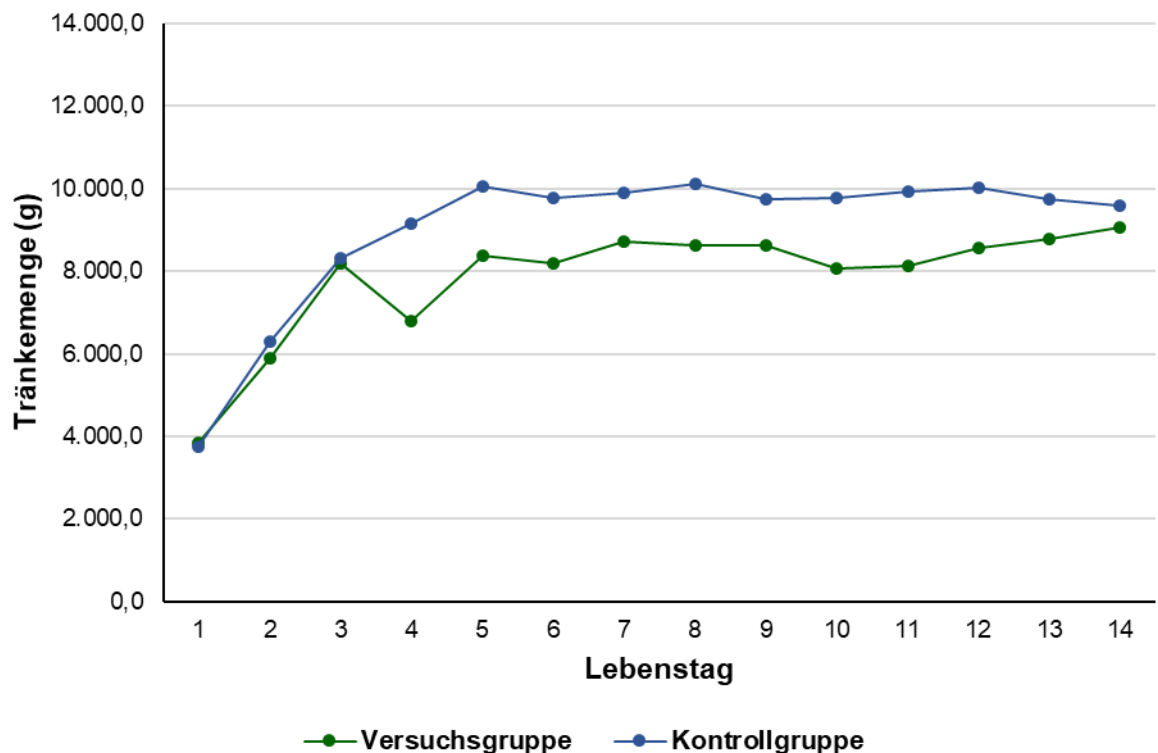


Abbildung 27 Verlauf der Tränkemengen in der Aufzuchtphase vom 1. bis 14. Lebenstag in Abhängigkeit der Gruppen.

In der schließenden Statistik bestätigt sich der deutliche Unterschied zwischen den Gruppen. Die Differenz der Least Square Means (LSMeans) der Versuchsgruppe (LSMean: 7.967 g) und Kontrollgruppe (LSMean: 8.992 g) war mit $p < 0,0001$ signifikant unterschiedlich.

Tränkeaufnahme 16. bis 77. Lebenstag

Nach dem Umstallen in die weitere Aufzucht nahmen die Kälber der Versuchsgruppe mit 9.364 g im Mittel mehr Tränke auf als die Kontrollgruppe mit 8.938 g (Abbildung 28). Die Tränkeaufnahmen schwankten mit 2.331 g (Versuchsgruppe) und 2.551 g (Kontrollgruppe) ähnlich um die jeweiligen Mittelwerte. Der Unterschied zwischen den Gruppen zeigt sich zudem in den LSMeans (Versuchsgruppe: 9.229 g; Kontrollgruppe: 8.784 g), die mit einer Differenz von 445 g signifikant unterschiedlich ($p = 0,007$) sind.

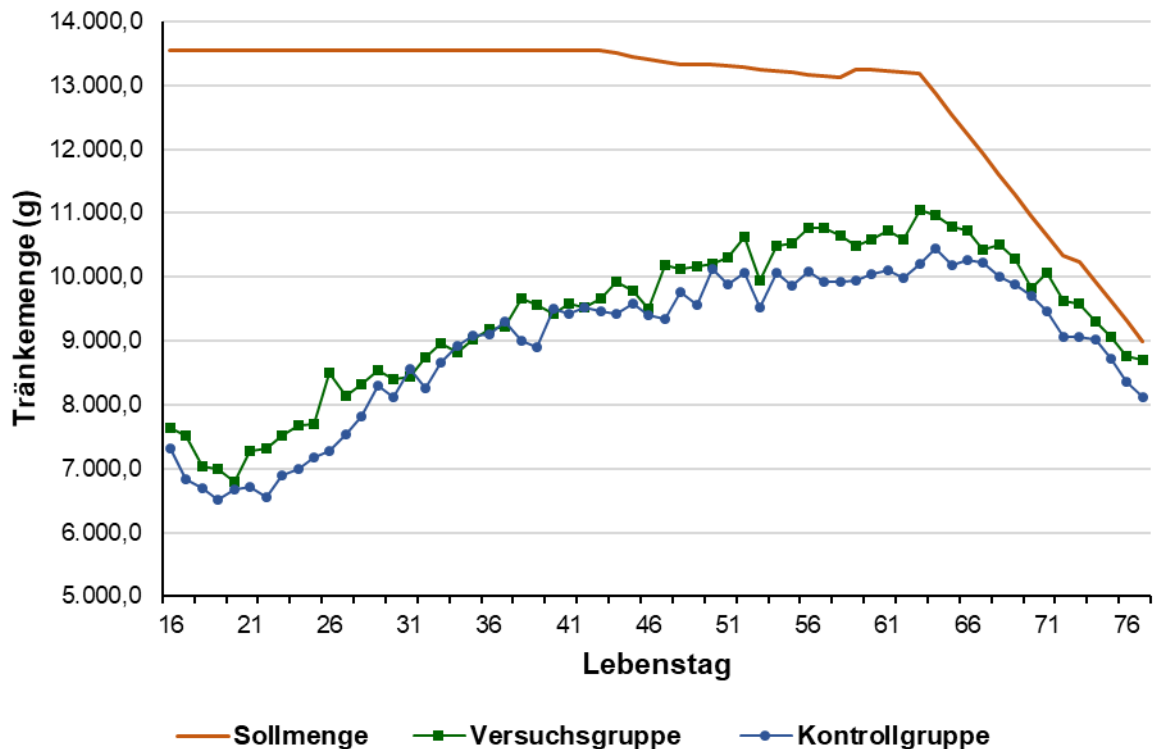


Abbildung 28: Zugrunde liegende Sollmenge und Tränkeabrufe zwischen dem 16. und 77. Lebenstag.

Tägliche Zunahmen

Die Gewichtsentwicklung zwischen der Geburt und dem 78. Lebenstag zeigte sich in beiden Gruppen identisch. Die Kälber der Versuchsgruppe nahmen im Mittel 1.113 g pro Tag zu, während die Kälber der Kontrollgruppe 1.115 g pro Tag zunahmen. Hier konnte kein signifikanter Einfluss der Aufzucht in den ersten 14 Lebenstagen auf die gesamte Gewichtsentwicklung festgestellt werden. Es zeigten sich jedoch erwartungsgemäß Unterschiede zwischen den Rassen und Geschlechtern. Schwarzbunte Kälber nahmen mit 1.081 g signifikant ($p < 0,0001$) weniger zu als Kreuzungskälber, die tägliche Zunahmen von 1.216 g zeigten. Kuhkälber nahmen mit 1.073 g pro Tag signifikant ($p < 0,0001$) weniger zu als Bullenkälber mit 1.216 g täglichen Zunahmen.

Kolostrumversorgung

Insgesamt wurden 37,0% der Kälber ($n=146$ in Versuchs- und Kontrollgruppe) in die Kategorie „ausgezeichnet“ eingeordnet, 22,6% waren „gut“ und 20,5% „mittelmäßig“ versorgt. Mit 29 Kälbern und damit 19,9% waren vergleichsweise viele Kälber gemäß Brix-Wert „schlecht“ mit Kolostrum versorgt (Tabelle 8). Dabei nahmen die Kälber der Versuchsgruppe im Mittel 2893 ml Kolostrum bei sehr guter Qualität gemessen am Brix-Wert von 27,9% in der Milch. Die Kontrollgruppe nahm hingegen 2777 ml Kolostrum auf und wies einen geringeren Brix-Wert von 24,1% auf, der dennoch einer guten Kolostrumqualität entspricht. Durch die leichten Qualitätsunterschiede können sich die Unterschiede in der Besetzung der Kategorien erklären.

Tabelle 8 Verteilung der Kälber auf die Kategorien der Kolostrumversorgung.

Kategorie	Serum (%)	Brix-Werte	Anteil Kälber (%)	
			Versuchsgruppe	Kontrollgruppe
Ausgezeichnet	≥ 9,4		46,6	27,1
Gut	8,9 - 9,3		21,9	22,9
Mittelmäßig	8,1 - 8,8		13,7	27,1
Schlecht	< 8,1		17,8	22,9

Insgesamt konnte jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die LSMeans der Serum Brix-Werte unterschieden sich mit 9,01% für die Versuchsgruppe und 8,77% für die Kontrollgruppe nicht.

Speichelcortisol

Die Bewertung des Stressniveaus aller Kälber zeigte, dass die Kälber der Versuchsgruppe einen mit 3,21 nmol/l niedrigeren Cortisolwert im Speichel aufwiesen als die Kälber der Kontrollgruppe (4,20 nmol/l). Die Vergleiche im Wilcoxon Signed Rank Test der einzelnen Probenahmezeitpunkte zeigte, dass sich die Basalwerte (Probe 1) signifikant unterschieden, die weiteren Proben zeigten keine signifikanten Unterschiede. In der dritten Probe zeigte sich eine Tendenz zum Vorteil der Versuchsgruppe. Auch die Bewertung der Differenz zwischen dem Basalwert und der dritten Probe ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Gesundheitsscorings

Innerhalb der ersten 14 Lebenstage wurden insgesamt 878 Gesundheitsscorings bei 149 Kälbern durchgeführt. Die Auswertung zeigte insgesamt nur wenige Auffälligkeiten (Abbildung 29), die sich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe nur im Merkmal Nasenausfluss signifikant unterschieden. Hier wiesen die Kälber der Versuchsgruppe mit 25,0 % signifikant mehr Auffälligkeiten auf als die Kälber der Kontrollgruppe (16,4 %).

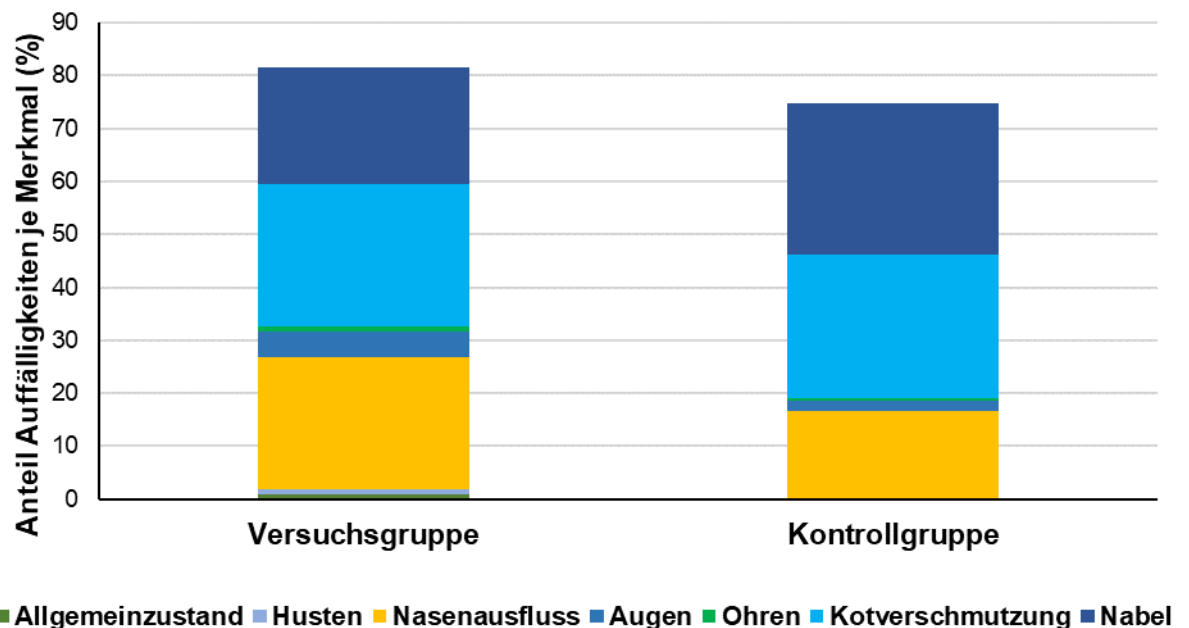


Abbildung 29 Anteil der Auffälligkeiten innerhalb der Merkmale Allgemeinzustand, Husten, Nasenausfluss, Augen, Ohren, Kotverschmutzung und Nabel innerhalb der ersten 14 Lebenstage.

Auch in der weiteren Aufzucht ab dem 15. Lebenstag zeigten sich in keinem der Merkmale viele Auffälligkeiten (Abbildung 30).

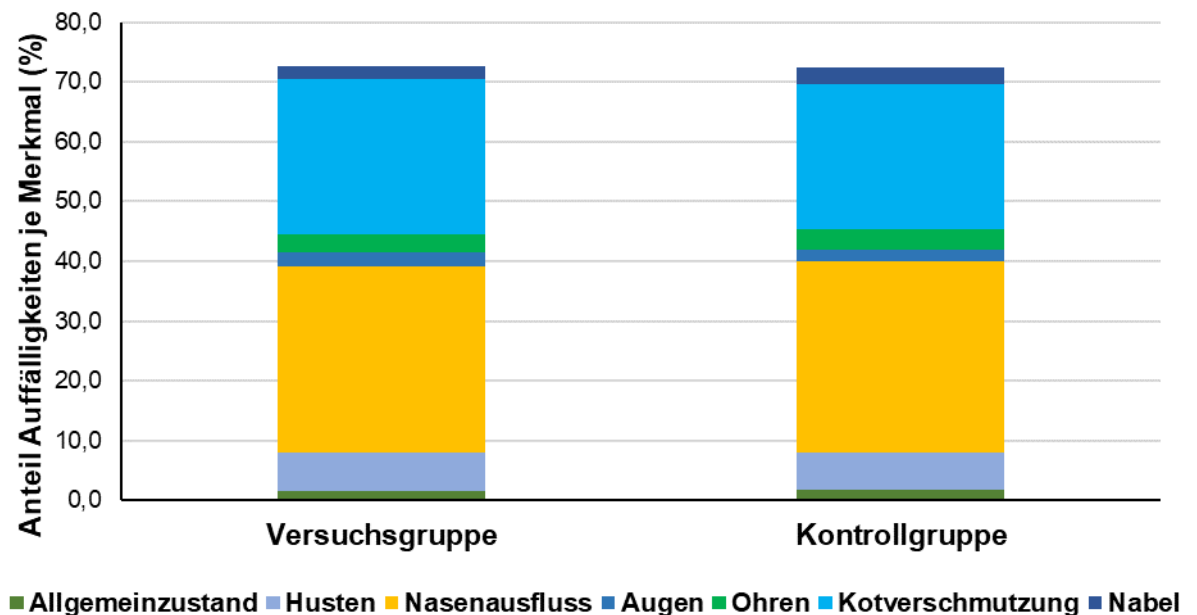


Abbildung 30 Anteil der Auffälligkeiten innerhalb der Merkmale Allgemeinzustand, Husten, Nasenausfluss, Augen, Ohren, Kotverschmutzung und Nabel zwischen dem 15. und 77. Lebenstag.

In dieser Aufzuchtphase zeigte sich in keinem der Merkmale ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

2.2.14. Interpretation der Ergebnisse (LK SH)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Das Standardaufzuchtverfahren für Kälber bis zum Erreichen des 14. Lebenstages ist die Einzelhaltung. Insbesondere die Hygiene und die praktikable Einzelversorgung mit Milchtränke über den Nuckeleimer sind Argumente für diese Aufzuchtform. Das Kalb als Herdentier hat jedoch auch in diesem frühen Lebensabschnitt einen Anspruch auf das Leben in der Gruppe. Die frühe Haltung von Kälbern in Kleingruppen kann dieses gewährleisten und so ein Mehr an Tierwohl generieren obwohl möglicherweise ein Zielkonflikt im Hinblick auf die Haltungshygiene und Tiergesundheit bestehen könnte. Die Beobachtungen am LVZ Futterkamp zu dieser Fragestellung zeigten keine herausstechenden negativen Effekte auf die Kälber, die sowohl im Wachstum als auch der Gesundheit auf dem gleichen Niveau waren wie die einzeln gehaltenen Kälber. Ein Vorteil der frühen Gruppenhaltung insbesondere in Kombination mit automatischer Tränketeknik ist zudem der Zugewinn an Arbeitswirtschaftlichkeit in der Kälberversorgung. Aus praktischer Sicht ist das am LVZ Futterkamp genutzte System vergleichsweise einfach nachzubilden und zum Misten und Reinigen einfach abzubauen. Für die Fragestellung bezüglich optimierter Aufzucht zu Mast, kann keine Aussage getroffen werden. Die bis zum 6. Lebensmonat aufgezogenen Bullenkälber zeigten gute Gewichtsentwicklungen, konnten aber nach dem Verkauf aufgrund der kurzen Projektlaufzeit nicht weiter begleitet werden.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Der Vergleich der Kälber aus früher Gruppenhaltung mit einzeln aufgezogenen Kälbern zeigt in den bewerteten Parametern zu Tränkeaufnahme, Wachstum, Gesundheit und Stressniveau keinen wesentlichen Vorteil für die Einzelhaltung. Den Kälbern aus früher Gruppenhaltung wird jedoch vergleichsweise früh ermöglicht, das artgemäße Verhalten ausgelebt wird. Insbesondere unter dem Aspekt, dass es der Mehrzahl an Betrieben nicht möglich ist, Kuh und Kalb länger zusammen zu lassen, bietet die frühe Kleingruppenhaltung eine Option Kälbern das Leben in der Gruppe frühzeitig zu ermöglichen. Gemäß den vorliegenden Ergebnissen führt dieses Verfahren nicht zu einem erhöhten Krankheitsaufkommen. Die subjektive Beobachtung zeigt jedoch häufiges Spielen und viel Aktivitäts- sowie Sozialverhalten zwischen Kälbern, was in der Einzelhaltung nicht möglich ist. Allgemein ist das hier getestete Aufzuchtssystem bei gutem Management als vorteilhaft für die Kälber zu bewerten.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Bewertung der emittierenden Fläche zeigt deutlich, dass sich diese im Bereich der frühen Gruppenhaltung vergrößert. Allerdings sind die Umweltwirkungen Kälberaufzucht auch maßgeblich durch die Leistung und das Wohlbefinden der Kälber beeinflusst. Das Tierwohl der Kälber verbessert sich durch die Haltung in der Kleingruppe und sorgt so insgesamt für eine erfolgreichere Aufzucht. Je erfolgreicher die Aufzucht, desto geringer fallen negative Umweltwirkungen aus.

d) Sonstige Erkenntnisse

Allgemein zeigt sich die Kleingruppenhaltung in dieser Form als vorteilhaft für die Kälber. Aber auch arbeitswirtschaftlich zeigen sich positive Effekte, da weniger z.B. Arbeitszeit für die Bereitstellung und Reinigung der Nuckeleimer aufgewendet werden muss. Zudem zeigt sich ein positiver Effekt durch den Einsatz von 2 Tränkeplätzen nebeneinander, denn die Kälber lernen sich darüber gewissermaßen gegenseitig am Tränkeautomaten an. Durch den Einsatz der gleichen Tränketechnik im Holsteiner Kälberstall wird auch hier nur wenig Arbeitseinsatz zum Anlernen der Kälber am Tränkeautomaten benötigt.

2.2.15. Zusammenfassung (LK SH)

Die frühe Haltung von Kälbern in der Kleingruppe zeigte sich in den Untersuchungen am LVZ Futterkamp durchweg als praktikable Lösung für die Aufzucht bis zum 14. Lebensstag. Die Kälber zeigen sich von ihrem Gesundheitsstatus, ihrer Tränkeaufnahme und Gewichtsentwicklung genauso wie einzeln aufgezogene Kälber. Zusätzlich zeigen sich subjektiv positive Verhaltensweisen wie Spiel- und Aktivitätsverhalten, welche in der Einzelhaltung nicht ermöglicht werden können, aber als wichtiges Element des Tierwohls zu betrachten sind. Weiterhin integrieren sich die Kälber aus früher Gruppenhaltung vergleichsweise leicht in die Gruppen der weiteren Aufzucht und zeigen ein insgesamt niedrigeres Stressniveau. Die insgesamt gute Aufzuchtleistung ist sowohl für zukünftige Milchkühe als auch für zukünftige Mastbullen zu beobachten. Zusammenfassend kann mit Hilfe von standardmäßigen Kälberiglus der Einstieg in die frühe Gruppenhaltung von Kälbern erfolgen. Der bauliche Aufwand ist vernachlässigbar, dennoch sind Investitionskosten für Tränketechnik zu erwarten. Durch das Mehr an

Tierwohl kann jedoch eine erfolgreichere Aufzucht erwartet werden, die sich zusätzlich positiv auf die tierbezogenen Umweltwirkungen auswirkt.

2.2.16. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK SH)

Artikel

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2022): Projekt InnoRind ist in Futterkamp gestartet, Bauernblatt Ausgabe 49/2022, Rubrik: Rinder Aktuell

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2023): Frühe Gruppenhaltung von Kälbern, Bauernblatt Ausgabe 30/2023, Rubrik: Rinder Aktuell

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): Die Beprobungen im Projekt InnoRind laufen, Bauernblatt Ausgabe 18/2024, Rubrik: Rinder Aktuell

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): Die Probennahmen im Projekt InnoRind laufen seit einem halben Jahr am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Bauernblatt, Ausgabe 43/2024, Rubrik: Rinder Aktuell

Vorträge

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2023): Baulehrschautag InnoRind – AG 1 Kälber, 09.11.2023. Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): InnoRind allgemein und explizit – Futterkamp Darstellung, 29.05.2024, ZIEL SH, Grüne Innovationstage 2024, Steinwehr

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2025): InnoRind allgemein und explizit – Futterkamp Darstellung, 13.01.2025, LKV-Kreiskontrollvereinsversammlungen 2025, KKV Schleswig, Silberstedt

Dr. Dittrich, Imme (2025): InnoRind: AG Kalb Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp – Erste Ergebnisse, 10.07.2025, Projekttreffen InnoRind, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp

Dr. Dittrich, Imme (2026): Kalben und Aufwachsen in der Gruppe: Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind, 13.01.2026, LKV-Kreiskontrollvereinsversammlungen 2026, KKV Ostholstein, Lensahn

Dr. Dittrich, Imme (2026): Früh in die Gruppe – Futterkamper Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind, 15.01.2026, Baulehrschautag „Aus der Praxis - für die Praxis: Frühe Gruppenhaltung von Kälbern“, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp

Dr. Dittrich, Imme (2026): Frühe Kleingruppenhaltung am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Gemeinsam Fit – Kälberaufzucht neu gedacht, 20.01.2026, Abschlussveranstaltung InnoRind, Berlin

Dr. Dittrich, Imme (2026): Frühe Kleingruppenhaltung am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Gemeinsam Fit – Kälberaufzucht neu gedacht, 29.01.2026, Webinarreihe InnoRind, Online

Geplante Artikel

Dr. Dittrich, Imme (2026): Früh in die Gruppe – Futterkamper Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind (**Titel vorl.**), Bauernblatt, Ausgabe XX/2026, Rubrik: Rinder Aktuell

2.2.17. Durchführung (LK NRW)

Zitierweise: Schmitz K, Janknecht G (2026) AG 1 Kälber. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 66 - 79.

a) Arbeitspakete

Die konkrete Planung der Versuche startete im März 2023. In Absprache mit den anderen Projektpartnern der AG Kälber und nach Sichtung der vorhandenen Literatur ist ein Versuchsaufbau entwickelt worden. Im Juni 2023 begann die praktische Durchführung der Versuche. Die Datenerfassung des ersten Versuchsdurchgangs dauerte bis in den April 2024. Der zweite Durchgang startete im Juni 2024 und erstreckte sich bis in den Februar 2025. Am Ende des zweiten Durchgangs schloss sich dann die finale Datenauswertung und Interpretation der Ergebnisse an, welche bis Juni 2025 abgeschlossen wurden. Der Juli 2025 wurde zur Verbreitung der Ergebnisse an die Öffentlichkeit genutzt.

b) Material und Methoden

Versuchstiere und deren Haltung

Die Versuche wurden mit der weiblichen und männlichen Nachzucht der Rasse Deutsche Holsteins des Versuchs- und Bildungszentrum Haus Riswick durchgeführt. Kälber aus Zwillingsträchtigkeiten wurden von den Versuchen ausgeschlossen.

Unmittelbar nach der Geburt wurden die Versuchstiere aus dem Abkalbestall in Einzelboxen oder Einzelgäulen mit Stroheinstreu eingestallt. Für jedes Kalb wurde das Geburtsgewicht (Plattformwaage: Xtrem-Penguin EP-1,5T, Waagenet AF GmbH, Deutschland, Ablesbarkeit 200g), sowie die Biestmilchaufnahme dokumentiert. In der ersten Lebenswoche erfolgte eine routinemäßige Versorgung mit Eisen, Vitamin E, Selen und B-Komplex mittels subkutaner Injektion. Die Kälber erhielten in den ersten beiden Lebenstagen Biestmilch ad libitum und anschließend 8 l angesäuerte Milchaustauschertränke (MAT) pro Tag mit einer Konzentration von 160 g MAT/l, d.h. 1,28 kg MAT/Tag. Der MAT Milkivit Platinum S enthält 40 % Magermilchpulver, 22 % Rohprotein und 16 % Rohfett. Beim Anrühren der angesäuerten MAT-Tränke ist zu beachten, dass bei 8 kg Wasser 1,3 kg MAT ($8 \times 0,160$ kg MAT) hinzugeführt wird, sodass die Kälber täglich 9,3 kg Tränke bekamen. Die Mischung wurde mit einer 85-prozentigen Ameisensäure versetzt, sodass ein pH-Wert der Milchtränke von 5,0 erzielt wurde. Ab dem 43. Lebenstag wurden die Kälber linear bis zum 70. Tag abgetränkt. Zusätzlich erhielten die Tiere eine Trockenmischration, bestehend aus 87 % pelletiertem Kälberkraftfutter (Zusammensetzung: Weizen 30%, Rapsextraktionsschrot 26,7%, Mais 20%, Rübenmelasseschnitzel 9%, Leinsamen 6,4%, Vinasse (Rübe) 3%, Bierhefe 2,5%, Calciumcarbonat 1,3%, Natriumchlorid 0,5%) und 13 % gehäckseltem, entstaubtem Gerstenstroh. Ab dem 70. Lebenstag wurde zusätzlich eine aufgewertete Mischration der Milchkühe zur freien Aufnahme bereitgestellt. Die Futterumstellung erfolgte gruppenweise auf Basis des Durchschnittsalters in der Gruppe.

Versuchsaufbau

Die Studie umfasste zwei Durchgänge mit jeweils 122 bzw. 123 Kälbern. Die Tiere wurden zufällig auf vier Haltungsformen verteilt, sodass pro Haltung und Durchgang jeweils etwa 30 Kälber untersucht wurden. Die Haltungsformen umfassten zum einen Einzel- und Paarhaltung

in Topcalf-Boxen (Abb. 31) und zum anderen Einzel- und Kleingruppenhaltung in Iglus unter Verandasystemen (Abb. 32).



Abbildung 31: Foto eines 4er Topcalf System



Abbildung 32: Foto der Verandasysteme mit Einzel- und Kleingruppeniglus

Die Topcalf-Boxen verfügten über herausnehmbare Trennwände. Beim Pairing wurde am 3. Lebenstag des jüngeren Kalbes die Zwischenwand entfernt, sodass die Kälber gemeinsam gehalten wurden. Insgesamt standen zwei 4er (Quattro Kalberhütte) und eine 3er Einheit (Trio Kälberhütte) des Topcalf-Systems zur Verfügung. Für die Iglu-Haltungen wurden neun Einzeliglus unter einer Veranda (KälberGarten, Holm & Laue GmbH & Co. KG) sowie zwei Kleingruppeniglus (für je bis zu fünf Kälber) unter einer zweiten Veranda (MulitMaxVeranda, Holm & Laue GmbH & Co. KG) genutzt. Im ersten Durchgang verblieben die Kälber in der Kleingruppenhaltung mindestens sieben Tage in Einzelhaltung, bevor sie zu viert in ein Kleingruppeniglu eingestallt wurden. Im zweiten Durchgang erfolgte die Umstallung bereits nach drei Lebenstagen. Kälber in reiner Einzelhaltung verblieben während der gesamten ersten Haltungsphase ohne Umstallung in ihrer Einzelbox bzw. im Einzeliglu. Nach Abschluss der ersten Haltungsphase wurden alle Tiere in eine Großgruppe mit 17 Kälbern sowie Tränkeautomat (VARIO smart, Förster-Technik GmbH, Engen, Deutschland) umgestallt. Dieser Übergang erfolgte im ersten Durchgang nach vier Wochen und im zweiten bereits nach zwei Wochen (Abb. 33).

	Lebenswoche												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Biest	8 L MAT					Abtränken						
Topcalf	Einzelhaltung				Gruppenhaltung								
Topcalf		Paarhaltung				Gruppenhaltung							
Veranda	Einzelhaltung				Gruppenhaltung								
Veranda		Kleingruppenhaltung				Gruppenhaltung							

Abbildung 33: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus im 1. Durchgang

Datenerfassung

Neben der Dokumentation von Geburtsgewicht und Biestmilchaufnahme wurden die täglichen MAT-Aufnahmen erfasst – zunächst händisch mithilfe der Tränkeemerkalierung, später über die Software des Tränkeautomaten. Je nach Haltungssystem erfolgte die Erfassung tierindividuell oder als Durchschnittswert innerhalb der Kleingruppe.

Die Kälber wurden zu folgenden Zeitpunkten gewogen:

- zur Geburt,
- bei Umstallung in die Großgruppe (im 2. Durchgang zusätzlich am 28. Lebenstag),

- am 42. Lebenstag (Beginn der Abtränkphase),
- sowie am 70. Lebenstag (Abtränken).

Die Wiegetage waren montags und donnerstags. Falls der entsprechende Lebenstag, an dem gewogen werden musste, nicht auf einen Montag oder Donnerstag fiel, wurde immer der Wiegetag gewählt, der näher am korrekten Lebenstag lag. Da der Samstag gleich weit vom Montag und Donnerstag entfernt liegt, wurden die Kälber montags gewogen, falls sie samstags ihren entsprechenden Lebenstag erreicht hatten. Diese Wiegunen erfolgten mit einer mobilen Kälberwaage (WeightControl Single, Holm & Laue GmbH & Co. KG, Deutschland).

Während der ersten Haltungsphase wurde zweimal wöchentlich (montags und donnerstags) ein standardisiertes Gesundheitsscoring durchgeführt. Bewertet wurden die Parameter Allgemeinzustand, Augen, Ohren, Nasenausfluss, Husten, Nabel, Kotverschmutzung und Kotkonsistenz. Die Bewertung erfolgte anhand eines dreistufigen Scores (0 = unauffällig, 1 = leicht auffällig, 2 = stark auffällig). Zusätzlich wurde die rektale Körpertemperatur erfasst.

Zur Bestimmung der Stresstoleranz wurden in Kooperation mit der Hochschule Rhein-Waal (HSRW) Speichelproben mithilfe eines Tupfers (Salivetten) aus dem Kälbermaul zur Cortisolbestimmung entnommen. Die Proben wurden jeweils:

- in der Mitte der ersten Haltungsphase (am 14. bzw. 7. Lebenstag vormittags),
- sowie 45 Minuten vor und 45 Minuten nach dem Umstallen in die Großgruppe (am 28. bzw. 14. LT vormittags)

genommen. Im Anschluss daran wurden die Salivetten zentrifugiert und der gewonnene Speichel umgefüllt und tiefgefroren bis zur Untersuchung durch die HSRW. Die Analyse erfolgte mit dem Kit „Cortisol Saliva ELISA“ von Tecan (REF: RE52611). Es ist ein kompetitiver ELISA, bei dem die unbekannte Menge an Antigen in der Probe und eine bekannte Menge an enzymmarkiertem Antigen um die Bindungsstellen des Antikörpers an den Wells konkurrieren. Auf eine 96-Well-Platte wurde jede Probe als Doppelbestimmung aufgetragen. Pro Platte konnten die drei Speichelproben von 13 Tieren analysiert werden. Zusätzlich wurde eine Speichelprobe aufgrund ihrer verfügbaren Menge ausgewählt, die als Doppelbestimmung auf die verbleibenden zwei Wells aufgetragen wurde, um die Ergebnisse der Platten vergleichbar zu machen. Diese wurde zwischen den Analysetagen im Kühlschrank bei 4°C mit den Kits gelagert. Allerdings wurde diese nicht auf der letzten Platte vom 30.06.2025 angewendet, da die Analyse zu weit von den vorherigen Analysen entfernt lag und die „Haltbarkeit“ der Speichelprobe nicht mehr gegeben war (laut Kit-Manual können Speichelproben bei 2-8°C für 7 Tage gelagert werden). Alle Proben und Reagenzien wurden zur Analyse Manual-konform auf Raumtemperatur gebracht. Die optische Dichte (Farbintensität) wurde mit dem Spektrophotometer „Thermo Scientific Multiskan Go“ bei einer Wellenlänge von 450 nm gemessen. Die Analysen wurden am 05., 06., 07. und 30.06.2025 durchgeführt.

Zudem installierte die HSRW Kameras zur Verhaltensbeobachtung an den verschiedenen Haltungssystemen. Im zweiten Durchgang wurden ergänzend bei einem Teil der Kälber HOBO-Logger an den Hinterbeinen angebracht.

Die Beobachtung der Tiere endete mit der letzten Wiegung und Erfassung der Tränkemenge am 70. Lebenstag.

Statistische Analyse

Die erhobenen Daten wurden mit der Programmiersprache R (R Core Team, 2024) in der Entwicklungsumgebung RStudio (RStudio Team, 2023) statistisch ausgewertet.

Für den Vergleich der Gesundheitsdaten zwischen den verschiedenen Haltungsvarianten wurden in beiden Durchgängen jeweils die Mittelwerte der Gesundheitsparameter pro Tier und Haltungsvariante berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels nichtparametrischer Kruskal-Wallis-Tests. Für Parameter mit signifikanten oder tendenziellen Unterschieden wurden anschließend post-hoc Mehrfachvergleiche mit dem Dunn-Test unter Anwendung der Bonferroni-Korrektur durchgeführt, um spezifische Paarvergleiche zwischen den Haltungsvarianten zu identifizieren. Die Effektstärken wurden nach Cohen berechnet.

Zur Analyse der Tageszunahmen im ersten Durchgang wurden zwei lineare gemischte Modelle (LMM) angepasst: eines für die gesamte Tränkeperiode und eines für den ersten Haltungsabschnitt mit den unterschiedlichen Haltungsvarianten. Diese Modelle enthielten als feste Effekte die Haltungsvariante, das Geschlecht, die durchschnittliche Tränkemenge sowie verschiedene mittlere Werte gesundheitlicher Auffälligkeiten. Um die wiederholten Messungen innerhalb der einzelnen Tiere zu berücksichtigen, wurde die individuelle Tier-ID (LOM) als Zufallseffekt modelliert. Die Parameterschätzung erfolgte mittels eingeschränkter Maximum-Likelihood-Schätzung (REML):

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + F_n + u_o + \varepsilon_{ijklmn}$$

Mit:

$Y_{(ijklmn)}$: Tageszunahme im Zeitraum 0–70 (oder 0-28) Tage

μ : Gesamtmittelwert

A_i : fixer Effekt der Haltungsform

B_j : fixer Effekt des Geschlechts

C_k : fixer Effekt der durchschnittlichen Tränkemenge im Zeitraum 0-28 Tage

D_l : fixer Effekt der durchschnittlichen Tränkemenge im Zeitraum 28–70 Tage (nur im Modell für gesamten Beobachtungszeitraum)

E_m : fixer Effekt der mittleren Hustenbewertung

F_n : fixer Effekt der mittleren Nabelbewertung

u_o : zufälliger Interzept für Tier-ID (LOM)

$\varepsilon_{(ijklmn)}$: Residualfehler

Die Modellannahmen wurden anhand von Residuen- und Quantil-Quantil-Plots geprüft, und die Modellgüte wurde mit marginalem (R^2_m) und konditionalem R^2 (R^2_c) nach Nakagawa & Schielzeth (2013) bewertet. Die Wahl eines linearen gemischten Modells für den ersten Durchgang erfolgte, da die Tageszunahmen hier näherungsweise normalverteilt waren und die hierarchische Datenstruktur mit wiederholten Messungen pro Kalb eine gemischte Modellierung notwendig machte. Für beide Modelle wurden die standardisierten Effektstärken (β) der Fixeffekte berechnet.

Im zweiten Durchgang hingegen zeigten die Tageszunahmen eine ausgeprägte Schiefe und wichen deutlich von der Normalverteilung ab. Deshalb wurde für die Analyse ein generalisiertes lineares Mischmodell (GLMM) mit Gamma-Verteilung und logarithmischem Link gewählt, welches die nicht-normalverteilten, positiv schiefen Daten besser abbildet und eine angemessene Modellierung der Varianzstruktur ermöglicht. Die festen und zufälligen Effekte entsprachen denen des ersten Durchgangs:

$$\log(Y_{ijklm}) = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + u_n + \varepsilon_{ijklm}$$

Mit:

$Y_{(ijklm)}$: Tageszunahme im Zeitraum 0–70 Tage (abhängige Variable, gamma-verteilt)

$\log(\dots)$: Logarithmische Linkfunktion

μ : Gesamtmittelwert (Intercept auf Log-Skala)

A_i : fixer Effekt der Haltungsform

B_j : fixer Effekt der durchschnittlichen Tränkemenge im Zeitraum 0-14 Tage

C_k : fixer Effekt der durchschnittlichen Tränkemenge im Zeitraum 14–70 Tage

D_l : fixer Effekt des Geschlechts

E_m : fixer Effekt des Geburtsgewichts

u_n : zufälliger Interzept für Tier (LOM)

$\varepsilon_{(ijklm)}$: Residualfehler (Gamma-Verteilung mit log-Link)

Für den ersten Haltungsabschnitt im zweiten Durchgang wurde ergänzend ein generalisiertes lineares Modell (GLM) mit normalverteilter Fehlerstruktur verwendet, da die Daten in diesem eingeschränkten Zeitraum besser den Voraussetzungen eines linearen Modells entsprachen und eine einfachere Modellstruktur zuließen. Für diese beiden Modelle wurden ebenfalls die standardisierten Effektstärken (β) der Fixeffekte berechnet.

Des Weiteren wurden die Tageszunahmen zwischen den beiden Durchgängen für die Zeiträume 0–28 Tage, 28–42 Tage, 42–70 Tage sowie 0–70 Tage aufgrund von fehlender Normalverteilung mit Kruskal-Wallis und Mann-Whitney-U-Tests verglichen. Effektstärken wurden nach Cohen berechnet.

Zur Analyse der Unterschiede im Cortisolspiegel zwischen den Haltungsformen wurde, ebenfalls aufgrund von fehlender Normalverteilung, auf Kruskal-Wallis-Tests zurückgegriffen. Auf diese folgten paarweise post-hoc-Vergleiche mit dem Dunn-Test unter Anwendung der Bonferroni-Korrektur. Unterschiede zwischen den beiden Versuchsdurchgängen wurden mit Wilcoxon-Rangsummentests überprüft und Effektstärken nach Cohen berechnet.

Für alle statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ zugrunde gelegt. Eine Tendenz lag zwischen $0,05 < p < 0,1$ vor.

2.2.18. Ergebnisse und Erkenntnisse (LK NRW)

Erster Durchgang

Gesundheit

Im ersten Durchgang zeigten sich bei der Häufigkeit von Nasenausfluss signifikant höhere Werte in der Kleingruppe im Vergleich zu den drei anderen Haltungsformen (Iglu einzeln, Topcalf einzeln und Topcalf Pairing; alle $p < 0,05$). Die berechneten Effektstärken (Cohen's d) lagen jeweils bei $d = 0,524$ (moderater Effekt) für den Vergleich Kleingruppe vs. Topcalf einzeln und Kleingruppe vs. Topcalf Pairing sowie bei $d = -0,524$ (moderater Effekt) für Kleingruppe vs. Iglu einzeln (Abb. 34).

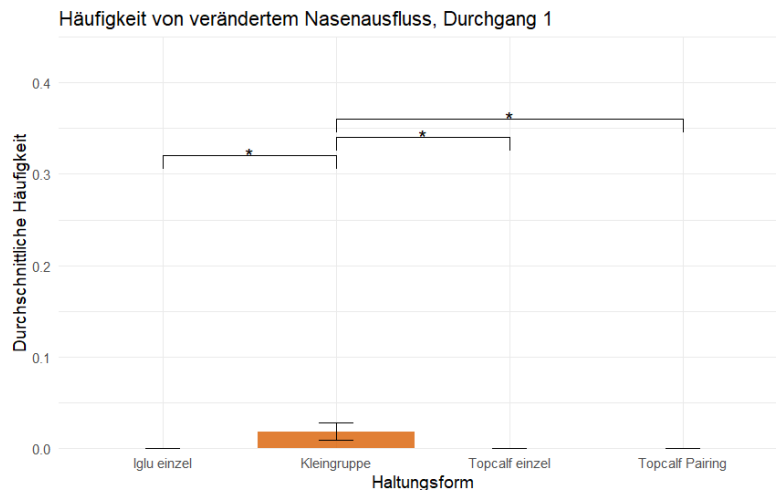


Abbildung 34: Mittelwerte mit Standardfehlern nach Haltungsvariante für Gesundheitsparameter Nasenausfluss im 1. Durchgang, Mit * sind signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Haltungsgruppen gekennzeichnet.

Außerdem zeigten sich bei der rektalen Körpertemperatur signifikant höhere Werte in der Topcalf Pairing-Gruppe im Vergleich zu den anderen Haltungsformen (Iglu einzeln: $p = 0,00016$, Kleingruppe: $p = 0,0024$, Topcalf einzeln: $p < 0,001$). Zudem unterschieden sich Topcalf einzeln und Kleingruppe signifikant ($p = 0,0078$). Die berechneten Effektstärken (r) lagen zwischen 0,11 (Kleingruppe vs. Topcalf einzeln) und 0,23 (Topcalf einzeln vs. Topcalf Pairing) und zeigen überwiegend kleine bis moderate Effekte (Abb. 35).

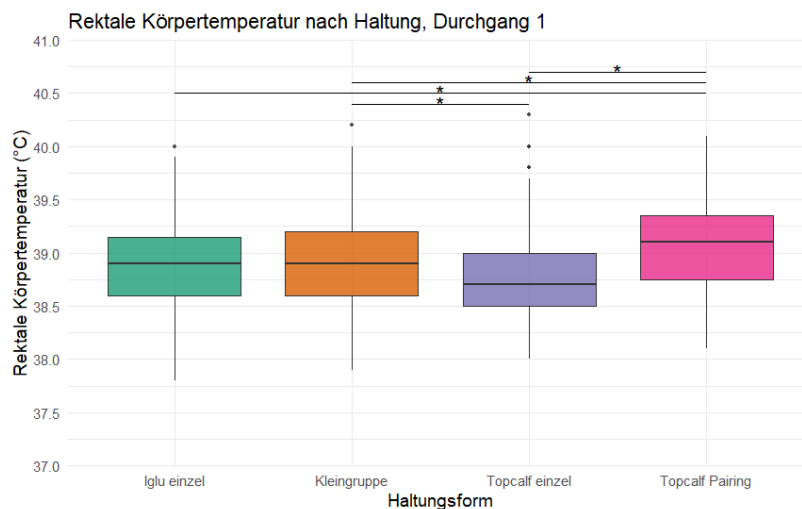


Abbildung 35: Rektale Körpertemperatur je Haltung, Durchgang 1. Mit * sind signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Haltungsgruppen gekennzeichnet.

Tageszunahmen

Das Modell für die gesamte Tränkeperiode im ersten Durchgang zeigte signifikante Einflüsse mehrerer Prädiktoren auf die durchschnittliche Tageszunahme der Kälber. Insbesondere war das Geschlecht mit einem signifikanten Effekt auf die Gewichtszunahme verbunden ($\beta = -0,094$, $p < 0,001$), was eine große Effektstärke mit einem standardisierten Koeffizienten von $-0,90$ widerspiegelt. Die Haltung in der Gruppe „Topcalf Pairing“ zeigte ebenfalls eine signifikante Abweichung gegenüber der Haltung im Einzeliglu ($\beta = -0,059$, $p = 0,031$), mit einer moderaten Effektgröße (standardisierter Koeffizient $\approx -0,56$). Die Gruppe „Kleingruppe“ wies einen ähnlich moderaten Effekt auf ($\beta = -0,053$, $p = 0,054$; standardisierter Koeffizient $\approx -0,51$),

wobei der p-Wert nur eine Tendenz zeigte. Die Haltung „Topcalf einzeln“ zeigte einen signifikanten, aber nicht so starken Effekt ($\beta = -0,026$, $p = 0,316$; standardisierter Koeffizient $\approx -0,25$). Die durchschnittliche Tränkmenge im ersten Haltungsabschnitt hatte einen positiven Einfluss auf die Gewichtszunahme ($\beta = 0,068$, $p = 0,009$; standardisierter Koeffizient $\approx 0,28$), während die durchschnittliche Tränkmenge im Zeitraum 28–70 Tage keinen signifikanten Effekt zeigte ($\beta = -0,008$, $p = 0,759$). Gesundheitliche Auffälligkeiten zeigten unterschiedliche Effekte: Ein höherer durchschnittlicher Hustenwert war mit einer deutlichen Reduktion der Tageszunahme verbunden ($\beta = -1,70$, $p = 0,009$; standardisierter Koeffizient $\approx -0,23$), während der Effekt von Nabelproblemen nur einen schwach negativen Trend zeigte ($\beta = -0,23$, $p = 0,088$). Alle anderen Gesundheitsparameter hatten keinen signifikanten Einfluss und wurden daher nicht im Modell berücksichtigt. Die zufällige Varianzkomponente für die Tier-ID war vergleichsweise gering (Standardabweichung = 0,083), was auf eine geringe individuelle Varianz über die gemessenen Zeitpunkte hinweist. Die paarweisen Kontrastvergleiche der Haltungsformen zeigten keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Tageszunahme zwischen den Gruppen (alle $p > 0,13$). Trotz signifikanter Effekte einzelner Haltungsformen im Modell konnten somit auf paarweiser Vergleichsebene keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungsformen bestätigt werden (Tabelle 9 & 11).

Tabelle 9: Tageszunahme (kg/Tag) im Zeitraum 0–70 Tage nach Haltungsform, Durchgang 1

Haltungsform	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Iglu einzeln	25	0,827	0,110	0,65	1,03
Kleingruppe	23	0,783	0,110	0,60	0,99
Topcalf Pairing	26	0,773	0,083	0,60	0,90
Topcalf einzeln	27	0,776	0,110	0,59	1,00

Das Modell zur Gewichtszunahme in den ersten 28 Lebenstagen zeigte ebenfalls signifikante Einflüsse einzelner Prädiktoren auf die durchschnittliche Tageszunahme der Kälber. Die durchschnittliche Tränkmenge hatte einen deutlichen positiven Effekt auf die Gewichtszunahme ($\beta = 0,182$, $p < 0,001$), mit einer standardisierten Effektstärke von 0,53, was einem großen Effekt entspricht. Das Geburtsgewicht war signifikant negativ mit der Gewichtszunahme assoziiert ($\beta = -0,006$, $p = 0,025$; standardisierter Koeffizient = $-0,21$), was darauf hindeutet, dass leichter geborene Kälber in der frühen Phase stärker zunehmen. Das Geschlecht zeigte keine signifikante Assoziation ($\beta = -0,043$, $p = 0,13$; standardisierter Koeffizient = $-0,29$), weibliche Kälber wiesen tendenziell geringere Zunahmen auf. Die Haltung hatte keinen signifikanten Haupteffekt im Modell ($p = 0,45$ bis $0,52$), zeigte jedoch moderate standardisierte Effektstärken: Die Haltung „Kleingruppe“ wies mit einem standardisierten Koeffizienten von 0,16 den größten Unterschied gegenüber der Referenzgruppe („Iglu einzeln“) auf, gefolgt von „Topcalf Pairing“ (0,11) und „Topcalf einzeln“ (0,18). Die Gesundheitsparameter zeigten keine signifikanten Einflüsse (alle $p > 0,5$) und wiesen sehr geringe Effektstärken auf ($|\beta| < 0,10$). Die zufällige Varianzkomponente auf Tier-ID-Ebene war gering (Standardabweichung = 0,126), was auf geringe tierindividuelle Unterschiede innerhalb der Gruppen hindeutet. Modellbasierte paarweise Vergleiche der Haltungsformen ergaben keine signifikanten Unterschiede (alle adjustierten $p > 0,51$). Somit konnten trotz gewisser Effekttendenzen zwischen den Gruppen auf statistischer Ebene keine Unterschiede in der durchschnittlichen Gewichtszunahme innerhalb der ersten vier Lebenswochen bestätigt werden (Tab. 10 & 11).

Tabelle 10: Tageszunahme (kg/Tag) im Zeitraum 0–28 Tage nach Haltungsform, Durchgang 1

Haltungsform	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Iglu einzeln	30	0,723	0,158	0,40	1,00
Kleingruppe	31	0,779	0,172	0,40	1,10
Topcalf Pairing	30	0,749	0,134	0,40	1,10
Topcalf einzeln	29	0,707	0,137	0,35	1,00

Tabelle 11: Einfluss verschiedener Haltungsformen auf die Tageszunahmen in unterschiedlichen Zeitabschnitten, Durchgang 1

Tageszunahmen Kg	in	P wert	Iglu einzeln	Kleingruppe	Topcalf einzeln	Topcalf Pairing
0-28, Durchgang 1		0,51	0,723	0,779	0,749	0,707
0-70, Durchgang 1		0,13	0,827	0,783	0,773	0,776

Stresstoleranz

Im ersten Durchgang zeigte sich bei der ersten Probe nach der Hälfte der ersten Haltungsphase ein signifikanter Unterschied der Cortisolkonzentration zwischen der Topcalf-Pairing-Haltung und der Kleingruppenhaltung ($p = 0.004$), wobei die Effektstärke mit $d = 1.25$ als groß einzustufen ist (Tab. 12 & 14). Auch in der Cortisolreaktion auf das Umstallen (Differenz zwischen dritter und zweiter Probe) zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Kleingruppe und Topcalf-Einzelhaltung ($p = 0.042$, $d = 1.14$) sowie ein knapp nicht signifikanter Unterschied zwischen Kleingruppe und Topcalf-Pairing ($p = 0.058$), wobei auch hier eine große Effektstärke vorlag ($d = 0.99$) (Tab. 13 & 14)

Tabelle 12: Cortisolwerte der 1. Probenahme je Haltung, Durchgang 1

Haltung	n	Mittelwert	SD	Median	Min
Iglu einzeln	10	1.48	0.161	1.51	1.09
Kleingruppe	20	1.41	0.136	1.43	1.15
Topcalf einzeln	14	1.48	0.133	1.47	1.27
Topcalf Pairing	20	1.56	0.115	1.58	1.37

Tabelle 13: Differenz der Cortisolwerte von 2. und 3. Probenahme je Haltung, Durchgang 1

Haltung	n	Mittelwert	SD	Median	Min
Iglu einzeln	10	-0.245	0.279	-0.243	-0.746
Kleingruppe	20	-0.0933	0.195	-0.0813	-0.495
Topcalf einzeln	14	-0.287	0.141	-0.251	-0.530
Topcalf Pairing	20	-0.257	0.131	-0.274	-0.477

Tabelle 14: Cortisolwerte zu verschiedenen Zeitpunkten je Haltung, Durchgang 1. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (nach Bonferroni-Korrektur)

Cortisolgehalt in ng/ml	P-Wert	Iglu einzeln	Kleingruppe	Topcalf einzeln	Topcalf Pairing
Speichelprobe 1, Durchgang 1	0,004	1,48	1,41 ^a	1,48	1,56 ^b
Differenz Speichel-probe 2 und 3, Durchgang 1	0,042	-0,245	-0,093 ^a	-0,287 ^b	-0,257

Zweiter Durchgang

Gesundheit

Im zweiten Durchgang zeigte sich bei den Gesundheitsparametern lediglich beim Allgemeinzustand ein signifikanter Unterschied zwischen den Haltungsgruppen, welcher zwischen den Haltungsformen Einzeliglu und Kleingruppe ($p = 0,0315$) bestand. Zudem ergab die Berechnung der Effektstärken einen moderaten Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen ($d = -0,695$) (Abb. 36). Die rektale Körpertemperatur unterschied sich ebenfalls nicht signifikant zwischen den verschiedenen Haltungsverfahren ($p = 0,13$).

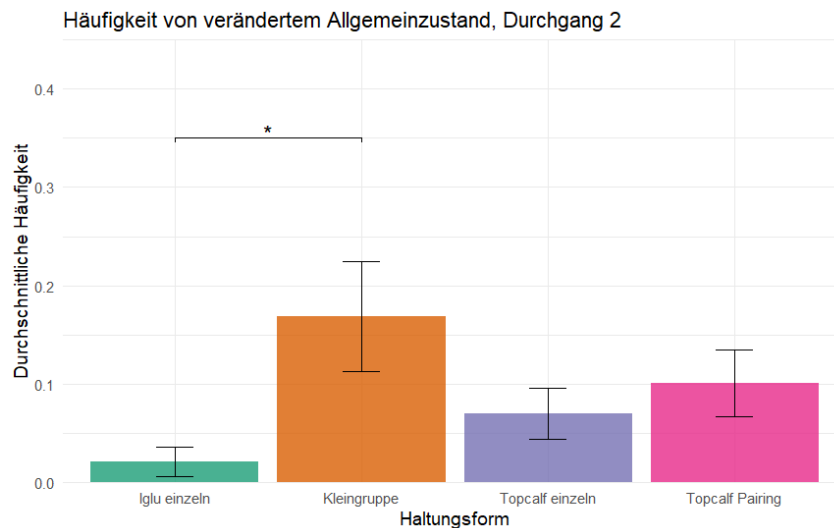


Abbildung 36: Mittelwerte mit Standardfehlern nach Haltungsvariante für Gesundheitsparameter Allgemeinzustand im 2. Durchgang. Mit * sind signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Haltungsgruppen gekennzeichnet.

Tageszunahmen

Das Modell zur durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme über die ersten 70 Lebenstage im zweiten Durchgang zeigte, dass die durchschnittliche Tränkemenge im ersten ($\beta = 0,049$, $p = 0,0016$, standardisierter Effekt 0,04) sowie im zweiten Haltungsabschnitt ($\beta = 0,081$, $p = 0,0065$, standardisierter Koeffizient 0,03) signifikant positive Einflüsse auf die Gewichtszunahme hatten. Die Effektstärken dieser Prädiktoren sind als mittelgroß zu bewerten. Das Geschlecht wies einen schwachen Effekt auf die Gewichtszunahme auf ($\beta = -0,051$, $p = 0,050$, standardisierter Koeffizient $-0,03$). Die Haltung, das Geburtsgewicht und gesundheitliche Parameter zeigten keine signifikanten Effekte und hatten entsprechend sehr geringe Effektstärken. Die paarweisen Vergleiche der Haltungsformen ergaben keine signifikanten Unterschiede in der Gewichtszunahme (alle $p > 0,77$). (Tab. 15 & 17).

Tabelle 15: Tageszunahme (kg/Tag) im Zeitraum 0–70 Tage nach Haltungsform, Durchgang 2

Haltungsform	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Iglu einzeln	32	0,837	0,111	0,63	1,06
Kleingruppe	20	0,821	0,118	0,50	1,06
Topcalf Pairing	27	0,838	0,132	0,59	1,05
Topcalf einzeln	30	0,840	0,072	0,71	0,98

Im Modell zur durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme der ersten 14 Lebenstage zeigte sich, dass die Haltung „Kleingruppe“ einen negativen Trend auf die Gewichtszunahme ausübte ($\beta = -0,124$, $p = 0,055$, standardisierter Koeffizient $-0,21$), was auf einen kleinen bis mittelgroßen Effekt hindeutet. Die Haltungsformen „Topcalf einzeln“ und „Topcalf Pairing“ unterschieden sich nicht signifikant von der Referenzhaltung „Iglu einzeln“. Paarweise Vergleiche der

Haltungsformen ergaben keine signifikanten Unterschiede nach Bonferroni-Korrektur (alle $p > 0,11$). Der größte Unterschied wurde zwischen „Kleingruppe“ und „Topcalf einzeln“ beobachtet (Differenz 0,147 kg/Tag, $p = 0,115$), war jedoch statistisch nicht signifikant (Tab. 16 & 17).

Tabelle 16: Tageszunahme (kg/Tag) im Zeitraum 0–14 Tage nach Haltungsform, Durchgang 2

Haltungsform	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Iglu einzeln	32	0,691	0,205	0,29	1,05
Kleingruppe	28	0,637	0,250	0,21	1,03
Topcalf Pairing	30	0,647	0,289	-0,05	1,43
Topcalf einzeln	31	0,744	0,252	0,35	1,51

Die durchschnittliche Tränkemenge hatte einen starken positiven Einfluss auf die Gewichtszunahme ($\beta = 0,132$, $p < 0,001$, standardisierter Koeffizient 0,40). Das Geburtsgewicht zeigte einen schwachen, nicht signifikanten negativen Trend ($\beta = -0,008$, $p = 0,085$, standardisierter Koeffizient -0,18), während das Geschlecht keinen Einfluss hatte.

Tabelle 17: Einfluss der Haltung auf die Tageszunahmen in verschiedenen Zeitabschnitten, Durchgang 2

Tageszunahmen in kg/Tag	P-Wert	Iglu einzeln	Kleingruppe	Topcalf einzeln	Topcalf Pairing
0-14, Durchgang 2	0,11	0,691	0,637	0,647	0,744
0-70, Durchgang 2	0,77	0,837	0,821	0,838	0,840

Stresstoleranz

Im zweiten Durchgang zeigten sich signifikante Unterschiede ausschließlich in der Cortisolreaktion nach dem Umstallen. Diese bestanden zwischen der Iglu-Einzelhaltung und der Topcalf-Einzelhaltung ($p = 0,019$, $d = 0,89$) sowie zwischen Iglu-Einzelhaltung und Topcalf-Pairing ($p = 0,043$, $d = 0,94$), jeweils mit großer Effektstärke. Ein Trend bestand zwischen Kleingruppe und Topcalf-Einzelhaltung ($p = 0,079$; $d = 0,80$) (Tab. 19 & 20). Die Cortisolwerte bei der ersten Messung unterschieden sich nicht zwischen den Haltungen (Tab. 18 & 20).

Tabelle 18: Cortisolwerte der 1. Probenahme je Haltung, Durchgang 2

Haltung	n	Mittelwert	SD	Median	Min
Iglu einzeln	20	1.38	0.179	1.39	0.878
Kleingruppe	19	1.30	0.154	1.31	0.940
Topcalf einzeln	20	1.27	0.169	1.31	0.846
Topcalf Pairing	18	1.29	0.183	1.26	1.00

Tabelle 19: Differenz der Cortisolwerte von 2. und 3. Probenahme je Haltung, Durchgang 2

Haltung	n	Mittelwert	SD	Median	Min
Iglu einzeln	20	-0.0169	0.187	-0.0072	-0.293
Kleingruppe	19	-0.0464	0.155	-0.0732	-0.307
Topcalf einzeln	20	-0.180	0.180	-0.163	-0.459
Topcalf Pairing	18	-0.166	0.122	-0.180	-0.340

Tabelle 20: Cortisolwerte zu verschiedenen Zeitpunkten je Haltung, Durchgang 2. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (nach Bonferroni-Korrektur)

Cortisolgehalt in ng/ml	P-Wert	Iglu einzeln	Kleingruppe	Topcalf einzeln	Topcalf Pairing
Speichelprobe 1, Durchgang 2	0,215	1,38	1,3	1,27	1,29
Differenz Speichelprobe 2 und 3, Durchgang 2	0,036	-0,017 ^a	-0,046	-0,18 ^b	-0,166 ^b

Vergleich der Durchgänge

Tageszunahmen

Der Vergleich der durchschnittlichen Tageszunahmen zwischen den beiden Durchgängen zeigte in allen untersuchten Zeitabschnitten signifikante Unterschiede. Im Zeitraum von 0 bis 28 Tagen wiesen Kälber des zweiten Durchgangs signifikant geringere Tageszunahmen auf als jene des ersten Durchgangs ($p < 0,001$), wobei eine kleine bis mittlere Effektstärke festgestellt wurde ($r = 0,294$). In den späteren Zeiträumen (28–42 Tage und 42–70 Tage) waren die Tageszunahmen des zweiten Durchgangs hingegen signifikant höher (jeweils $p < 0,001$), mit einer moderaten Effektstärke im Zeitraum 28–42 Tage ($r = 0,426$) und einem kleinen Effekt im Zeitraum 42–70 Tage ($r = 0,275$). Über den gesamten Zeitraum von 0 bis 70 Tagen zeigten die Kälber des zweiten Durchgangs eine signifikant höhere Gewichtszunahme ($p < 0,01$), auch wenn der Effekt hier insgesamt klein ausfiel ($r = 0,220$) (Tab. 21).

Tabelle 21: Vergleich der Tageszunahmen zwischen den Durchgängen für verschiedene Zeiträume

Tageszunahmen in kg/Tag	p-Wert	Durchgang 1	Durchgang 2
0-28	$< 0,001$	0,738 ^a	0,658 ^b
28-42	$< 0,001$	0,667 ^a	0,848 ^b
42-70	$< 0,001$	0,900 ^a	1,03 ^b
0-70	$< 0,01$	0,787 ^a	0,835 ^b

Stresstoleranz

Zwischen den beiden Durchgängen bestanden hochsignifikante Unterschiede in den Speichel-Cortisolkonzentrationen. Sowohl der Mittelwert in der ersten Haltungsphase als auch der Wert am Umstalltag vor dem Umstallen lagen im ersten Durchgang signifikant höher als im zweiten (beide: $p < 0,00000001$). Auch die **Veränderung** der Cortisolkonzentration durch das Umstallen unterschied sich signifikant zwischen den Durchgängen ($p = 0,0007$), wobei die mittlere Cortisoldifferenz im zweiten Durchgang geringer ausfiel als im ersten (Tab. 22).

Tabelle 22: Vergleich der Cortisolgehalte zwischen den Durchgängen von verschiedenen Probenahmen

Cortisolgehalt in ng/ml	p-Wert	Durchgang 1	Durchgang 2
Speichelprobe 1	$< 0,00000001$	1,484 ^a	1,309 ^b
Speichelprobe 2	$< 0,00000001$	1,572 ^a	1,400 ^b
Differenz Speichelprobe 2 und 3	0,0007	-0,210 ^a	-0,101 ^b

2.2.19. Interpretation der Ergebnisse (LK NRW)

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Haltungssysteme sowie individuelle Faktoren wie Tränkemenge, Geschlecht, Gesundheitsstatus und Geburtsgewicht unterschiedlich starke Auswirkungen auf Gesundheit, Wachstum und Stresstoleranz von Kälbern haben.

Gesundheitlich zeigten sich im ersten Durchgang signifikante Unterschiede insbesondere beim Nasenausfluss: Kälber in der Kleingruppenhaltung wiesen signifikant häufiger Symptome auf als Tiere in anderen Haltungssystemen. Dies lässt sich plausibel mit dem engeren Tierkontakt und einer dadurch erhöhten Exposition gegenüber respiratorischen Krankheitserregern erklären (Costa et al., 2016). Auch bei der rektalen Körpertemperatur zeigte sich ein Vorteil der Einzelglu-Haltung im Vergleich zum Pairing oder der Kleingruppe an – vermutlich durch eine geringere Keimbelastung und -übertragung. Im zweiten Durchgang trat lediglich beim Allgemeinzustand ein signifikanter Unterschied auf: Kälber in der Kleingruppe wiesen häufiger Beeinträchtigungen auf als solche in der Einzelhaltung. Andere Parameter (z. B. Augen, Ohren, Nabel, Husten) unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Haltungsformen, was auf vergleichbar hohe Standards in der allgemeinen Versorgung und Hygiene schließen lässt, aber bei der Haltung mit mehreren Tieren die Notwendigkeit von sorgfältigem und hygienischem Management erkennen lässt.

Das Wachstum der Kälber wurde maßgeblich durch die durchschnittliche Tränkemenge bestimmt – ein Ergebnis, das die Bedeutung einer ausreichenden Energie- und Nährstoffversorgung in den ersten Lebenswochen bestätigt. Auch das Geschlecht hatte einen Einfluss: Männliche Kälber erzielten tendenziell höhere Tageszunahmen als weibliche, was sowohl genetische als auch hormonelle Gründe haben kann. Im ersten Durchgang zeigte sich zudem ein negativer Einfluss gesundheitlicher Auffälligkeiten, insbesondere von Husten, auf die Gewichtsentwicklung – was verdeutlicht, dass subklinische Erkrankungen das Wachstum empfindlich beeinträchtigen können. Dieser Zusammenhang war im zweiten Durchgang hingegen weniger ausgeprägt. Die Haltung konnte trotz teils signifikanter Einflüsse innerhalb der Modelle im paarweisen Vergleich keine Unterschiede in den Tageszunahmen erzeugen. Interessanterweise zeigte sich bei leichter geborenen Kälbern ein kompensatorisches Wachstum, was auf eine hohe Anpassungsfähigkeit in der frühen Entwicklung schließen lässt.

Die Stresstoleranz, gemessen anhand der Speichel-Cortisolkonzentrationen, variierte sowohl zwischen den Haltungsformen als auch zwischen den beiden Durchgängen. Im ersten Durchgang zeigten Kälber in der Topcalf-Paarhaltung signifikant höhere Cortisolwerte zur Mitte der ersten Haltungsphase als jene in der Kleingruppenhaltung. Auch bei der Cortisoldifferenz rund um den Umstallzeitpunkt ergaben sich Unterschiede: Kälber aus der Kleingruppe zeigten vergleichsweise geringe Veränderungen, während Kälber aus der Topcalf-Einzelhaltung signifikant stärkere Cortisolreaktionen aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass sowohl die Haltungsform als auch die soziale Einbindung die Stressantwort maßgeblich beeinflussen. In der Paarhaltung könnte eine unklare soziale Rangordnung oder fehlender Rückzugsraum zu einem erhöhten Stressniveau führen.

Im zweiten Durchgang wurden keine signifikanten Unterschiede in den Cortisol-Basalwerten zwischen den Haltungssystemen festgestellt, wohl aber in den Cortisoldifferenzen rund um das Umstallen. Hier wiesen Kälber in der Topcalf-Einzel- und Paarhaltung stärkere Cortisolreaktionen auf als solche in der Iglu-Einzelhaltung.

Besonders interessant ist der Vergleich beider Durchgänge: Die Basalwerte zur Mitte der ersten Haltungsphase sowie die Cortisolwerte am Umstalltag waren im ersten Durchgang signifikant höher, und auch die Veränderungen durch das Umstallen fielen im ersten Durchgang größer aus als im zweiten. Dies könnte auf eine allgemein erhöhte Stressbelastung im ersten Durchgang hinweisen oder darauf, dass die Tiere stärker auf Umstellungsreize reagierten.

Dass die Cortisolwerte nach dem Umstallen teilweise niedriger waren als davor, lässt sich evtl. durch eine akute Stressreaktion vor dem Umstallprozess durch die Probenahmen erklären, gefolgt von einem schnellen Rückgang der Belastung nach dessen Abschluss.

Der Vergleich der beiden Durchgänge unterstreicht darüber hinaus die Bedeutung des Umstallzeitpunkts: Kälber im zweiten Durchgang wurden früher in die Großgruppe mit Tränkeautomat überführt, was sich zunächst negativ auf die Zunahmen im Zeitraum 0–28 Tage auswirkte. In der späteren Phase zeigte sich jedoch eine bessere Entwicklung, was für eine erfolgreiche Anpassung an die veränderte Umgebung spricht, zumal die Stresstoleranz dieser Kälber besser zu sein schien.

Die Ergebnisse zeigen, dass für eine erfolgreiche Kälberaufzucht nicht nur das Haltungssystem, sondern vor allem das Zusammenspiel aus Fütterung, Gesundheit, sozialem Umfeld und Stressmanagement entscheidend ist. Systeme mit höherer Sozialdichte bergen zwar Risiken für die Gesundheit, bieten aber potenziell Vorteile für die Eingewöhnung in Gruppenhaltungen. Die Iglu-Einzelhaltung erwies sich in mehreren Parametern als stabil und stressarm, während die Topcalf-Systeme besonders sensibel gegenüber Management und Gruppenzusammensetzung reagieren. In der Praxis sollten daher sowohl tierindividuelle Bedürfnisse als auch systemische Bedingungen berücksichtigt und regelmäßig überprüft werden. Nur durch eine ganzheitliche Betrachtung kann das Ziel einer tiergerechten, leistungsfähigen und nachhaltigen Kälberaufzucht erreicht werden.

2.2.20. Zusammenfassung (LK NRW)

In zwei Versuchsdurchgängen wurde der Einfluss verschiedener Haltungsformen in der frühen Kälberaufzucht auf Gesundheit, Wachstum und Stresstoleranz untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Haltungssysteme als auch individuelle Faktoren wie Tränkemenge, Geschlecht, Gesundheitsstatus und Geburtsgewicht wichtige Faktoren für die Entwicklung von Kälbern darstellen.

Signifikante Unterschiede in der Gesundheit zeigten sich insbesondere beim Nasenausfluss und beim Allgemeinzustand. Kälber in der Kleingruppenhaltung wiesen häufiger Auffälligkeiten auf als Tiere in Einzelhaltungen, was auf eine höhere Exposition gegenüber Krankheitserregern durch intensiveren Tierkontakt hindeuten könnte.

Das Wachstum der Kälber wurde vor allem durch die durchschnittliche Tränkemenge und das Geschlecht beeinflusst: Männliche Kälber wuchsen schneller und höhere Tränkemengen förderten die Gewichtszunahme signifikant. Auch gesundheitliche Beeinträchtigungen, wie vermehrter Husten, zeigten im ersten Durchgang einen negativen Einfluss auf das Wachstum. Die Haltung konnte allerdings in beiden Versuchsdurchgängen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungsformen erzeugen. Leichter geborene Kälber wiesen tendenziell höhere Zunahmen auf, was auf kompensatorisches Wachstum hindeutet.

Die Stresstoleranz, gemessen anhand der Speichel-Cortisolkonzentration, unterschied sich signifikant zwischen den Haltungssystemen und über die Zeit. Besonders Kälber in der Topcalf-Paarhaltung zeigten wiederholt erhöhte Cortisolwerte bzw. stärkere Veränderungen im Zusammenhang mit dem Umstallen, was auf ein erhöhtes Stressempfinden hindeutet – möglicherweise bedingt durch instabile soziale Konstellationen oder fehlende Rückzugsmöglichkeiten. Die Einzelhaltung in Iglus erwies sich in mehreren Messzeitpunkten als vergleichsweise stressarm.

Ein Vergleich der beiden Versuchsdurchgänge verdeutlichte, dass sich der Zeitpunkt des Umstallens erheblich auf Wachstumsverlauf und Stressbelastung auswirkt. Während eine frühere Umstallung in die Großgruppe zunächst mit geringeren Zunahmen verbunden war, führten

bessere Anpassungsleistungen in späteren Phasen zu einer insgesamt besseren Entwicklung, zumal die Stressbelastung im zweiten Durchgang deutlich geringer ausfiel.

Insgesamt belegen die Ergebnisse die komplexen Wechselwirkungen zwischen Haltung, Versorgung, sozialer Umgebung und individueller Konstitution. Eine tiergerechte Kälberaufzucht erfordert die Kombination aus gut strukturierten Haltungssystemen, adäquater Fütterung, individueller Gesundheitsüberwachung und einem sensiblen Umgang mit Umstallvorgängen, um Gesundheit, Wachstum und Wohlbefinden gleichermaßen zu berücksichtigen, wobei das Haltungssystem im geburtsnahen Zeitraum eine untergeordnete Rolle für den Erfolg der Kälberaufzucht darstellt.

2.2.21. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK NRW)

Vortrag beim Kälbertag-Seminar auf Haus Düsse, LWK NRW

Veröffentlichung eines abschließenden Artikels in den Fachzeitschriften „LZ Rheinland“ und „Wochenblatt für Landwirtschaft & Landleben“

2.3. Kälberhaltung in Gruppen im Außenklimastall - Optimierung des Stallklimas unter den Gesichtspunkten des Tierwohls und Tierverhaltens (LfL)

Zitierweise: Simon J (2026) AG 1 Kälber. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 80 - 133.

2.3.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

Untersuchung der stallklimatischen Anforderungen von Kälbern in der Einzel-/ Klein- und Großgruppenhaltung sowie der baulich-technischen Möglichkeiten zur Optimierung des Stallklimas / Stallklimaführung in Außenklimaställen.

Die stallklimatischen Haltungsbedingungen für Kälber sind, neben dem Ausleben des arttypischen Verhaltens, Management, Hygiene, Gesundheit und Fütterung, von größter Bedeutung für das Wohlbefinden der Tiere. Im ersten Lebensabschnitt wird damit der Grundstock für die weitere Entwicklung, Vitalität und spätere Leistungsfähigkeit gelegt. Zu den Anforderungen an das Klima in Ställen zur Kälberhaltung werden bisher sowohl in Verordnungen als auch Literatur/Beratungsempfehlungen nur für Warmställe konkrete Vorgaben gemacht (siehe **Tab. 23**).

Tab. 23: Zusammenstellung unterschiedlicher Vorgaben zum Stallklima für Kälberställe.

Stalltyp	Altersgruppe	Temperatur	Quelle
Kaltställe	Kälber (k. A. zum Altersabschnitt)	k. A. für Kaltställe oder Kälberhütten, die vorwiegend dem Schutz gegen Niederschläge, Sonne und Wind dienen	TierSchNutZV (2001)
Warmställe	Kälber < 10. Lebenstag	10 - 25 °C	DIN 18 910 -1 (2004)
	Kälber > 10. Lebenstag	5 - 25 °C	
	Kälber bis 60 kg	16 - 20 °C Im Winter 16 °C bei 80 % Luftfeuchte	
	Mast- und Zuchtkälber bis 150 kg	10 - 20 °C Im Winter 10 °C bei 80 % Luftfeuchte	
	Kühe einschließlich Kälber, Jungvieh, Zuchtbullen, Masttiere bis 800 kg	0 - 20 °C Im Winter 10 °C bei 80 % Luftfeuchte	BLV (2009)
	Kälber 50 - 150 kg	5 - 20 °C	
	Jungvieh 150 - 500 kg	5 - 20 °C	
	Masttiere 150 - 500 kg	0 - 15 °C	

Für Außenklimaställe finden sich dagegen nur allgemein gehaltene Formulierungen: So ist bspw. in der TierSchNutZV (2001) (§3.3) festgehalten, „... dass Ställe erforderlichenfalls ausreichend wärmegeklämmt und so ausgestattet sein [müssen], dass Zirkulation, Staubgehalt, Temperatur, relative Feuchte und Gaskonzentration der Luft in einem Bereich gehalten werden, der für die Tiere unschädlich ist.“ Das Bundesamt für Lebensmittel und Veterinärwesen der Schweiz (BLV) verweist darauf, „... dass für Kälber in Außenklimaställen durch Einrichten geeigneter Zonen (Nischen, Unterschlupf, Tiefstreubett, beschattete Flächen usw.) ein angepasstes Mikroklima geschaffen werden muss.“

Beratungsempfehlungen führen aus, dass die Haltung von Kälbern in Außenklimaställen und Iglus ohne gesundheitliche Probleme bei Lufttemperaturen unter 0°C möglich ist, wenn diese

eine trockene, windgeschützte und eingestreute Liegefläche nutzen können (BLV, 2009). Differenzierte Aussagen zu den unterschiedlichen Altersabschnitten, vor allem auch in Kombination mit der Weiterentwicklung der Haltungsverfahren, die den Landwirten einen fließenden Übergang von der Einzel- über die Kleingruppe hin zur Umstallung in die Großgruppe ermöglichen, sind nicht verfügbar. Dabei birgt die Kälberhaltung, auch wenn die Aussagen zur Haltung unter Außenklimabedingungen generell zutreffen, nach wie vor erhebliche Risiken. Bzgl. des Stallklimas führt z. B. in den Übergangsjahreszeiten nächtlicher Tauwasseranfall im Stall zu einem nassen Fellkleid und in Folge zu schwerwiegenden Erkrankungen der Tiere. Gegenstand des IP wird es daher sein, zu untersuchen, welche Ansprüche Kälber an das ganzjährige Stallklima (inkl. Kleinklimabereiche) in Abhängigkeit von den jeweiligen Altersgruppen- und Haltungsformen haben. Die zentrale Frage wird sein, mithilfe welcher baulich-technischer Maßnahmen das Stallklima optimiert werden kann. Neben der automatisierten Steuerung der Wandverschlüsse (z. B. Curtains, Stegplatten) wird u. a. untersucht, ob eine Reduzierung der Luftfeuchtigkeit bzw. Dämpfung von Temperaturspitzen über eine im Außenklimastall bisher nicht übliche Zuluftkonditionierung möglich ist.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Untersuchungen Stallklima

Das Projekt startet 2022 mit prognostischen Stallklimasimulationen über das Programm WUFI©Plus (Fraunhofer IBP). In diese fließen Gebäudeausrichtung und -geometrie sowie (in Varianten) die bauliche Ausgestaltung der Gebäudehülle, Kleinklimabereiche und Management der Wandverschlüsse mit ein. Die Ergebnisse werden bei der baulich-technischen Ausgestaltung (z. B. Wandverschlüsse, Curtain-/ Lüftungssteuerung) des Neubaus (geplante Fertigstellung Ende 2022) am Versuchsbetrieb der BaySG in Achselschwang berücksichtigt. Bei der Anlage handelt es sich um einen auch für künftige Fragestellungen zu Haltung, Bau und Technik umbaufähigen Außenklimastall mit zwei thermisch getrennten Abteilen: Abteil A für die Einzel- bzw. Kleingruppenhaltung in 2x10 variabel einteilbaren Boxen (System Patura) und Abteil B für die Gruppenhaltung in vier Buchten (in Anlehnung an Holsteiner System) für jeweils 25 Tiere. Die Besonderheit der Gebäudehülle besteht in der Dachkonstruktion aus bisher im Kälberbereich nicht eingesetzten Massivholzelementen (ca. 140 mm) in Kombination mit einer PV-Anlage zur Verringerung des Wärmedurchgangs im Sommer (Hitzestress) und Temperaturhaltung im Winter. Dabei ist Holz bauphysikalisch deutlich leistungsfähiger als z. B. herkömmliche Sandwichelemente. Baulich ist sowohl in Abteil A als auch B eine nochmalige Trennung möglich, sodass gleichzeitig jeweils 2 Stallklimavarianten/-szenarien untersucht werden können. Die Luftführung erfolgt zunächst klassisch über offenbare Seitenwände und First (kein Standardlichtfirst wg. unerwünschtem Strahlungseintrag, ggf. verschließbar). Da insb. in den ersten Tagen für die neugeborenen Kälber mit erhöhten Anforderungen an die Stallklimaführung gerechnet wird, werden die Wandverschlüsse in Abteil A so gestaltet, dass unterschiedlich dichte bzw. dämmende Materialien und Techniken (z. B. Curtains, Stegplatten) über den Versuchszeitraum eingebaut, angesteuert und ausgetauscht werden können. In Abteil B werden zusätzlich variable Kleinklimabereiche (Kisten) geschaffen. Mit Blick auf die dargestellte Tauwasserproblematik sowie zur Dämpfung nächtlicher Tiefsttemperaturen im Winter wird als erster technischer Lösungsansatz eine Schlauchlüftung für die Zuluftkonditionierung eingebaut. Ab Anfang 2023 werden hier Außenklima- und differenzierte Stallklimamessungen (Temperatur, Luftfeuchte, Strahlung, Windgeschwindigkeit (außen), CO₂ als Indikator für Schadgase (im Stall), Strömungsgeschwindigkeit und -richtung (im Stall)) durchgeführt.

Datenerfassung / Auswertung Management sowie Tierwohlparameter und Tierverhalten

Im Rahmen der Untersuchung werden zum einen Routinearbeiten (Geburtsmanagement, Ein- / Um- und Ausstallen (insb. Wechsel von Einzeltier- in Kleingruppenhaltung und Umstallen in Großgruppen), Fütterung, allg. Tierbetreuung) erfasst. Schwerpunkt der Untersuchung sind

die ganzjährige Erfassung von Leistungsdaten (Geburtsgewicht, wöchentliche Wiegen bis zum Absetzen), Gesundheitsdaten (täglicher routinemäßiger Gesundheitscheck und Protokollierung von Auffälligkeiten, wöchentlicher Gesundheitsstatus anhand eines einheitlich definierten Protokolls). Weitere Daten werden im QT Tierwohl, QT Tierhygiene sowie QT Ökonomie erfasst, dokumentiert und zur einheitlichen Auswertung bereitgestellt.

Neben der Führung und Auswertung eines Stalltagebuchs sowie der wöchentlichen Messungen vor Ort werden ca. 8 Videokameras über den Boxen und Buchten installiert. Eine automatisierte Auswertungstechnik (z. B. Tracklab (Noldus) als EarTag) ist derzeit für Kälber noch nicht erprobt, kann aber in Abstimmung mit der AG Kälberhaltung eingesetzt werden. Über die beiden Jahre 2023 / 2024 werden max. 210 männliche / weibliche Tiere erfasst.

2.3.2. Durchführung (LfL)

a) Arbeitspakete

AP 1 Projekt- und Versuchsplanung

Die Projekt- und Versuchsplanung im Arbeitspaket (AP) 1 erfolgte in der AG Kälberhaltung, Koordiniert durch Frau Prof. Dr. Wiedemann, Hochschule Rhein-Waal von Juni 2021 bis Juni 2024 in enger Abstimmung mit den am Projekt beteiligten Institutionen. Weitere Abstimmungen zum Versuchsablauf sowie zur Datenauswertung mit den Projektpartnern erfolgten während des gesamten Projektzeitraums fortlaufend.

AP 2 Vorbereitungen Versuchsanstellungen & Literaturrecherche

Die Vorbereitungen für die Versuchsanstellungen im AP 2 von Juni 2020 bis Januar 2025 umfassten den Entwurf und die baulich-technische Planung des Kälberstalls inklusive der zugehörigen Stallklimasimulationen mit WUFI, auf die später eingegangen wird. Parallel wurde eine ausführliche Literaturrecherche zum Thema Stallklima in der Kälberhaltung durchgeführt. Auf Basis der hier gewonnen Erkenntnisse wurde eine erste Regelsteuerung für die Führung der Wandverschlüsse im Kälberstall entworfen. Auch die Beschaffung der Technik für die Stallklimamessungen sowie Überlegungen zu ihrer Position und Installation im Stall waren Teil dieses Arbeitspakets.

Im Zuge dieser Vorüberlegungen bzw. Vorarbeiten wurde die Bedeutung der Verhaltensauswertung im Bezug auf das Stallklima immer deutlicher, das über Videoaufzeichnungen und Aktivitätssensoren erfasst wird. Der zeitliche Aufwand einer manuellen Videoauswertung zum Abgleich von Tierverhaltensdaten mit kontinuierlich aufgezeichneten Stallklimadaten ist sehr hoch. Um die unmittelbare Auswirkung verschiedener klimatischer Gegebenheiten auf das Tierverhalten darstellen zu können, ist eine kontinuierliche Erfassung des Tierverhaltens nötig. Außerdem können eine Echtzeit-Auswertung des Tierverhaltens dem Stallpersonal wichtige Hinweise auf ein widriges Stallklima oder erkrankte Tiere liefern und so ein frühzeitiges Handeln ermöglichen. Um diese kontinuierliche Erfassung leisten zu können, wurde an die in AG 2 (Rindermast) am Standort Grub geleistete Vorarbeit im Bereich KI-gestützte Videoauswertung angeknüpft (s. Kap. 3.1.12.a)).

Nach Etablierung der besten Methode zur Videoaufzeichnung und -speicherung für die KI-gestützte Auswertung durch die Firma Wolution in der AG 2 Mastbullen (s. Kapitel 3, AG Mast-rinder LfL) wurde diese Methodik auch für den Kälberbereich übernommen. Die Zusammenfassung der Methode ist dort zu finden. Es wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem die Verhaltensweisen Liegen und Stehen von Kälbern erkannt werden können.

AP 3 Etablierung Versuchsanstellung

Aufgrund von erheblichen Verzögerungen in der Bauphase des Kälberstalls war es nicht möglich, Vorversuche durchzuführen. Die Etablierung der Versuchsanstellung erfolgte mit Einstal-lung der ersten Kälber ab Mitte Januar 2025 bis Februar 2025.

AP 4 Versuchsdurchführung und Datenaufnahme

Das AP 4 Versuchsdurchführung und Datenaufnahme begann mit Einstellung der Kälber Mitte Januar 2025. Auch wenn der erste Beobachtungszeitraum vom 21. Februar – 11. Mai 2025 festgelegt wurde, erfolgte die Datenerfassung im Bereich Stallklima und Tiergesundheit kontinuierlich ab Januar 2025 bis August 2025.

AP 5 Datenauswertung

Die Datenauswertung in AP 5 wurde im Mai 2025 für den ersten Beobachtungszeitraum begonnen und im September 2025 abgeschlossen.

AP 6 Wissenstransfer

Der Wissenstransfer im AP 6 erfolgte unter anderem bei der „Bau, Technik und Umwelttagung“ 2024 in Freising, wo das Projekt mit einem Poster dem Fachpublikum vorgestellt wurde. Außerdem wurde der neugebaute Kälberstall sowie das Projekt im Rahmen des Milchvieh- und Pflanzenbautags am 4. Februar 2025 des AELF Fürstenfeldbruck in Achselschwang und bei der Fachtagung „Braunvieh mit neuen Perspektiven“ am 27. März 2025 vorgestellt. Zusätzlich erschien im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt am 25. März 2025 ein Artikel mit dem Titel „Tierwohl auf höchstem Niveau: Kälberparadies in Achselschwang eröffnet“, in dem der neugebaute Stall vorgestellt wurde. Da noch keine belastbaren Daten zum Tierwohl und der Tiergesundheit vorliegen, war ein Transfer von Ergebnissen in die Praxis darüber hinaus bis zum Abschluss des Projekts nicht möglich. Geplant ist eine Abschlussveranstaltung des Projekts in Berlin am 20. Januar 2026.

b) Material und Methoden (AP 2)

Stallgebäude

Die fehlenden Beratungsempfehlungen zum optimalen Stallklima in Kälber-Aussenklimaställen haben dazu geführt, dass in den letzten Jahrzehnten unterschiedlichste Bauweisen für die Gebäudehülle entwickelt wurden. Darunter sind Massivbauweisen mit Ziegel- oder Betonwänden, sowie Holzrahmenkonstruktionen bis hin zu völlig offen Konstruktionen, bei denen die Liegebereiche nur durch ein Blechdach geschützt sind. Teilweise sind die Funktionsbereiche für die Kälberhaltung in bestehende Stallanlagen oder im Bereich des Melkhauses integriert. Als reiner Kälberstall reichen die Bauformen von einfachen Iglus über das sog. „Kälberdorf“, als Kombination aus Iglus und überdachtem Auslauf- bzw. Fressbereich, strukturierten, kleinteiligen Anlagen bis hin zu großvolumigen, einhäusigen Gebäuden. Hinzu kommt eine große Vielfalt durch die Umnutzung bzw. Erweiterung von bestehenden Gebäuden. Am weitesten verbreitet ist der Außenklimastall (z.B. Offenfrontstall) sowie, zumindest im Bereich der Stallanlagen für die Eigenremontierung, vereinzelt auch der Warmstall. Die in der Fresseraufzucht umgesetzten Warmstallkonzepte bleiben im Rahmen dieses Projektes außer Acht.

Für den Versuchsstall in Achselschwang wurde, ein für das landwirtschaftliche Bauen vollkommen neuer Ansatz zur Verbesserung der Stallklimafaktoren umgesetzt. Zunächst gliedert sich dieser Stall in zwei Bereiche: Im ersten Bereich (Abteile A / B) werden jeweils 10 Kälber bis zum vierzehnten Lebenstag (bzw. max. bis zur dritten Lebenswoche) einzeln bzw. in Kleingruppen (2 – 3 Tiere) im gehalten (Abbildung 37). Dabei wurde das System der Firma Patura gewählt, bei dem die Kälber nach der Geburt einzeln aufgestellt werden und anschließend die Trennwände zu den Nachbarboxen herausgenommen werden können, um eine frühe Kleingruppenhaltung zu ermöglichen. Im Anschluss befinden sich, in zwei baulich getrennten Abteilen, Zweiflächenbuchten (1 – 4) mit Stroheinstreu, in denen jeweils bis zu 25 Kälber in Großgruppen aufgestellt werden können.

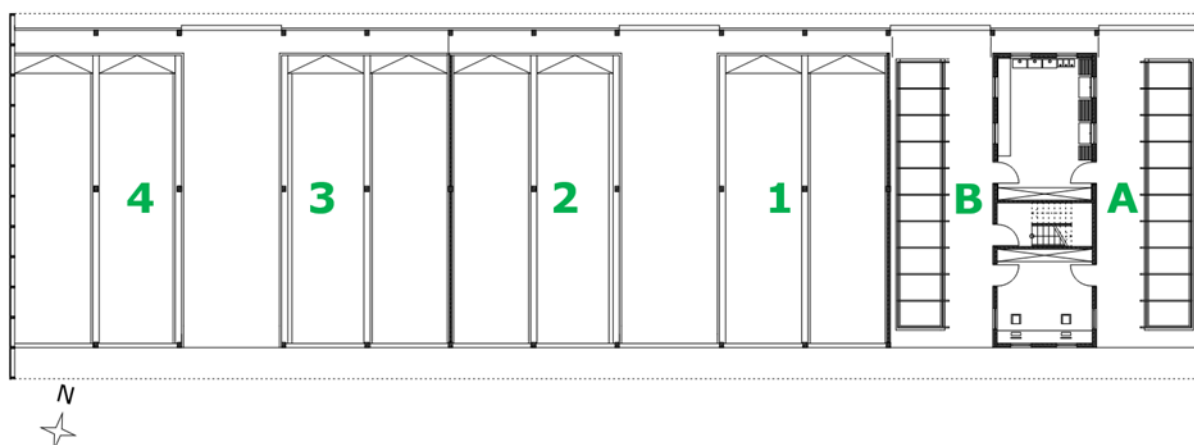


Abbildung 37: Grundriss des Kälberstalls in Achselschwang mit den Abteilen A und B für Kälber bis zum Alter von drei Wochen sowie den Gruppenbuchten 1 – 4 bis zum Alter von ca. sechs Monaten.

Die Abteile 1 – 4 sind als Außenklimastall (Offenfrontstall) mit Weidezugang ausgelegt und werden ggf. in einer späteren Forschungsphase optimiert. Für die Versuchsfragestellung wurde zunächst die Gebäudehülle der Abteile A und B baulich optimiert. Ziel dabei war es, die außenklimabedingten Schwankungen von Temperatur, Luftfeucht und -bewegung im Stallinneren durch sensorgesteuerte und motorisch angetriebene Klappen zur Regulierung des Luftwechsels zu dämpfen.

Hygrothermische Simulationen

Um die Möglichkeiten der Beeinflussung des Stallklimas durch verschiedenen Lüftungsszenarien besser vorhersagen zu können, kam im Vorfeld der Werkplanung ein hygrothermisches Simulationsprogramm zum Einsatz. Dabei wurden auf Basis der geplanten Gebäudegeometrie die Lufttemperatur, die Luftfeuchte und die CO_2 -Konzentration simuliert und die Luftwechselrate durch Veränderungen der Stellung von Lüftungsklappen über den Wandverschlüssen der Süd- und Nordfassade bzw. im First, bei ansonsten freier Lüftung, variiert. Die CO_2 Konzentration diente dabei als Indikator für die Schadgaskonzentration. Weiterhin wurde untersucht, inwieweit sich die Ergebnisse verändern, wenn die U-Werte der Hüllbauteile (Tore, Hubfenster, Bodenplatte, Wände) verbessert werden. Der U-Wert, oder auch Wärmedurchgangskoeffizient, ist ein Maß für den Wärmedurchgang eines Bauteils. Er gibt an, welche Wärmemenge in Watt (W) bei 1 Quadratmeter Fläche bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin (K) durch das Bauteil fließt. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Dämmung des Bauteils.

Erwartungsgemäß zeigen die Berechnungen, dass durch die Verbesserung der U-Werte die Innentemperatur im Stall bei niedrigen Außentemperaturen steigt. In Folge geht die relative Luftfeuchte zurück. Für die in den Simulationen zu Grunde gelegten Werten für das Außenklima ergab sich z.B. für den Monat Dezember eine Temperaturdifferenz von bis zu ca. 12 K bei einer relativen Luftfeuchte von bis zu 80%. Es zeigt sich allerdings, dass sich nur an Tagen mit Außentemperaturen knapp über dem Gefrierpunkt (ca. $+3^\circ\text{C}$) die Innentemperaturen dem Wert von $+10^\circ\text{C}$ annähern. Bei der relativen Luftfeuchte wird der kritische Wert von 80% im Stallinneren, selbst bei Werten von bis zu 95% relativer Luftfeuchte außen, nicht überschritten. Dabei muss sichergestellt werden, dass durch den Luftwechsel, die durch die Tiere abgegebene Feuchtigkeit ausreichend abgeführt wird und die CO_2 Konzentration kritische Werte nicht überschreitet. Dieser Mindestluftwechsel, und damit das Öffnungsmaß der Lüftungsklappen, ist abhängig von verschiedenen Parametern (z.B. Windrichtung und -geschwindigkeit) und muss präzise an die sich verändernde Außenklimabedingungen angepasst werden.

Insgesamt zeigen die Simulationen, dass bei einer Reduzierung der Transmissionswärmeverluste durch Optimierung der Hüllbauteile und einer präzisen Steuerung der Luftwechselrate, eine deutliche Dämpfung der außenklimabedingten Schwankungen von Lufttemperatur und -

feuchte erreicht werden kann. Dieser Effekt konnte, mit unterschiedlicher Wirksamkeit, unter den verschiedenen Bedingungen für alle vier Jahreszeiten nachgewiesen werden.

Baubeschreibung des Versuchsabteils

Im Zuge der Werkplanung und späteren Umsetzung wurden für die Hüllbauteile der Versuchsabteile A und B nahezu dieselben U-Werte festgelegt, wie sie in der hygrothermischen Simulation untersucht wurden. Diese U-Werte liegen zwar deutlich unter denen konventioneller, ungedämmter Stallgebäude im Außenklima, erreichen jedoch nicht das energetische Niveau des heutigen Wohnungsbaus.

Bei den eingesetzten vorgefertigten Bauteilen für die Wandverschlüsse wurde bewusst auf marktübliche Standardlösungen zurückgegriffen, anstatt spezielle Sonderkonstruktionen zu entwickeln. So kam beim Sektionaltor ein industrieller Standardtyp mit thermisch getrennten Profilen und Dreifachkunststoffverglasung zum Einsatz; für die Hubfenster wurden handelsübliche Doppelstegplatten verwendet.

In der folgenden Tabelle sind die mittleren U-Werte der Hüllbauteile im Versuchsabteil A, ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken (Tabelle 24). Der Lambda-Wert $W/(mK)$ beschreibt die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes. Die ÖNORM B 3012 [2] gibt für Fichtenholz einen λ -Wert von 0,11 W/mK an. Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Bereiche in der wärmeübertragenden Hülle eines Bauwerks bezeichnet, die eine höhere Wärmestromdichte als die benachbarten ungestörten Bauteile aufweisen. Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x) sind Zahlenwerte gem. Tabelle 3 der DIN V 4108-6: 2003-06., die Abweichungen der Wärmeübertragung durch Bauteile berücksichtigen, wenn diese nicht direkt an die Außenluft grenzen.

Tabelle 24: Mittlere U-Werte und Flächen der Hüllbauteile im Versuchsabteil A.

Bauteil	Fläche		U-Wert	Anmerkung
	in m^2		in W/m^2K	
Decke	78,7		0,76	mit λ -Wert Holz 0,11 W/mK
Ostwand	82,5		0,38	mit λ -Wert Holz 0,11 W/mK
Südwand	18,0		1,62	mit λ -Wert Holz 0,11 W/mK
Nordwand	22,2		1,77	mit λ -Wert Holz 0,11 W/mK
Bodenplatte	69,4		0,28	ohne Berücksichtigung F_x -Faktor

Die Simulationen haben auch gezeigt, dass neben den Transmissions-, auch die Lüftungswärmeverluste entscheidend Einfluss auf das Stallklima haben. Damit die oben beschriebenen Steuerungsmöglichkeiten des Luftwechsels über Lüftungsklappen wirksam werden können, musste sichergestellt werden, dass die baulich nicht zu vermeidenden Leckagen nicht zu groß sind. Dies erforderte im Rahmen der Werkplanung große Sorgfalt und geht über den Detaillierungsgrad bei üblichen Außenklimaställen hinaus. So ist beim Sektionaltor ein Standard mit verschiedenen Gummi Lippendichtungen gewählt worden und beim Hubfenster sind unterschiedliche Holzleisten als Anschläge eingebaut worden. Die hierdurch erzielte Dichtigkeit ist deutlich besser als bei Hüllen vergleichbarer Ställe, bleibt allerdings unter dem Niveau des Wohnungsbaus. Auf einen Blow-Door-Test zur Messung der Luftdichtheit des Gebäudes (Ermittlung n_{50} -Wert) wurde verzichtet.

Um den Hitzestress für die Tiere im Stallgebäude zu reduzieren, konnte auf das Wissen bereits abgeschlossener Forschungsvorhaben zurückgegriffen werden. Dabei sind verschiedene bauliche Merkmale umgesetzt worden:

Durch einen Dachüberstand an der Südseite von ca. 1,80 m (inkl. Dachrinne) und einen verschatteten Lüftungsfirst, der keine transparenten Teile aufweist, kommt es im Hochsommer zu keinem direkten Sonneneintrag ins Gebäude. Durch das Öffnen von Sektionaltor und Hub-

fenster kann ein großer freier Lüftungsquerschnitt erzeugt werden, der einen hohen Luftwechsel und damit auch eine wirkungsvolle Nachtauskühlung ermöglicht. Der Dachaufbau besteht aus einer Dachhaut aus PV-Elementen, einer 8 cm starken Luftschicht und einer 12 cm starken tragenden Massivholzplatte. Dieser Dachaufbau und vor allem die Massivholzplatte sorgen dafür, dass sich die Innenseite des Daches auch bei hoher Strahlungsleistung der Sonne nicht über die Lufttemperatur hinaus erhitzt und damit keine nennenswerte Strahlungswärme ins Stallinnere gelangt.

Lüftungsszenarien

Um die in den Simulationen untersuchten Effekte zur Dämpfung des Außenklimas umsetzen zu können, sind in Abhängigkeit von den Aussenklimabedingungen unterschiedliche Lüftungsszenarien notwendig. Diese reichen von einer nahezu vollständigen Öffnung der Fassaden, die im Inneren des Stalls Aussenklimabedingungen entstehen lässt, bis hin zur fein abgestimmten Luftführung über Lüftungsklappen mit Öffnungen im Bereich von nur wenigen Zentimetern.

Maximaler Luftwechsel:

Durch Öffnen des Sektionaltors und des Hubfensters entsteht ein freier Lüftungsquerschnitt von ca. 24 m². Damit stellen sich im Stall Aussenklimabedingungen ein. Werden bestimmte vordefinierte Korridore für Lufttemperatur, Feuchte und Luftbewegung verlassen, schließt das Tor und das Hubfenster (Abbildung 38).



Abbildung 38: Maximaler Luftwechsel. Durch das geöffnete Hubfenster und Sektionaltor können v.a. im Sommer Außenklimabedingungen hergestellt werden.

Tauf-First Lüftung:

Bei Verschluss des Sektionaltors und des Hubfensters kann das Innere des Stalls durch verschiedene Lüftungsklappen mit Frischluft versorgt werden. Alle Klappen können über Stellmotoren unabhängig voneinander bewegt werden. Auf Grund von Wärmegevinen durch solare Einstrahlung und der Stoffwechselleistung der Tiere in Kombination mit der wärmegeämmten Hülle, kann über weite Teile der kalten Jahreszeit eine deutliche Lufttemperaturdifferenz zwischen Innen- und Außen erreicht werden. Das sind die Voraussetzungen, um bei geringer

äußerer Luftbewegung einen ausreichenden Luftwechsel durch Trauf- First Lüftung sicherzustellen. Bei vollständiger Öffnung der Firstklappe und der vier Klappen im Fassadenbereich steht ein freier Querschnitt von insg. 3,8 m² zur Verfügung (Abbildung 39).



Abbildung 39: Regulierbarer Luftwechsel durch Trauf-First-Lüftung: Durch geöffnete Lüftungsklappen an den Fassaden und am First kann bei Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenklima der Luftwechsel durch Trauf-First-Lüftung reguliert werden.

Querlüftung:

Bei höheren Außenluftbewegungen entstehen an den Fassaden und dem Dach in Abhängigkeit der Windrichtung und -stärke unterschiedliche Druck- und Sogverhältnisse. Dies würde bei geöffneten Lüftungsklappen dazu führen, dass der Luftwechsel im Versuchsabteil nicht an allen Stellen gleichmäßig stattfindet. So könnte es z.B. bei starkem Nordwind, mit Winddruck auf die Fassade bei gleichzeitigem Windsog im First, dazu kommen, dass der Luftwechsel im südlichen Teil des Stalls deutlich geringer ausfällt, weil die Zuluft direkt über den geöffneten First wieder nach Außen entweicht.

Um dem entgegenzuwirken, wird ab einer bestimmten Windstärke und Richtung durch die Regelstrategie die Firstklappe geschlossen und die Zuluft quer durch den Stall geführt (Abbildung 40). Unterstützt wird diese durch Bauteile wie Dachüberstände und Wandvorlagen an den Traufwänden. Diese erhöhen auch bei geringen Windstärken die Druck- und Sogverhältnissen im Randbereich der Fassade und verbessern so die Bedingungen für die Querlüftung.



Abbildung 40: Regulierbarer Luftwechsel durch Querlüftung: Durch geöffnete Lüftungsklap-
pen an den Fassaden kann bei günstigen Windverhältnissen der Luftwechsel durch Querlüf-
tung reguliert werden.

Literaturrecherche

Um den Stand des Wissens zum Thema Stallklima in der Kälberhaltung zu erfassen, wurde zunächst eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Hierbei wurden über 170 Studien, Merkblätter und sonstige Abhandlungen zu den Themen Stallklima sowie Haltungsformen und Bauweisen in Bezug auf die Kälbergesundheit ausgewertet. Die initiale Suche wurde auf den Plattformen PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) und Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) gestartet. Da viele Studien international publiziert sind, wurde die Literatursuche vor allem auf Englisch durchgeführt. Darüber hinaus wurde in Beratungsunterlagen und Tagungsbänden, überwiegend aus dem Bestand der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, nach denselben Themen recherchiert. Aufgrund der Komplexität des Themas und der großen Anzahl an Veröffentlichungen kann diese umfangreiche Literatursammlung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Die Studien wurden nach ihrer jeweiligen Relevanz in ein dreistufiges System eingeordnet. Dabei wurde bewertet, wie ausführlich die Themen Stallklima und Tiergesundheit dargestellt wurden, ob es sich um wissenschaftlich fundierte Studien handelte, oder ob nur die persönlichen Meinungen und Empfehlungen der Autorinnen und Autoren dargestellt wurden. Um einen besseren Überblick zu erlangen, wurden von den wichtigsten Studien Steckbriefe mit einer kurzen Beschreibung sowie einer Zusammenfassung der Ergebnisse erstellt.

Versuchsaufbau (AP 4 – 5)

Der Versuch wurde im neugebauten Kälberstall der Bayerischen Staatsgüter in Achsel-
schwung durchgeführt, der im Januar 2025 fertiggestellt wurde. Die Stallanlage vereint zwei Funktionsbereiche für Kälber ab der Geburt bis zu einem Alter von 6 Monaten (s. Abbildung 37). Im ersten Abschnitt (Abteil A und B) verbringen die Kälber die ersten zwei bis drei Lebenswochen. Die beiden Abteile sind mit jeweils 10 Boxen (122 x 210 cm; 2,56 m²) der Firma Patura ausgestattet. Die Trennwände zwischen diesen Boxen können herausgezogen werden,

um so eine frühe Haltung in Kleinstgruppen zu ermöglichen. Ab einem Alter von 14 – 21 Tagen werden die Kälber in die Gruppenbuchten für jeweils bis zu 25 Tiere (Abteil 1/2 und 3/4) umgestallt, wo die männlichen Kälber bis zum Verkauf im Alter von vier bis sechs Wochen und die weiblichen Kälber bis zur Ausstallung im Alter von 6 Monaten verbleiben. Die Gruppenbuchten bieten im Sommer zusätzlich die Möglichkeit eines Weidezugangs nach Süden.

Die Anlage wurde mit der Einstellung der ersten Kälber am 15. Januar 2025 in Betrieb genommen. Aufgrund anfänglicher technischer Störungen und Anpassungen im Management wurde der 20. Februar 2025 als Versuchsstart festgelegt.

Insgesamt wurden 32 Kälber während des ersten Versuchszeitraums vom 20. Februar 2025 bis 30. April 2025 geboren. Von diesen wurden drei Kälber mit einer angeborenen Verkürzung der vorderen Beugesehnen (Neuromyodysplasia congenita) oder Geburtsverletzungen am Bewegungsapparat aufgrund der zu erwartenden Abweichungen im Verhalten von der Auswertung ausgeschlossen, so dass 29 Kälber (18 weiblich, 11 männlich), in den Versuch aufgenommen wurden. Alle Kälber wurden direkt nach der Geburt bzw. nach der ersten Versorgung mit Kolostrum im neuen Kälberstall in Abteil A oder B eingestallt.

Die Einstellung erfolgte abwechselnd in Abteil A und B, um sicherzustellen, dass sich zu jedem Zeitpunkt annähernd gleich viele Tiere mit gleichem Alter in beiden Abteilen befinden und dadurch ein ähnlicher Wärmeeintrag erfolgt. Im Winter wurden die Kälber entweder nach der Geburt in einer Wärmebox getrocknet oder es wurden Wärmeplatten über die Einzelboxen im Stall gelegt. Zusätzlich wurden die Kälber bei Temperaturen unter 10 °C Außentemperatur mit Decken ausgestattet. Direkt nach der Geburt wurden die Tiere mit Kolostrum der eigenen Mutter versorgt. Wenn kein Kolostrum von der Mutter verfügbar war, wurde eingefrorenes Kolostrum verwendet. In den ersten fünf Lebenstagen wurde weiterhin angesäuertes Kolostrum bzw. Transitmilch verfüttert. Anschließend bekamen die Kälber zweimal täglich mindestens 7 Liter angesäuerten Milchaustauscher ad libitum (135 g / Liter (Sprayfo Ultimo, Trouw Nutrition) angesäuert mit 1 ml / l einer Mischung aus Milchsäure und Propionsäure (Selko Calf, Trouw Nutrition Selko Feed Additives)). Zusätzlich wurde den Kälbern ab dem 2. Lebenstag Kälber-TMR (Heu, Rapsextraktionsschrot, Leinextraktionsschrot, Zuckerrübenmelasse, Körnermais, kohlenaurer Futterkalk) und Heu bereitgestellt. Sobald die Kälber selbstständig Milch aufnehmen und sicher stehen konnten, wurden die Trennwände der Einzelboxen entfernt und Zweier- bzw. Dreiergruppen, je nach passendem Alter der Kälber, gebildet. Im Alter von 14 – 21 Tagen wurden die Kälber in die Gruppenbuchten 1 – 4 umgestallt.

Die Untersuchungen fokussierten sich auf die Abteile A und B, in denen die Kälber die ersten zwei bis drei Lebenswochen verbrachten. Diese beiden Abteile wurden baulich nahezu identisch ausgeführt, jedoch unterschiedlichen Lüftungsstrategien unterzogen. Im Versuchsabteil A erfolgte das Öffnen und Schließen der Klappen und Wandverschlüsse durch eine sensorgestützte Steuerung, die den Luftwechsel in Abhängigkeit von der Luftqualität im Stall reguliert. Im Gegensatz dazu wurde im Referenzabteil B der Luftwechsel manuell eingestellt, um durch einen höheren Luftaustausch Bedingungen zu schaffen, die möglichst nahe am Außenklima liegen. Dadurch wurde ein Vergleich der Auswirkungen der verschiedenen klimatischen Gegebenheiten auf die Tiergesundheit sowie das Tierverhalten und das Tierwohl möglich.

Um auch die Auswirkungen von sommerlichem Hitzestress auf die Kälber auswerten zu können, sollte die Wirkung des Stallgebäudes auch bei höheren Temperaturen untersucht werden. Aufgrund des eher kühlen Sommers 2025 war es jedoch nicht möglich, über einen längeren Zeitraum tierbezogene Daten bei Temperaturen über 25 °C zu erfassen. Daher wird lediglich die Wirkung des Stallgebäudes und die Funktion der Steuerung bei heißen Temperaturen beschrieben. Um eine Auswirkung dieses Klimas auf die Kälber festzustellen, waren die Zeiträume jedoch zu kurz.

Erfassung Tiergesundheit

Bei der Geburt der Kälber wurden Geschlecht, Rasse, Geburtszeitpunkt, Kalbeverlauf, Kolostrumqualität, -menge und der Zeitpunkt der ersten Kolostrumgabe sowie das Geburtsgewicht

erfasst. Die Kolostrumqualität wurde mit einem digitalen Handrefraktometer (PAL-1, ATAGO CO., LTD.) in Brix gemessen. Anschließend erfolgte dreimal wöchentlich ein Gesundheitsscheck nach einem zuvor mit den anderen Projektpartnerinnen und -partnern abgestimmten Schema. Der Gesundheitsscheck umfasste eine Beurteilung von Allgemeinzustand, Husten, Nasen- und Augenausfluss, Ohrenposition, Kotverschmutzung und Schwellung des Nabels (s. Tabelle 25). Aus den Boniturnoten der einzelnen Kategorien wurde ein Gesamtscore als Summe gebildet.

Tabelle 25: Kriterien und Boniturnoten des verwendeten Gesundheitsscores. Alle Noten wurden zusätzlich zu einem Gesamtscore addiert.

	0	1	2
Allgemeinzustand	Normal (aktiv)	Leicht eingeschränkt	Stark eingeschränkt
Husten	Kein Husten	Vereinzelt Husten	Wiederholtes Husten
Nase und Nasenausfluss	Kein Ausfluss	Wässriger Ausfluss oder sehr trockene Nase	Eitriger Ausfluss
Augen	unauffällig	Leichtes Tränen bei der Augen	
Ohren	Stehend	Hängend	
Verschmutzung des Analbereichs	unauffällig	Verschmutzt eingetrocknet	Verschmutzt nass / feucht
Nabel	Nabel einwandfrei	Nabel geschwollen, ohne Ausfluss	Nabel geschwollen, mit eitrigem Ausfluss

Außerdem wurde der Nesting Score von 1 – 3 nach Lago et al. (2006) erfasst. Dabei wurde beurteilt, wie tief sich das Kalb in die Einstreu eingraben kann. Bei Nesting Score 1 liegt das Kalb komplett auf der Einstreu und alle vier Beine sind sichtbar, bei Nesting Score 2 sind die Beine im Liegen teilweise von der Einstreu bedeckt, bei Nesting Score 3 sind die Beine des Kalbs im Liegen komplett von der Einstreu bedeckt und nicht mehr zu sehen (s. Abbildung 42). Zusätzlich wurden alle Kälber einmal wöchentlich gewogen, um die Gewichtszunahmen zu erfassen. Behandlungen mit Medikamenten durch die Tierärztin bzw. den Tierarzt oder das Stallpersonal wurden ebenfalls erfasst.



Abbildung 42: Beispielbilder für Nesting Score 1 (a), Nesting Score 2 (b) und Nesting Score 3 (c) nach Lago et al. 2006.

Erfassung Tierverhalten

Videokameras – analoge Auswertung

Um das Verhalten der Kälber erfassen zu können, waren beide Abteile mit jeweils drei Kameras (Mobotix Q71 Hemispheric) ausgestattet, die in 4,10 m Höhe von der Decke aus filmten. Die aufgezeichneten Videos wurden im time sampling Verfahren ausgewertet. Dabei wurden Aufnahmen von 05:00 – 07:00 Uhr und von 15:00 – 17:00 Uhr an drei Tagen pro Woche (Dienstag, Donnerstag, Samstag) betrachtet. Die Zeiträume wurden gewählt, um die Aktivitätspeaks während der Fütterungszeiten erfassen zu können. Die Aufnahmen wurden als

Standbilder in fünf Minuten Intervallen betrachtet, und die Häufigkeiten der Verhaltensweisen „Liegen“, „Stehen“ und „Stehen in Aktivität“ in einer Microsoft Excel Tabelle erfasst. Zur Unterscheidung „Stehen“ und „Stehen in Aktivität“ wurde das Video fünf Sekunden vor und nach dem Standbild abgespielt. Bewegte sich das Kalb während dieser Sequenz mehr als vier Schritte, wurde die Verhaltensweise als „Stehen in Aktivität“ gewertet. Aufgrund einer technischen Störung wurden während des laufenden Projekts alle Aufnahmen vor dem 18. März 2025 gelöscht. Eine Auswertung der Videodaten konnte daher nur vom 18. März bis 11. Mai 2025 erfolgen.

Videokameras – KI-gestützte Auswertung

Alle Videos im Zeitraum vom 26. April bis 30. Juli 2025 wurden außerdem an die Firma Wolution GmbH & Co. KG (An der Halde 1, 89281 Altenstadt) übergeben, um einen Algorithmus zur Erkennung der Verhaltensweisen mit künstlicher Intelligenz zu entwickeln. Um die Tiere anhand farbiger Halsbänder unterscheiden zu können und die Daten tierindividuell erfassen zu können, wurden nur Aufnahmen bei Tageslicht ausgewertet (05:00 – 20:00 Uhr).

Gefilmt wurde mit den oben beschriebenen drei Kameras pro Abteil (Mobotix Q71 Hemispheric) in 4,10 m Höhe mit einer framerate von 8 Bildern / Sekunde (s. Abbildung 8). Aufgezeichnet wurde jeweils von 05:00 bis 20:00 Uhr, da zu diesen Zeiten mit dem höchsten Aktivitätslevel der Kälber gerechnet wurde. Um mehrere Kälber auf einer Kamera zu identifizieren und unterscheiden zu können, wurde die Zuordnung der Kälber-ID zum jeweiligen Stallplatz für den Algorithmus hinterlegt. Da die Kameras eine gewisse Überschneidung der aufgenommenen Bildausschnitte aufwiesen, wurde zusätzlich festgelegt, auf welcher Kamera die Boxen ausgewertet werden sollen.

Zur Unterscheidung der Kälber in Kleingruppenhaltung wurden farbige Halsbänder eingesetzt. So konnte die KI erkennen, ob das Tier ein rotes, ein blaues oder kein Halsband trug. Durch den Abgleich mit der hinterlegten Liste mit Zuordnung der Kalb-ID zu Halsbandfarbe und Stallplatz erfolgte dann die Einzeltieridentifikation. Da diese Identifikation auf der Erkennung der verschiedenfarbigen Halsbänder beruhte, wurde der Infrarot-Modus der Kameras deaktiviert, um auch bei geringer Beleuchtung farbige Filmsequenzen aufnehmen zu können.

Tierererkennung

Zur Detektion der Tiere wurde ein neuronales Netzwerk für Objekterkennung (Object Detection) mit Videodaten aus der Zielumgebung trainiert. Die Trainingsdaten umfassen 1.950 Bilder mit jeweils etwa 5–6 Tieren pro Bild. Alle relevanten Objekte wurden dabei manuell annotiert. Als Annotationstool kam das frei verfügbare CVAT (Computer Vision Annotation Tool) zum Einsatz.

Annotiert wurden Objekte der folgenden Klassen:

- Körper liegend
- Körper stehend
- Hinterteil
- Kopf ohne Halsband
- Kopf mit blauem Halsband
- Kopf mit rotem oder weißem Halsband

Der Detektionsalgorithmus wurde auf einer GPU mit 24 GB VRAM unter Verwendung des Machine-Learning-Frameworks PyTorch trainiert.

Tieridentifikation

Die Tieridentifikation basiert im Kern auf den detektierten Köpfen und der dabei erkannten Halsbandfarbe. Jede der oben genannten Kopf- und Körperklassen wird zunächst unabhängig voneinander erkannt. Anschließend werden die einzelnen Detektionen (Kopf, Körper, Hinterteil) algorithmisch zu vollständigen Tieren zusammengeführt. Die Verknüpfung erfolgt über eine einfache, aber wirkungsvolle Überdeckungslogik (Overlap- bzw. IoU-basierte Heuristik):

- Für jeden erkannten Kopf wird derjenige Körper bzw. dasjenige Hinterteil gesucht, dessen Bounding Box sich räumlich am plausibelsten überschneidet.
- Dabei wird die geometrische Nähe untermauert durch eine Logikprüfung über ein Fenster von 10 aufeinanderfolgenden Frames.
- Innerhalb dieses Zeitfensters wird geprüft, ob die Zuordnung konsistent bleibt (z. B. Kopf mit blauem Halsband bleibt demselben Körper zugeordnet). Kurzzeitige Fehl- oder Nichtdetektionen werden so geglättet.

Ausreißer – etwa kurzzeitige falsche Zuordnungen oder unplausible Sprünge im Bild – werden über diese zeitliche Konsistenzprüfung erkannt und verworfen. Die Identität eines Tieres wird dadurch nicht auf Basis eines einzelnen Frames, sondern auf Grundlage eines kurzen Verlaufes von ca. 10 Frames festgelegt. Dies erhöht die Robustheit der Identifikation deutlich. Unterstützt wird dieser Prozess durch eine CSV-Datei, in der Erwartungswerte für die Tiere hinterlegt sind, u. a.:

- Erwartete Belegung der einzelnen Boxen
- Zuordnung von Tiernummern zu Stallbereichen

Diese Erwartungswerte fließen in die Logikprüfungen ein, um unplausible Konstellationen zu verhindern. Beispielsweise werden Konfigurationen wie „drei Tiere mit demselben Halsband in derselben Box“ als ungültig erkannt. In solchen Grenzfällen wird der Algorithmus angewiesen, eine Korrektur auf Basis der nächstwahrscheinlichsten Konstellation vorzunehmen – gestützt auf die Ausgaben der Detektion, die räumliche Verteilung der Tiere sowie die hinterlegten Belegungslisten.

Zusätzlich wird über die Belegungslisten festgelegt, welche Kamera welche Stallboxen abdeckt und verarbeitet. Da diese Zuordnung je nach Zusammenlegung oder Trennung von Boxen variieren kann, wurden Bildmasken erstellt. Diese Masken blenden für jede Kamera nur die relevanten Bereiche ein. So werden ausschließlich die tatsächlich zu beobachtenden Stallboxen an den Erkennungsalgorithmus weitergegeben, was sowohl die Genauigkeit als auch die Effizienz verbessert.

Tiertracking

Um die Identität der Tiere auch dann stabil zu halten, wenn in einzelnen Frames kein Kopf sicher detektiert werden kann (z. B. durch Verdeckung oder ungünstige Perspektive), kommt ein Trackingverfahren zum Einsatz. Hierbei wird jeder erkannte Tierkörper über die gesamte Videosequenz verfolgt. Es wird das weit verbreitete ByteTrack-Verfahren eingesetzt. Dieses Verfahren verknüpft die Detektionen zwischen aufeinanderfolgenden Frames auf Basis von:

- IoU (Intersection over Union) zwischen den Bounding Boxes und
- einem Kalman-Filter, der Position und Bewegung der Tiere modelliert.

Für den vorliegenden Anwendungsfall wurde ByteTrack angepasst, um einen an den Erwartungswerten orientierten Pool an Tieren zu verwenden. Anstatt ein aufwändiges Re-Identifikation-Modul (Re-ID) zu implementieren, werden die a priori bekannten Tierzahlen und Boxbelegungen zur Stabilisierung des Trackings genutzt. So wird sichergestellt, dass die Anzahl der

verfolgten Trajektorien mit den tatsächlich erwarteten Tieren übereinstimmt, und es werden unrealistische Fusionen oder Aufspaltungen von Trajektorien reduziert.

Speicherung der Daten

Die im jeweiligen Frame erkannten Einzelelemente (Körper, Kopf, Hinterteil) werden zu vollständigen Tieren zusammengeführt und anschließend in einer PostgreSQL-Datenbank gespeichert. Für jedes verarbeitete Frame und jedes eindeutig identifizierte Tier wird ein separater Datenbankeintrag erzeugt. Bei einem Frame mit z. B. sechs erkannten Tieren entstehen somit auch sechs Einträge. Ein typischer Datenbankeintrag umfasst unter anderem:

- Zeitstempel bzw. Frame-Index
- eindeutige Tier-ID
- Stall- bzw. Box-ID
- Positionen der Bounding Boxes (Körper, Kopf, Hinterteil)
- erkannte Haltung (liegend/stehend)
- erkannte Halsbandkategorie (z. B. blau, rot/weiß, ohne)
- Qualitäts- oder Konfidenzwerte der Erkennung

Diese strukturierte Ablage erlaubt eine detaillierte nachträgliche Analyse, statistische Auswertungen sowie die Verknüpfung mit weiteren Managementsystemen (z. B. Herdenmanagement, Gesundheitsmonitoring).

Technische Anforderungen

Das Training von Modellen mit Datensätzen dieser Größe erfordert sinnvollerweise den Einsatz von Grafikkarten mit ausreichend eigenem Arbeitsspeicher (VRAM). Im vorliegenden Fall wurde eine GPU mit 24 GB VRAM verwendet. Der Trainingsprozess des Detektionsmodells dauerte etwa 30 Stunden.

Für die eigentliche Anwendung der trainierten Modelle auf das Videomaterial (Inference) wurden ebenfalls GPUs eingesetzt. Hier spielt der verfügbare VRAM eine geringere Rolle als beim Training, da nur Vorhersagen erzeugt und keine Gradienten berechnet werden. In der praktischen Umsetzung hat sich gezeigt, dass die Nachverarbeitung der Detektionsdaten zur Identifikation und zum Tracking zeitlich relevanter ist als die eigentliche Inferenz des neuronalen Netzes.

Insgesamt wurde bei der Videoverarbeitung eine effektive Framerate von ca. 12 FPS erreicht, einschließlich Erkennung, Identifikation, Tracking und Datenbankschreibvorgängen.

Aktivitätssensoren

Des Weiteren waren während des Versuchszeitraums insgesamt acht Beschleunigungssensoren zur automatischen Bewegungserkennung im Einsatz (HOBOPendant G data logger, Onset Computer Corporation). Diese Sensoren wurden lateral am rechten Hinterbein am Metatarsus befestigt (s. Abbildung 43). Die dazu benötigten Taschen wurden im Rahmen des Projektes am Thünen-Institut entwickelt und in diesem Teilprojekt übernommen. Die Logger zeichneten im 10-Sekunden-Takt die Beschleunigung der x-, y- und z-Achse sowie den Grad der Neigung aller drei Achsen auf. Mithilfe eines Algorithmus, der von der Hochschule Rhein-Waal im Rahmen dieses Projektes entwickelt wurde, können dadurch die Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Aktivität unterschieden werden. Die Logger wurden ab dem Zeitpunkt der Installation an den Tieren befestigt und bis zur Ausstellung immer wieder demselben Tier zugeordnet. Da nicht alle Tiere mit Sensoren ausgestattet werden konnten, wurde auf eine gleichmäßige Verteilung der Sensoren zwischen den Abteilen und auch innerhalb eines Abteils geachtet, um

Verzerrungen durch Abweichungen zwischen den Stallplätzen zu vermeiden. Die Logger wurden alle zwei Tage abgenommen und mithilfe einer Software (HOBOWare, Onset Computer Corporation) ausgelesen und die Daten abgespeichert.



Abbildung 43: HOBO Beschleunigungssensor am rechten Metatarsus eines Kalbs.

Erfassung Stallklima

Während des Versuchszeitraums wurden kontinuierlich Stallklimamessungen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Parameter an unterschiedlichen Positionen im Stall gemessen (s. Abbildung 44). Die Anzahl und Position der verschiedenen Sensoren waren in beiden Abteilen identisch.

Temperatur und Luftfeuchte wurden mit zwei Sensoren (HOBO RXW-THC-B, Onset Computer Corporation) auf einer Höhe von 1,40 m über Boden jeweils am Anfang und Ende der Kälberboxenreihe erfasst. An gleicher Stelle befanden sich auch zwei Sensoren (Schmidt-Sensoren SS20.250, SCHMIDT Technology GmbH) zur Messung der Luftbewegung. Um das Klima zusätzlich direkt am Tier erfassen zu können, waren in vier Boxen auf einer Höhe von ca. 0,50 m jeweils ein Temperatur- und Luftfeuchtesensoren eingebaut. Die Sensoren waren mit einer Abschirmung aus Edelstahl-Lochblech umhüllt, um die Sensoren vor der Beschädigung durch die Tiere zu schützen. In einer Höhe von 3,80 m wurde die Kohlenstoffdioxid- (DOL-Sensor 119, dol-sensors A/S) und auf einer von Höhe 1,80 m die Ammoniakkonzentration (DOL-Sensor 53, dol-sensors A/S) gemessen.

Das Außenklima wurde mit einer Wetterstation im Abstand von ca. 50,0 m südliche des Stalls erfasst. Gemessen wurden die Temperatur und Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung, Strahlung sowie Niederschlag. (HOBO RXW-HC-B, HOBO RXW-WCG, HOBO RXW-LIB, HOBO RXW-RGF, alle Onset Computer Corporation).

Bei der Auswertung der Messdaten, sowie für die Entwicklung der Lüftungsstrategie ist die Frage der Messgenauigkeit der Sensoren zu berücksichtigen. Die verwendeten Temperatur- und Feuchte-Sensoren des Typs HOBO RXW-THC-B haben gemäß Datenblatt im Temperaturbereich von - 40 °C bis + 75 °C eine Genauigkeit $\pm 0,2$ °C und $\pm 2,5$ % relative Luftfeuchtigkeit. Somit bewegt sich die Messgenauigkeit bei Temperatur und Luftfeuchte in Bereichen, die zur Beurteilung des Stallklimas nicht relevant sind. Die verwendeten Luftbewegungssensoren SS20.250 der SCHMIDT Technology GmbH haben im Temperaturbereich von - 20 °C bis + 70 °C eine Messgenauigkeit von ± 5 % vom Messwert bei einer unteres Nachweisgrenze von 0,06 m/s. Gemäß DIN 18910 soll die Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich im Winter nicht

höher als 0,2m/s sein (DIN 18910:2017-08). Somit spielt auch hier die Messgenauigkeit der Sensoren zur Beurteilung des Stallklimas keine Rolle.

Anders verhält es sich bei den Kohlendioxidsensoren, die zur Beurteilung der Luftqualität von entscheidender Bedeutung sind. Die verwendeten Sensoren vom Typ DOL-Sensor 119 wurden vom Hersteller speziell für die Verwendung in Ställen optimiert. Gemäß Datenblatt haben die Sensoren im Temperaturbereich von 0 °C bis + 50 °C eine Messgenauigkeit von 50 ppm + 5% des Messwerts bei einer Temperaturstabilität von ± 2.5 ppm / °C. Daraus folgt, dass die Messgenauigkeit bei einer Kohlendioxidkonzentration der ungestörten Außenluft von 400 – 420 ppm und bei 30 °C im ungünstigsten Fall bei 145 ppm liegen kann. Bei einer Konzentration von 1.000 ppm kann der Messwert im ungünstigsten Fall bereits um 175 ppm vom tatsächlichen Wert abweichen. Diese Abweichungen sind damit bei der Konzeption einer Lüftungsstrategie zu berücksichtigen.

Der verwendete Sensortyp zur Messung der Ammoniak-Konzentration, DOL-Sensor 53, ist ebenfalls zur Verwendung in Nutztierställen entwickelt worden. Im Temperaturbereich von 0 °C bis + 50 °C liegt die Messgenauigkeit bei 1,5 ppm oder ± 10 % vom Messwert bei einer Langzeitdrift von $< \pm 10$ % vom Messwert / Jahr. Daraus folgt, dass relevante Messwerte der Ammoniak-Konzentration bei den im Versuch verwendeten Sensoren erst ab Messgrößen von > 2 ppm vorliegen.

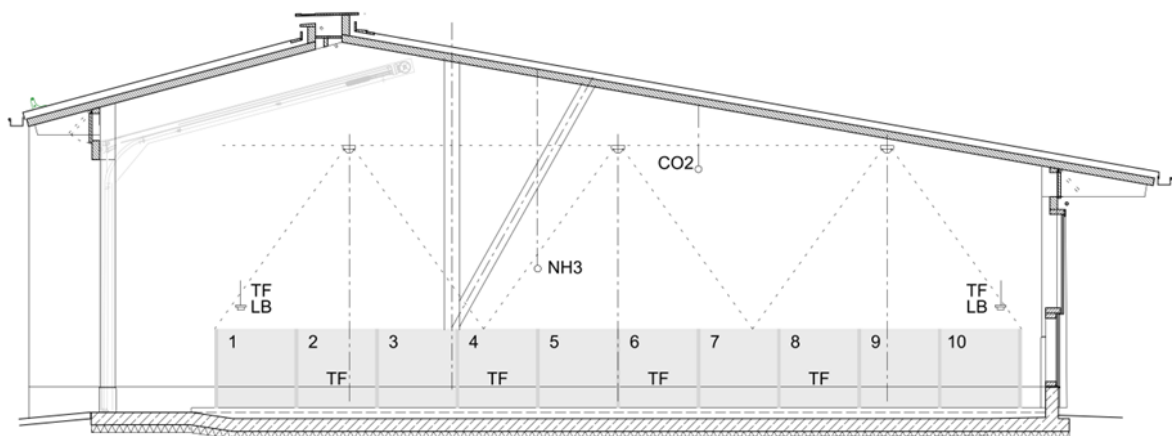


Abbildung 44: Schnitt durch das Versuchsabteil A des Kälberstalls in Achselschwang mit den Positionen der verschiedenen Messsensoren (TF: Temperatur und Luftfeuchte; LB: Luftbewegung; NH₃: Ammoniak; CO₂: Kohlenstoffdioxid) und Videokameras (schematisch).

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Microsoft Excel (Version 2408) und R Version 4.2.3 (R Core Team 2023). Zum Vergleich der Tiergesundheit und des Tierverhaltens zwischen Abteil A und B bzw. zwischen Einzel- und Kleingruppenhaltung wurde zuerst ein Wilcoxon-Test durchgeführt. Dieser Test prüft, ob sich zwei Gruppen unterscheiden und ob dieser Unterschied zufällig entstanden ist oder nicht. Waren hier signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) auffällig, wurde zusätzlich eine lineare Regression durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen den Variablen darzustellen. Zum Abgleich mit den erhobenen Stallklimadaten wurden die Temperaturdaten herangezogen, da diese den größten Unterschied zwischen den beiden Abteilen aufwiesen. Dabei wurden Tagesdurchschnittstemperaturen sowie die Minimaltemperatur, Maximaltemperatur und die Temperaturspanne (Differenz zwischen Minimal- und Maximaltemperatur) betrachtet. Auch mit diesen Daten wurde zunächst ein Wilcoxon-Test durchgeführt, um den Unterschied zwischen den Abteilen zu verdeutlichen. Anschließend wurden die Temperaturdaten in die lineare Regression der Tagesdatensätze mit einbezogen. Die

Ergebnisse wurden bei $p \leq 0,05$ als signifikant gewertet. Auf die genaue Vorgehensweise wird in den jeweiligen Kapiteln im Ergebnisteil eingegangen.

2.3.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (LfL)

Erkenntnisse der Literaturrecherche (aus AP 2)

Kälbergesundheit

Der große Verbesserungsbedarf im Bereich der Kälbergesundheit wird vor allem in der PraeRi-Studie sehr deutlich gezeigt. In dieser groß angelegten repräsentativen Querschnittsstudie wurden 13.656 Kälber auf 731 zufällig ausgewählten Betrieben in Nord-, Ost- und Süddeutschland untersucht (PraeRi 2020). Dabei wurden 42 % der Kälber als erkrankt diagnostiziert, wobei 20,9 % ($n = 2.876$) an Nabelentzündungen litten, 18,9 % ($n = 2.670$) an Durchfall, 8,7 % ($n = 1.100$) an respiratorischen Erkrankungen und 7,1 % ($n = 987$) an mehreren Erkrankungen zugleich (PraeRi 2020; Dachrodt et al. 2021). Die tatsächlichen Inzidenzen könnten jedoch noch höher liegen, da die Landwirtinnen und Landwirte der besuchten Betriebe von Jahresinzidenzen z. B. von Atemwegserkrankungen von 8,9 % im Süden Deutschlands bis 19,8 % im Osten berichteten (PraeRi 2020). Außerdem wurden nur Kälber als respiratorisch erkrankt erfasst, die neben einer verschärften Lungenauskultation zusätzlich Fieber, Röhrenatmen oder weitere Lungennebenegeräusche aufwiesen. Ein verschärftes Lungengeräusch kann jedoch auch ohne Zusatzbefund ein Hinweis auf eine vorangegangene oder bevorstehende respiratorische Erkrankung sein, die in diesem Versuchsdesign mit einmaligen Bestandsbesuchen somit nicht erfasst wurde. Vergleichbare Inzidenzen zu denen aus der PraeRi-Studie wurden auch in anderen Ländern ermittelt. Eine ähnlich aufgebaute US-amerikanische Studie zeigte bei 4.636 untersuchten Kälbern auf 100 Betrieben eine BRD-Prävalenz von 4,5 – 9,3 % je nach Region (Karle et al. 2019). In einer schwedischen Studie wurde für Atemwegserkrankungen eine Inzidenz von 7% festgestellt (Svensson et al. 2003). Im Sinne des Tierwohls, aber auch zur Verbesserung der Verbraucherakzeptanz und Lebensmittelsicherheit durch Antibiotikareduktion müssen diese hohen Fallzahlen von Atemwegserkrankungen reduziert werden. Die hierfür möglichen Ansätze werden im Nachfolgenden beschrieben. Zuerst soll jedoch auf die Pathogenese von Atemwegserkrankungen eingegangen werden.

Grundsätzlich sind alle Kälbererkrankungen multifaktoriell bedingt, also von vielen verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. Während Durchfälle und Nabelentzündungen vor allem durch Hygienefaktoren und den Immunstatus der Kälber bedingt werden, spielen bei respiratorischen Erkrankungen auch klimatische und haltungstechnische Faktoren eine Rolle, die durch die Gestaltung von Aufstallung und Gebäudehülle beeinflusst werden können (Lorenz et al. 2011c; Lorenz et al. 2011b; Lorenz et al. 2011a; Carter et al. 2021). An der enzootischen Bronchopneumonie („Kälbergrippe“ / „Rinder Grippe“) – der häufigsten Atemwegserkrankung bei Kälbern – ist eine Vielzahl von bakteriellen und viralen Erregern beteiligt (Gaudino et al. 2022). Diese Erreger alleine lösen jedoch keine Erkrankung aus, da die meisten von ihnen auch in der natürlichen Flora der Atemwegsschleimhaut vorkommen (Gaudino et al. 2022). Eine klinische Erkrankung entsteht erst durch ein Zusammenspiel der verschiedenen Erreger und zusätzlichen Schwächung des Immunsystems durch Stress jeglicher Art (Callan und Garry 2002; Gulliksen et al. 2009; Taylor et al. 2010; Lorenz et al. 2011a; Gaudino et al. 2022). Dieser Stress kann z. B. durch Umstallung, Transport, Enthornung und Kastration oder auch extreme Kälte und Hitze ausgelöst werden (Taylor et al. 2010; Carter et al. 2021). Um eine nachhaltige Verbesserung der Kälbergesundheit zu erreichen, müssen also viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden.

Der Grundstein für eine gute Kälbergesundheit wird bereits im Mutterleib gelegt und kann unter anderem durch das Klima beeinflusst werden. Leidet das Muttertier unter Hitzestress, kann dies zu einem geringeren Geburtsgewicht des Kalbes und später zu geringeren Zunahmen führen (Broucek et al. 2008; Dado-Senn et al. 2020b). Außerdem kann die Kolostrumqualität

durch den Einfluss von Hitzestress leiden und so zu einer schlechteren Versorgung der Kälber mit schützenden Antikörpern führen (Nardone et al. 2006; Halli et al. 2023). Auch die Versorgung der Muttertiere mit Vitaminen und Spurenelementen ist für die Kälbergesundheit entscheidend. Vor allem ein Selenmangel kann zu Beeinträchtigungen der Kälber führen, da das Element eine wichtige Rolle im Immunsystem spielt und ein Mangel zu muskulären Degenerationen und Trinkschwäche führen kann (Wiedemann et al. 2012; Mehdi und Dufrasne 2016). Außerdem sollte eine übermäßige Verfettung der Muttertiere während der Trockenstehphase vermieden werden, um dem Risiko von Schweregeburten durch einen zu engen Geburtskanal vorzubeugen (Lorenz et al. 2011c; Wiedemann et al. 2012).

Denn auch dieser nächste Schritt im Leben des Kalbes, die Geburt, hat einen großen Einfluss auf die spätere Tiergesundheit. Die Geburt sollte regelmäßig und sorgfältig überwacht werden, um bei Problemen schnell eingreifen zu können und so den Anteil der Schweregeburten zu senken. Kälber können nach Schweregeburten durch den entstehenden Sauerstoffmangel eine höhere Sterblichkeit aufweisen und sind durch die daraus resultierende Beeinträchtigung der Thermoregulation anfälliger für Krankheiten und Hitze- bzw. Kältestress (Vermorel et al. 1983; Svensson et al. 2003; Lorenz et al. 2011c; Roland et al. 2016). Da die Kälbermortalität in den ersten Lebenswochen am höchsten ist (Vermorel 1987; Gulliksen et al. 2009; PraeRi 2020), ist eine intensive Betreuung der neugeborenen Kälber sehr wichtig. Vor allem der große Unterschied zwischen der Temperatur in utero und der Außentemperatur sowie die zusätzliche Auskühlung durch das nasse Fell nach der Geburt stellt eine Herausforderung für die Neugeborenen dar und kann die Kälbergesundheit belasten (Vermorel 1987). Daher sollten Kälber nach der Geburt zügig abgetrocknet werden und in eine saubere, trockene und keimarme Umgebung gebracht werden (Fröhner und Reiter 2005; Wiedemann et al. 2012; Silva und Bittar 2019).

Da Kälber ohne spezifisches Immunsystem zur Welt kommen, sind sie zur Abwehr von Krankheitserregern auf Antikörper aus der Kolostralmilch, der ersten Muttermilch, angewiesen. Damit diese Antikörper in ausreichender Menge aufgenommen werden können, sollten Kälber innerhalb der ersten 4 – 6 Lebensstunden, idealerweise aber direkt nach der Geburt 3 – 4 Liter hochwertiges Kolostrum aufnehmen (Lorenz et al. 2011c). Der große Verbesserungsbedarf in diesem Bereich wurde durch die PraeRi-Studie verdeutlicht, in der gezeigt wurde, dass in 44,3 % der bayerischen Betriebe Kälber weniger als 3 Liter Kolostrum angeboten bekommen (PraeRi 2020). Das Kolostrum dient jedoch nicht nur zur Versorgung mit Antikörpern, es spielt auch bei der Wärmeproduktion eine große Rolle und ist die wichtigste Energiequelle des Kalbs (Roland et al. 2016; Silva und Bittar 2019). Außerdem trägt es bei Aufnahme während der ersten Lebenstage zur gesunden Entwicklung des Gastrointestinaltrakts bei (Pyo et al. 2020). Eine gute Kolostrumversorgung ist also die wichtigste Maßnahme, um Kälbererkrankungen vorzubeugen (Carter et al. 2021; Lorenz et al. 2021).

Auch nach der Kolostralphase sollte der Kälberfütterung größere Bedeutung beigemessen werden. Kälber sollten mindestens 20 % ihrer Körpermasse an Milch pro Tag erhalten, auf mindestens drei Mahlzeiten aufgeteilt (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023). Nur so kann sichergestellt werden, dass die Kälber genügend Energie für Wachstum und Thermoregulation zur Verfügung haben. Die aktuelle Situation in bayerischen Milchviehbetrieben ist jedoch so, dass nur 16,3 % der Betriebe den Kälbern bis zum Alter von zwei Wochen mehr als 9 Liter pro Tag anbieten, 9,3 % der Betriebe bieten sogar nur 4 Liter oder weniger pro Tag an, was lediglich den Erhaltungsbedarf eines Kalbs, ohne Reserven für Wachstum und Thermoregulation, decken kann (Silva und Bittar 2019; PraeRi 2020). Dieses Ziel der bedarfsdeckenden Fütterung muss daher zuerst erreicht werden, bevor über die positiven Effekte verschiedener Haltungs- und Aufstallungsformen diskutiert werden kann.

Nach der Geburt sind die Kälber vor allem in den ersten Lebenstagen und -wochen für verschiedene Krankheiten empfänglich. So konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass Durchfälle vor allem in den ersten beiden Lebenswochen auftreten, respiratorische Erkrankungen jedoch erst ab der 4. Lebenswoche zunehmen (Svensson et al. 2003; Lago et al. 2006; Windeyer et al. 2014; PraeRi 2020). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Infektion mit

Durchfallerregern meist direkt in der Abkalbebuchst bzw. bei Einstallung in den Kälberbereich erfolgt. Wie zuvor bereits erwähnt, sind meist Stressereignisse die Auslöser von Atemwegserkrankungen, diese treten in Form von Umstallung, Futterumstellung und Transport vor allem ab der vierten Lebenswoche auf.

Das große Ziel dieses Projektes ist es, die Gesundheit von Kälbern nachhaltig zu verbessern. Die Ausführungen hier verdeutlichen jedoch, wie komplex diese Thematik ist. So kann die Verbesserung einer einzelnen Managementmaßnahme zu keiner langfristigen Verbesserung der Tiergesundheit führen, sondern nur einen Beitrag dazu leisten (Callan und Garry 2002).

Haltungsform

Die Haltungsform hat einen großen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Kälber. Die Ansprüche, die sich aus einer optimalen Tiergesundheit ergeben, stellen jedoch teilweise einen Gegensatz zu den Ansprüchen dar, die auf einem optimalen Tierwohl basieren. Für eine bestmögliche Tiergesundheit wird in den USA empfohlen, Kälber mit einer soliden Barriere zwischen den Boxen einzeln zu halten, um so die Pathogenübertragung von Kalb zu Kalb auf ein Minimum reduzieren zu können (Lago et al. 2006; Marcé et al. 2010). In mehreren Studien wurde ein geringeres Risiko für respiratorische Erkrankungen in Einzelhaltung im Vergleich zur Gruppenhaltung dargestellt (Hanekamp et al. 1994; Karle et al. 2019). Diese strikte Trennung lässt sich in Deutschland nicht mit den Vorgaben aus der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vereinbaren, laut denen die Seitenbegrenzungen der Boxen so durchbrochen sein müssen, dass die Kälber Sicht- und Berührungskontakt zu anderen Kälbern haben können (TierSchNutzTV, vom 22.08.2006).

Es gibt jedoch auch Studien, in denen diese Annahme widerlegt wurde, und Gruppenhaltung mit keinem erhöhten Krankheitsrisiko (Hänninen et al. 2003; Costa et al. 2016) bzw. erst ab einer Gruppengröße von acht oder mehr Tieren assoziiert werden konnte (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023). Gruppenhaltung bringt außerdem weitere Vorteile für das Tierwohl und das Tierverhalten mit sich. Die Tiere zeigen keinen Isolationsstress, haben mehr Bewegungsmöglichkeiten und können verschiedene Verhaltensweisen wie soziale Interaktionen und Erkundungsverhalten besser ausleben (Raussi et al. 2003; EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023). Die Anwesenheit einer Artgenossin bzw. eines Artgenossen kann die Reaktion auf einen Stressor vermindern, und früh geformte soziale Bindungen können ein Leben lang bestehen (Costa et al. 2016). Außerdem gibt es Hinweise, dass Kälber, die zu zweit in einem Iglu aufgestellt sind, niedrige Temperaturen besser tolerieren können, als einzeln gestallte Kälber (Reuscher et al. 2024). Auch die Futteraufnahme kann bei paarweise gehaltenen Kälbern höher sein (Pempek et al. 2016; Reuscher et al. 2024). Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) empfiehlt daher, Kälber früh in stabilen Kleingruppen mit ausreichend Beschäftigungsmaterial zu halten, um ihnen ein natürliches Verhalten zu ermöglichen, ohne die Tiergesundheit zu gefährden.

Eine häufige Aufstallungsform für Kälber bis zum Alter von zwei Wochen sind Einzeliglus (PraeRi 2020). Der Vorteil der Frischluftzufuhr, die mit dieser Haltungsform gegeben ist, wurde einerseits vor allem in der PraeRi-Studie deutlich. Auf Betrieben, die ihre Kälber ab der dritten Lebenswoche nicht in Stallgebäuden (definiert als geschlossene Ställe, Offenfrontställe und Ställe mit mehr als einer offenen Seite), sondern mit direktem Kontakt zur Außenluft, wie er z. B. in Iglus gegeben ist, hielten, wiesen diese eine geringere Inzidenz für Atemwegserkrankungen auf (PraeRi 2020). Andererseits weisen Iglus, neben den zuvor genannten Nachteilen der Einzelhaltung, vor allem im Sommer weitere Schwächen auf. Ohne zusätzlichen Sonnenschutz heizen sich die Iglus bei direkter Sonneneinstrahlung sehr stark auf. Dabei wurden um bis zu 5,9 K höhere Temperaturen im Vergleich zur Außentemperatur und bis zu 40 °C im Inneren der Iglus gemessen (Kovács et al. 2018c; Hansen 2020; Young et al. 2020). Derart hohe Temperaturen lösen starken Hitzestress aus und konnten in einer Studie mit einer erhöhten Prävalenz von Atemwegserkrankungen assoziiert werden (Louie et al. 2018). Wenn im Sommer zusätzlicher Schatten über den Iglus gewährleistet ist, ist diese Form der Haltung

aber aufgrund der hohen Frischluftzufuhr und des im Vergleich zu Einzelboxen größeren Aktivitätsbereichs als vorteilhaft für Kälber anzusehen (Marcé et al. 2010; Wójcik et al. 2013; EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023).

Im Vergleich zu älteren konventionellen Ställen konnten einzelne Studien Vorteile von Einzelglus im Bezug auf die Atemwegsgesundheit darstellen, wie z. B. niedrigere Inzidenzen, kürzere Erkrankungsdauer, weniger schwere Erkrankungen und niedrigere Mortalität (Waltner-Toews et al. 1986a, 1986b; Wójcik et al. 2013). Ein moderner und gut belüfteter Stall kann jedoch im Vergleich zu Einzelglus auch ein besseres Stallklima mit niedrigeren Luftkeimgehalten aufweisen (Hill et al. 2011). Außerdem können neuere Ställe oft besser gereinigt werden als Einzelglus, was zu einer besseren Hygiene führt (Hill et al. 2011).

Neben dem Gebäudetyp bzw. der Aufstellungsform ist auch Einstreumaterial für eine gute Kälbergesundheit wichtig. Die Menge und Qualität der Einstreu kann nach dem Nesting Score beurteilt werden. Hier wird in drei Stufen unterschieden, wie weit sich das Kalb in die Einstreu eingraben kann. Basierend auf dieser Einteilung konnte gezeigt werden, dass Tiere mit einem hohen Nesting Score ein signifikant geringeres Risiko hatten, an den Atemwegen zu erkranken (Lago et al. 2006). Nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Einstreu ist für den Gesundheitszustand von Kälbern entscheidend. Die Aufstallung von Kälbern und auch der Abkalbbereich muss so gestaltet sein, dass eine regelmäßige und gründliche Reinigung und Desinfektion zur Reduktion der Keimlast möglich ist und dass die Kälber stets trocken liegen können (Frank und Kaneene 1993; Wiedemann et al. 2012; Karle et al. 2019).

Zusammenfassend zeigt die Literatur-Recherche, dass es zur optimalen Haltungs- und Aufstellungsform bislang keine eindeutigen Empfehlungen gibt. Einzelglus sind älteren, konventionellen Ställen mit schlechter Lüftung hinsichtlich des erreichbaren Gesundheitsstatus bei den gehaltenen Tieren überlegen. Wiederum ist die Haltung von Kälbern in stabilen Kleingruppen (ohne mehrfache Veränderung der Gruppenzusammensetzung) der Einzelhaltung vorzuziehen. Moderne neugebaute Ställe mit guter Durchlüftung können inzwischen mehr Vorteile aufweisen. Unabhängig von der Haltungs- und Aufstellungsform muss auf ausreichend trockene Einstreu geachtet werden sowie auf eine gute Hygiene in Form von regelmäßiger Reinigung und Desinfektion. Die Grundlage für eine erfolgreiche Kälberaufzucht, unabhängig in welcher Form, ist jedoch immer ein gutes Management und eine ausreichende Versorgung der Kälber mit Kolostrum, hochwertigem Futter und Wasser.

Stallklima

Einen weiteren großen Einfluss auf die Kälbergesundheit, insbesondere auf die Atemwegsgesundheit, hat das Stallklima. Dieses setzt sich aus vielen verschiedenen Parametern zusammen, die sich zum Teil auch gegenseitig beeinflussen, wie z. B. Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit. Daher stellen Untersuchungen in diesem Bereich zur Identifikation bestimmter Risikofaktoren eine große Herausforderung dar. Trotzdem soll im Nachfolgenden auf die einzelnen Stallklimaparameter und ihre bisher bekannten Einflüsse auf die Kälbergesundheit eingegangen werden.

Temperatur und thermoneutrale Zone

Die thermoneutrale Zone wird definiert als die Temperaturzone, in welcher der Organismus die Körpertemperatur mit minimalen regulatorischen Maßnahmen (z. B. durch Stoffwechsel oder Pansenfermentation) aufrechterhalten kann (Webster 1984). In dieser Zone ist die Wärmeproduktion nahezu konstant und unabhängig von der Umgebungstemperatur (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen Schweiz (BLV) 2009). Sie wird begrenzt von der oberen und unteren kritischen Temperatur, ab der Mechanismen wie Kältezittern oder Wasserverdunstung über die Haut bzw. die Atemwege eingesetzt werden, um die Körpertemperatur stabil zu halten (s. Abbildung 45), (Bianca 1976)

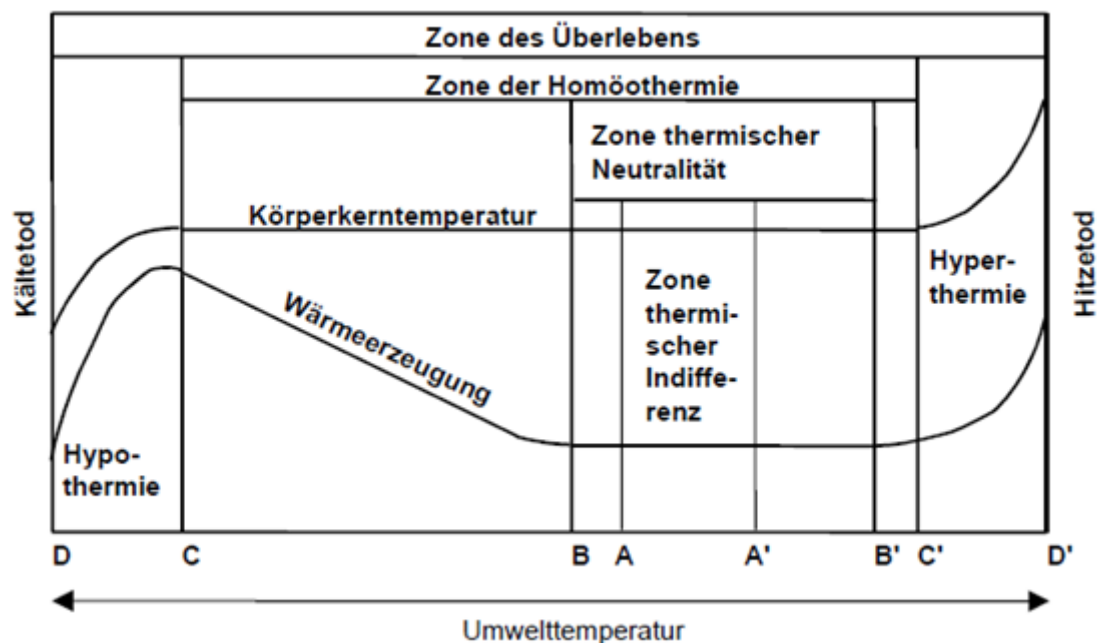


Abbildung 45: Kritische Zonen und Temperaturen für die Thermoregulation nach Bianca (1976), aus Stallklimawerte und ihre Messung in Rinderhaltungen, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV).

Temperaturen außerhalb der thermoneutralen Zone bedeuten also nicht automatisch einen Nachteil für die Tiere, sondern sind lediglich Auslöser bestimmter (energieintensiver) Mechanismen der Thermoregulation. Zu einer Überforderung des Körpers kommt es erst außerhalb der sogenannten Zone der Homöothermie (s. Abbildung 46), wenn die Mechanismen zur Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur (z. B. Zittern, Hecheln, Schatten aufsuchen, Haufenlagerung) ausgeschöpft sind (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen Schweiz (BLV) 2009).

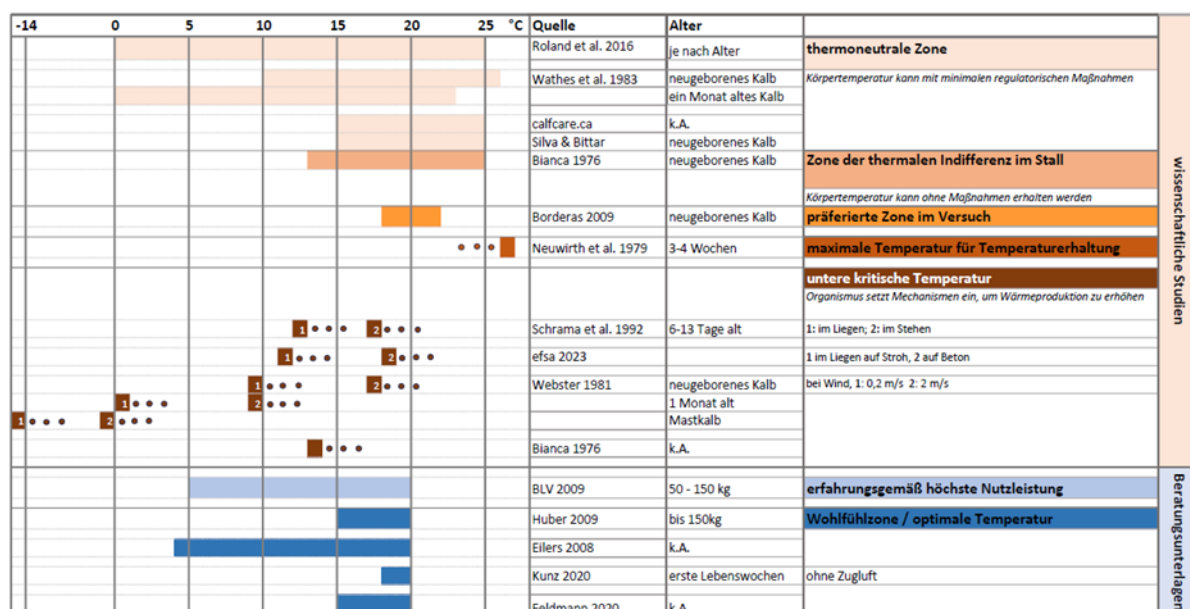


Abbildung 46: Optimale Temperaturen und thermoneutrale Zone des Kalbes nach verschiedenen Literaturquellen.

Die thermoneutrale Zone wird für neugeborene Kälber zwischen 10 °C bzw. 15 °C und 25 °C angegeben (Bianca 1976; Wathes et al. 1983; Silva und Bittar 2019). Mit zunehmendem Alter

sinkt die untere kritische Temperatur immer weiter. Für Kälber im Alter von einem Monat liegt sie dann etwa bei 0 – 5 °C (Wathes et al. 1983; [Roland et al. 2016](#); Silva und Bittar 2019). Ältere Tiere können durch die einsetzende Pansenaktivität mehr Wärme produzieren, sowie durch vermehrtes Unterhautfett und dichteres Fell dementsprechend niedrigeren Außentemperaturen standhalten (Vermorel 1987; Roland et al. 2016). Umwelteinflüsse wie Wind oder Regen können die thermoneutrale Zone nach oben verschieben (Holmes und McLean 1975). Zur Zone der Homöothermie (Bereich, in der die Körpertemperatur mithilfe verschiedener physiologischer Mechanismen aufrechterhalten werden kann) und deren gesundheitsgefährdenden Grenzwerten gibt es nach aktuellem Kenntnisstand keine genauen Angaben für Kälber.

Neben der klar definierten thermoneutralen Zone finden sich jedoch auch weitere Angaben und Empfehlungen zu den optimalen Temperaturbereichen für Kälber. In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) ist beispielsweise angegeben, dass im Liegebereich von Kälberställen 25 °C nicht überschritten werden sollen. Außerdem sollen während der ersten zehn Lebenstage 10 °C nicht unterschritten werden, danach 5 °C. Diese Angaben gelten jedoch nicht für Ställe, die als Kaltställe oder Kälberhütten genutzt werden (TierSchNutzTV, vom 22.08.2006). Diese Vorgaben stimmen zwar mit den Angaben zur unteren kritischen Temperatur von Kälbern überein ([Wathes et al. 1983](#)), sind jedoch in einem Außenklimastall in gemäßigtem oder kontinentalem Klima nicht einzuhalten. In Beratungsunterlagen finden sich weitere Angaben zu unklar definierten Bereichen wie einer „Wohlfühlzone“ oder einer „optimalen Temperatur“ für Kälber im Bereich 15 – 20 °C (Eilers 2008; Kunz 2020).

Diese Temperaturen im Bereich der thermoneutralen Zone von ca. 5 – 20 °C werden im Allgemeinen als unkritisch für die Kälbergesundheit eingestuft. Sie können jedoch nur in geschlossenen Ställen mit Zuluftkonditionierung und Klimatisierung erreicht werden. Diese geschlossenen Systeme führen aufgrund der oft schlechteren Luftqualität zu einem erhöhten Risiko für Atemwegserkrankungen (Callan und Garry 2002; Roland et al. 2016; van Leenen et al. 2020; PraeRi 2020). Außerdem muss beachtet werden, dass die Haltung von jungen Kälbern in einer beheizten Umgebung zu einer Konditionierung auf diese klimatischen Verhältnisse führen kann. Werden die Kälber dann in einem späteren Lebensabschnitt in einen Außenklimastall umgestallt und stärkeren klimatischen Schwankungen ausgesetzt, kann dies zu zusätzlichem Stress und Erkrankungen führen. Wissenschaftliche Studien zu den genauen Folgen eines Wechsels der Haltungsform gibt es nach derzeitigem Kenntnisstand jedoch nicht. Daher wird vermehrt eine Haltung im Außenklima empfohlen, welche vor allem im Winter mit Temperaturen unterhalb der thermoneutralen Zone einhergeht (Fröhner und Reiter 2005; Lorenz et al. 2011a; Roland et al. 2016).

Es gibt zwar Studien, in denen Temperaturen unterhalb der thermoneutralen Zone mit erhöhten respiratorischen Symptomen assoziiert werden konnten (Nonnecke et al. 2009), aber eindeutige Zusammenhänge zwischen niedrigen Umgebungstemperaturen und einem erhöhten Risiko für Atemwegserkrankungen gibt es nach derzeitigem Kenntnisstand nicht (Donlon et al. 2023b). Übereinstimmung herrscht jedoch dahingehend, dass Kälber auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt erfolgreich aufgezogen werden können (Okamoto et al. 1993; Eilers 2008; Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen Schweiz (BLV) 2009; Reusch et al. 2024).

Für neugeborene Kälber stellt vor allem der große Unterschied zwischen der Umgebungstemperatur in utero und der Außentemperatur eine große Herausforderung dar, sowie starke Temperaturschwankungen (Vermorel 1987; Callan und Garry 2002; Roland et al. 2016). Dabei ist eine ausreichende Kolostrumversorgung unabdingbar, da die Kolostralmilch die wichtigste Energiequelle für das neugeborene Kalb darstellt (Wathes et al. 1983). Neugeborene Kälber können Wärme durch Muskelzittern oder im Rahmen der zitterfreien Thermogenese durch den Stoffwechsel des braunen Fettgewebes produzieren (Silva und Bittar 2019). Das braune Fettgewebe kann auch Zucker aus der Nahrung umwandeln und für die Thermogenese nutzen (Silva und Bittar 2019). Hierfür ist jedoch eine ausreichende Energieversorgung nötig. Da Kälber zum Zeitpunkt der Geburt wenig Körperfett besitzen bzw. dieses schnell verbraucht ist, muss die benötigte Energie aus der Nahrung kommen (Webster 1984; Nonnecke et al. 2009).

Wenn die Milchmenge rationiert wird, fehlt dem Tier die nötige Energie für das Wachstum und die Thermoregulation (Bianca 1976). Da die Fähigkeit zur Thermoregulation zum Zeitpunkt der Geburt noch nicht so stark ausgeprägt ist, sind Kälber bei niedrigen Temperaturen auf eine externe Wärmezufuhr angewiesen (Borderas et al. 2009; Silva und Bittar 2019). Dafür können in kritischen Phasen zur Unterstützung der körpereigenen Wärmeproduktion Kälberdecken und Wärmelampen eingesetzt werden (Silva und Bittar 2019; Feldmann 2022).

Auch wenn es den Anschein hat, dass Kälber insgesamt hitzeresistenter als Kühe sind, können hohe Temperaturen auch für Kälber ein Gesundheitsrisiko darstellen (Dado-Senn et al. 2020b; Kovács et al. 2020). So konnte in einer Studie aus Kalifornien gezeigt werden, dass ein erhöhtes Risiko für Atemwegserkrankungen mit hohen Maximaltemperaturen (32,0 – 42,5 °C) assoziiert ist (Louie et al. 2018). Andauernder Hitzestress resultiert in einer reduzierten Sekretion anaboler Hormone, was zu einem Leistungsabfall und geringeren Tageszunahmen führt (Vermorel 1987; Nardone et al. 2006; Broucek et al. 2008). Außerdem kann ein heißes und trockenes Klima die Immunantwort unterdrücken (Roland et al. 2016). Veränderungen bei physiologischen Parametern wie Körpertemperatur, Atemfrequenz und Blutparametern können ab Temperaturen von 32,2 – 44,0 °C beobachtet werden (Neuwirth et al. 1979; Kovács et al. 2020). Eine Kühlung durch Ventilatoren während der heißen Jahreszeit kann zu höheren Tageszunahmen führen und die Kälbergesundheit verbessern (Hill et al. 2011; Dado-Senn et al. 2020a).

Kälber können also konstant niedrige Temperaturen auch unterhalb der thermoneutralen Zone und unterhalb des Gefrierpunkts aushalten, wenn sie trocken und windgeschützt aufgestellt sind und gleichzeitig mit ausreichend Nährstoffen und Energie versorgt werden (Okamoto et al. 1993; Nonnecke et al. 2009). Temperaturen innerhalb der thermoneutralen Zone können nur durch eine vollständige Klimatisierung der Ställe erreicht werden, was zu großen Problemen bei späterer Umstellung ins Außenklima führen kann. Bei heißen Temperaturen sollten entsprechende Kühlungsmaßnahmen getroffen werden. Vor allem starke Temperaturschwankungen stellen ein großes Risiko für die Kälbergesundheit dar (Roland et al. 2016; Feldmann 2022). Eindeutige Angaben zu gesundheitsgefährdenden Temperaturbereichen gibt es jedoch nicht (Donlon et al. 2023b).

Relative Luftfeuchtigkeit und Luftkeimgehalt

Die einzelnen klimatischen Parameter können nicht isoliert auf ihren Einfluss auf die Kälbergesundheit betrachtet werden. Vor allem Temperatur und Luftfeuchte korrelieren stark, da die relative Luftfeuchte sinkt, sobald die Temperatur im Stall ansteigt. Daher ist es schwierig, den Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Atemwegsgesundheit von dem der Temperatur zu trennen. Sie scheint nur in Extrembereichen Einfluss auf die Kälbergesundheit zu haben (Wathes et al. 1983; Callan und Garry 2002).

Die relative Luftfeuchtigkeit hat jedoch einen erheblichen Einfluss auf den Luftkeimgehalt. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von über 80% können Bakterien sehr viel länger in der Luft überleben und der Keimgehalt steigt (Nordlund 2008). Daher sollte in der Theorie durch ein Anwärmen der Luft die relative Luftfeuchtigkeit und damit auch der Luftkeimgehalt sinken (Nordlund 2008). In Praxisversuchen wurde jedoch gezeigt, dass der Luftkeimgehalt zusammen mit der Temperatur ansteigt (Lago et al. 2006). Warme Temperaturen verringern zwar die Überlebenszeit der Bakterien in der Luft, sie begünstigen möglicherweise jedoch gleichzeitig die Vermehrung der Erreger und führen so zu höheren Konzentrationen (Lago et al. 2006). Ein hoher Luftkeimgehalt konnte mit einem erhöhten Risiko für Atemwegserkrankungen assoziiert werden (Lago et al. 2006). Möglicherweise ist der erhöhte Keimgehalt in der Luft jedoch kein Auslöser für respiratorische Erkrankungen, sondern lediglich ein Hinweis auf eine schlechte Luftqualität (Nordlund 2008; Donlon et al. 2023a). Lago et al. konnten z. B. zeigen, dass es trotz hohem Keimgehalt zu keinem signifikant höherem Pneumonie-Risiko kommt, wenn der Komfort der Kälber hoch ist und zwischen den Boxen stabile Trennwände eingezogen sind (Lago et al. 2006).

THI (temperature-humidity-index)

Die Berechnung des THI (temperature-humidity-index) stellt eine Möglichkeit dar, Temperatur und Luftfeuchte in einer Größe zu vereinen. Zur Berechnung gibt es verschiedene Formeln mit unterschiedlicher Gewichtung auf Temperatur bzw. Luftfeuchte (Dado-Senn et al. 2023). Dies hat zwar den Vorteil, dass die Berechnung des THI an verschiedene Klimazonen angepasst werden kann, es erschwert aber zugleich die Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit verschiedener Studienergebnisse. So konnte in einer deutschen Studie in kühlgemäßtem Klima ab einem THI ≥ 60 Hitzestress durch Abnormalitäten im Fettstoffwechsel von Kälbern nachgewiesen werden (Halli et al. 2023). Bei gleicher Berechnung des THI ($\text{THI} = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \text{RH}) + (1.8 \times T - 26)]$) konnten in Florida ab einem THI von 65 – 69 über abrupte Veränderungen der rektalen Temperatur, Atemfrequenz und Tränkeaufnahme akuter Hitzestress bei Kälbern beobachtet werden (Dado-Senn et al. 2020a). In einer ungarischen Studie in kontinentalem Klima zeigten Kälber ab einem THI von 78 - 88 Hitzestress, wobei hier mit einer anderen Formel ($\text{THI} = (0,35 \times T_{\text{db}} + 0,65 \times T_{\text{wb}}) \times 1,8 + 32$) gerechnet wurde als in der vorigen Studie (Kovács et al. 2020). Eine deutliche Assoziation eines höheren Durchschnitts-THI mit einer reduzierten Morbidität konnte in einer US-amerikanischen Studie gezeigt werden (Urie et al. 2018). Die Eignung des THI zur Einschätzung von thermischem Stress bei Kälbern ist umstritten. In kontinentalem Klima scheint die Korrelation des THI mit tiergebundenen Parametern nicht ausreichend zu sein, hier wurden stärkere Korrelationen mit der Umgebungstemperatur und verschiedenen Indizes aus der Humanphysiologie gefunden (Kovács et al. 2018c; Kovács et al. 2018a; Dado-Senn et al. 2023). In subtropischem Klima hingegen korreliert der THI stärker mit der Hauttemperatur von Kälbern und kann daher in diesen Klimazonen besser eingesetzt werden (Dado-Senn et al. 2020a). Da die einzigen Angaben zum Hitzestress bei Kälbern auf dem THI basieren, sollte der THI als Anhaltspunkt verwendet werden, um ab bestimmten Grenzwerten (65 – 75) Maßnahmen gegen Hitzestress zu ergreifen.

Schadgase und Staub

Schadgase und hohe Staubbelastungen können die Lungengesundheit von Kälbern beeinträchtigen und sind vor allem in geschlossenen Ställen zu finden (Kunz und Montadon 1985; Callan und Garry 2002). Laut Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung sollen im Aufenthaltsbereich der Kälber im Stall 20 ppm Ammoniak, 3.000 ppm Kohlendioxid und 5 ppm Schwefelwasserstoff nicht überschritten werden (TierSchNutzTV, vom 22.08.2006). Hohe Ammoniakkonzentrationen konnten jedoch bereits ab 4 ppm mit einem höheren Risiko für Lungenläsionen im Ultraschall assoziiert werden (van Leenen et al. 2020). Für CO₂ konnten bisher keine Zusammenhänge mit der Lungengesundheit festgestellt werden (van Leenen et al. 2020; Donlon et al. 2023a). Dieses Schadgas dient vor allem zur Beurteilung der generellen Luftqualität. Es wird empfohlen, Ammoniakkonzentrationen unter 3 ppm und Kohlendioxidkonzentrationen unter 1.000 ppm anzustreben (Feldmann 2022). Staubpartikel sind zum einen Träger von Erregern und Endotoxinen und behindern außerdem die körpereigene Abwehr, indem sie die Flimmerhärchen und den Schleim, die zum Abtransport von Erregern und Fremdkörpern aus den Atemwegen dienen, verkleben und blockieren (Callan und Garry 2002). Außerdem können kleinere Staubpartikel tief in die Lunge eindringen und dort zu Reizungen und Entzündungen führen (Feldmann 2022). Einer hohen Anreicherung der Luft mit Schadgasen und Staub kann durch eine adäquate Belüftung entgegengewirkt werden.

Belüftung

Eine ausreichende Frischluftzufuhr ist essenziell für eine optimale Kälbergesundheit (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023). Der einfachste Weg zu diesem Ziel ist über eine Haltung im Außenklima erreichbar. Den Vorteil der natürlichen Belüftung zeigten unter anderem zwei großangelegte Querschnittsstudien, in denen natürlich belüftete Ställe und Haltungsformen mit einer besseren Kälbergesundheit assoziiert waren (Urie et al. 2018; PraeRi 2020).

Für eine Trauf-First-Lüftung erzeugen Kälber – im Unterschied zu adulten Rindern – zu wenig Wärme und damit zu wenig thermischen Auftrieb (Nordlund 2008; Zahner 2022).

Bei Haltung in Ställen, in denen keine natürliche Belüftung und keine Haltung im Außenklima möglich ist, ist in Folge eine mechanisch unterstützte Durchlüftung notwendig. Für eine mechanische Belüftung von Kälberställen gibt es verschiedene Möglichkeiten, wobei es nach derzeitigem Kenntnisstand keine tiefergehende Vergleichsuntersuchungen zu den verschiedenen Lüftungsmethoden gibt. Für Kälberställe werden oft Überdrucksysteme wie Schlauchlüftungen empfohlen (Nordlund 2008; Halbach und Robertson 2021; Gstöttinger 2023).

Beim Einbau einer Lüftungsanlage muss beachtet werden, dass im ganzen Stall ein möglichst gleichmäßiger Luftaustausch stattfindet. Dies trifft insbesondere bei der Haltung der Kälber in kleinteiligen Boxen zu, die oft ein schlechteres Mikroklima aufweisen (Nordlund 2008). In einer weiteren Studie wurde in den Boxen ein höherer Keimgehalt gemessen als in den Gängen (Lago et al. 2006). Für Abhilfe kann hier ein Netz an der Vorder- und Rückwand der Boxen sorgen (Nordlund 2008).

Grundsätzlich ist Luftbewegung wichtig, um Schadgase und Erreger zu entfernen. Gleichzeitig darf aber keine Zugluft aufkommen, da diese einen Risikofaktor für Pneumonien darstellen kann (Richter 2005; Nordlund 2008). Luftgeschwindigkeiten von über 0,8 m/s konnten mit einer vermehrten Lungenkonsolidierung assoziiert werden (van Leenen et al. 2020) und eine zugluftfreie Umgebung wurde mit einer reduzierten Inzidenz von Atemgeräuschen assoziiert (Lundborg et al. 2005).

Weitere klimatische Faktoren

Ein gehäuftes Auftreten respiratorischer Erkrankungen konnte in mehreren Studien im Herbst nachgewiesen werden (Svensson et al. 2003; Maier et al. 2019; Dachrodt et al. 2021). Urie et al. stellten wiederum eine Häufung in den Monaten Januar, März und April fest (Urie et al. 2018). Ob diese jahreszeitlichen Häufungen auf Managementfaktoren zurückzuführen sind oder auf die klimatischen Bedingungen in dieser Jahreszeit, bleibt offen.

Durch eine gewisse Verzögerung zwischen dem Auftreten des klimatischen Risikofaktors und einer respiratorischen Erkrankung lässt sich in vielen Querschnittsstudien kein Zusammenhang herstellen (van Leenen et al. 2020; Donlon et al. 2023b). Nur in einer Studie konnte eine mittlere Verzögerungszeit bis zum Auftreten von BRD nach maximaler Umgebungstemperatur in der Box von 14,5 Tagen gezeigt werden (Louie et al. 2018). Um diese Problematik genauer zu verstehen, sind weitere Studien zum Zusammenhang längerfristiger Klimamessungen mit respiratorischen Erkrankungen nötig.

Insgesamt kommt auch ein breites Gremium von Fachexpertinnen und -experten zu dem Ergebnis, dass zur genauen Bestimmung des Einflusses der verschiedenen klimatischen Faktoren auf die Kälbergesundheit noch weitere Untersuchungen nötig sind (Donlon et al. 2023b; EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al. 2023).

Tierverhalten

Ein wichtiger Parameter zur Beurteilung von Tiergesundheit und Tierwohl ist das Verhalten. Bei Kälbern wird hier vor allem das Trink-, Liege- bzw. Steh- und Spielverhalten sowie in der Gruppenhaltung, die Interaktion mit anderen Kälbern erfasst (Whalin et al. 2021). Das Verhalten von Kälbern steht dabei in enger Wechselwirkung mit den jeweiligen Haltungs- und Umweltbedingungen. Zu den Umweltbedingungen zählen die Außentemperaturen bzw. Temperaturen im Stall. Außerhalb der thermoneutralen Zone treten charakteristische Verhaltensanpassungen auf, die in engem Zusammenhang mit der Körperhaltung stehen (Sonntag et al. 2025). Dabei spiegelt besonders das Verhältnis von Liege- zu Stehzeiten die Anpassung der Tiere an thermische Belastungen wider. Unabhängig von den vorherrschenden Temperaturen muss beachtet werden, dass neugeborene Kälber in den ersten Lebenstagen die meiste Zeit liegen. Mit zunehmendem Alter reduziert sich die Liegezeit (Hill et al. 2013; Whalin et al. 2021). Nachts ist die Liegezeit deutlich höher als tagsüber (Hill et al. 2013).

Einfluss Temperatur

In einem Experiment wurden Kälber einzeln untergebracht und einer von vier Umgebungstemperaturen zugeordnet: 5 °C, 9 °C, 13 °C und 18 °C. Sowohl beim Liegen als auch beim Stehen wurde die Wärmeproduktion bei 5 °C und 9 °C im Vergleich zu 13 °C und 18 °C erhöht. Dabei verbraucht Stehen mehr Energie als Liegen und bedeutet einen höheren Wärmeverlust (Schrama et al. 1993). Ein weiteres Experiment zeigte, dass die Thermogenese bei Kälbern, also die Produktion von Wärme durch Stoffwechselaktivität, die sich wenig bewegen konnten, geringer war (Vermorel et al. 1983). Aufgrund ihrer hohen Oberfläche-zu-Volumen-Relation und einer noch nicht vollständig entwickelten Thermoregulationsfähigkeit sind Kälber in den ersten Lebenswochen gegenüber Temperaturextremen besonders empfindlich (Kim et al. 2021).

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen zeigen Kälber gegensätzliche Verhaltensanpassungen. Einerseits dient längeres Liegen dem Erhalt der Körperwärme bzw. verbrauchen die Tiere in dieser Stellung weniger Energie (Schrama et al. 1993). Es wird eine kauende Haltung eingenommen, um die Oberfläche zu reduzieren (Silva und Bittar 2019; Zhang et al. 2021) bzw. den Wärmeverlust über die Gliedmaßen zu reduzieren. Gleichzeitig werden die isolierenden und wärmenden Eigenschaften der Einstreu genutzt (Kim et al. 2021). Dies deckt sich mit Beobachtungen mit vermehrtem Liegen bei niedrigeren Temperaturen (Hänninen et al. 2003; Tripon et al. 2014). In einer Studie mit Kälbern ab einem Alter von 6 Monaten wurde gezeigt, dass die Kälber im Winter signifikant mehr liegen und ruhen (Tripon et al. 2014). Bei einer Untersuchung mit Kälbern ab dem 8. Lebenstag ruhten Kälber im Außenklimahaltung mehr als Kälber, die im Stall gehalten wurden (Hänninen et al. 2003). Andererseits kann auch vermehrtes Stehen und Laufen eine Strategie darstellen, um durch Muskelaktivität zusätzliche Wärme zu erzeugen. Neben der Gabe von ausreichend Einstreu zeigte sich beim Vergleich von Einzelhaltung und der Haltung in Paaren ab dem dritten Lebenstag, dass letztere die Kältetoleranz der Kälber durch erhöhte Bewegungsaktivitäten und durch gegenseitiges Wärmen erhöht (Reuscher et al. 2024).

Bei Hitzestress (Tageshöchsttemperaturen von 24,7 – 38,8 °C) stehen Kälber vermehrt (Tripon et al. 2014; Kovács et al. 2018b). Im Stehen wird die Wärmeabgabe über die Körperoberfläche erhöht, da die aufrechte Haltung Konvektion und Verdunstung fördert. Gleichzeitig wird dadurch verhindert, dass sich ein Wärmestau unter dem Körper bildet. Es wurde auch eine Erhöhung der Häufigkeit des Wechsels von Steh- und Liegepositionen beobachtet, wobei das Liegen in ausgesteckter Seitenlage erfolgt, da diese die Oberfläche vergrößert, über die Wärme abgegeben werden kann (Roland et al. 2016; Polsky und Keyserlingk 2017). Neben der physiologischen Belastung durch die höheren Temperaturen an sich kann längeres Stehen mit einer erhöhten Belastung einhergehen, die sich negativ auf Futteraufnahme und Wachstum auswirken (Dado-Senn et al. 2022). Weitere Verhaltensänderungen, die während des Hitzestress beobachtet wurden, waren erhöhte Wasseraufnahme, die Suche nach Schatten, die Ausrichtung des Körpers weg von der Sonne, die Verringerung der Fortbewegung während der heißen Tageszeiten und die Verschiebung der Aktivitätszeiten in die Nacht (Schrama et al. 1993; Gaughan et al. 2002; West 2003).

Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte

In einem weiteren Experiment mit Kälbern in Klimakammern wurde der Einfluss von Temperatur (20 – 33 °C) und relativer Luftfeuchte (60 und 80%) auf das Verhalten untersucht. Bei einer relativen Luftfeuchte von 60% erhöhte sich ab einer Temperatur von 26 °C die Stehdauer und sank die Liegedauer im Vergleich zu 60% relativer Luftfeuchte bei 23 °C (Kim et al. 2017).

Insgesamt sind Änderungen im Liege- und Stehverhalten ein sensibler und frühzeitiger Indikator für thermischen Stress. Abgesehen davon können Daten zum Liegeverhalten von Kälbern auch zur Früherkennung von Krankheiten eingesetzt werden (Belaid et al. 2020). So wurden vor einer Durchfallerkrankung signifikant weniger Liegeereignisse erfasst (Sutherland et al. 2018; Lowe et al. 2019; Belaid et al. 2020). Vor Atemwegserkrankungen sind die Auswir-

kungen weniger eindeutig. Kälber zeigten in einer Studie weniger Schritte und weniger Liegeereignisse wenige Tage vor und während einer Pneumonie, die Gesamtliegezeit war jedoch unverändert (Swartz et al. 2017). Es kann aber festgehalten werden, dass Kälber zum Zeitpunkt der Erkrankung deutlich weniger aktiv sind (Belaid et al. 2020).

Tierbeobachtung

Das Tierverhalten kann durch direkte Beobachtung erfasst werden, die jedoch sehr zeitaufwändig und auf wenige Tiere gleichzeitig beschränkt ist. Zur Optimierung der Erfassung und Auswertung sind diverse Technologien auf dem Markt, mit denen verschiedene Verhaltensweisen von Kälbern automatisiert erfasst werden können.

Dies sind zum einen Pedometer, die bei Milchkühen z. B. zur Brunsterkennung bereits weit verbreitet sind. So kann die absolute Liegezeit eines Kalbs erfasst werden, die Anzahl der Liegeereignisse sowie die Dauer der Liegeereignisse (Costa et al. 2021). Bisher kommen Beschleunigungssensoren in Form von Pedometer bei Kälbern aber nur versuchsweise zum Einsatz (Silva et al. 2023).

Um komplexere Verhaltensweisen erkennen und auswerten zu können, reichen Aktivitäts- oder Beschleunigungssensoren jedoch nicht aus. Hierfür können durch künstliche Intelligenz ausgewertete Videoaufnahmen herangezogen werden. Dazu gibt es bereits erste Versuche, in denen Liegen, Stehen und Aktivität von Kälbern zuverlässig erkannt wurde (Guo et al. 2020; Zhang et al. 2024). Über einfache Bewegungsmuster hinaus kann davon ausgegangen werden, dass durch die schnelle Entwicklung dieser Technologien in den letzten Jahren möglicherweise schon bald auch komplexere Verhaltensweisen, wie Spielverhalten und Interaktionen mit Artgenossen, erkannt werden können. Daraus können dann wiederum Rückschlüsse auf das Tierwohl gezogen werden.

Ergebnisse und Erkenntnisse zur Stallklimasteuerung in Abteil A (AP 4, 5)

Ziel des Forschungsvorhaben ist es, die Möglichkeiten zur Verbesserung des Stallklimas durch die Steuerung der Luftwechselraten bei freier Lüftung zu untersuchen. Da sich das Stallklima allerdings aus unterschiedlichen und sich wechselseitig beeinflussenden Größen wie Lufttemperatur, -feuchte, -bewegung und -qualität besteht, muss zur Entwicklung einer Regelstrategie des Luftwechsels eine Gewichtung der einzelnen Größen vorgenommen werden.

Aus der Literaturrecherche kann abgeleitet werden, dass die Luftqualität und damit eine möglichst niedrige Konzentration von Schadgasen, Staub und Luftkeimen in der Stallluft entscheiden für die Kälbergesundheit ist. Da eine Optimierung dieser Größe einen möglichst hohen Anteil von Außenluft erfordert und dies, vor allem in der kalten Jahreszeit, zu Lasten von Lufttemperatur und -feuchte geht, stellt sich die Frage nach sinnvollen Grenzwerten für die Kohlendioxid und Ammoniakkonzentration als Regelgröße für die Luftqualität im Stall.

Neben den Werten aus der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung mit max. 3.000 ppm lässt sich eine Empfehlung von 1.000 ppm (Feldmann 2022) als niedrigste und damit tiergerechteste Empfehlung für Kohlendioxidkonzentration aus der Literaturrecherche ableiten. Auch im Humanbereich ist dieser Wert als sogenannte „Pettenkoferzahl“ bekannt. Sie dient der Beschreibung der Raumluftqualität in Innenräumen und gilt als Grenze, ab der die Luft als verbraucht angesehen und eine Lüftung empfohlen wird. Auch in den Arbeitsstättenrichtlinien, ASR A3.6, wird diese Kohlendioxidkonzentration berücksichtigt. Als zentraler Wert gilt die Grenze von 1.000 ppm in Innenräumen, um eine hygienisch unbedenkliche Raumluftqualität zu gewährleisten. Berücksichtigt man dabei noch die Messgenauigkeit der verwendeten Sensoren und eine gewisse Trägheit der Regelmechanismen kann als vorläufiger oberer Grenzwert für die Versuchsdurchführung ein Wert von 850 ppm für die Kohlendioxidkonzentration angenommen werden.

Aus der Literaturrecherche folgt, dass zur Reduzierung des Luftkeimgehalts Werte der relativen Luftfeuchtigkeit von über 80% vermieden werden sollten (Nordlund 2008; Feldmann 2022). Da die relative Luftfeuchte aber mit abnehmender Lufttemperatur zunimmt und diese

wiederum in der kalten Jahreszeit die Folge eines zu hohen Luftwechsels sein kann, sollte der Luftwechsel durch einen unteren Grenzwert der Kohlendioxidkonzentration eingeschränkt werden. Dieser untere Grenzwert muss sicherstellen, dass in der kalten Jahreszeit, die für die geregelte Trauf-Firstlüftung notwendige Lufttemperaturdifferenz zwischen Innen und Außen gewährleistet ist. Unter Berücksichtigung der Kohlendioxidkonzentration der Außenluft von ca. 420 ppm und der Messgenauigkeit der eingebauten Sensoren kann als vorläufiger unterer Grenzwert der Kohlendioxidkonzentration für die Versuchsdurchführung ein Wert von 550 ppm angenommen werden.

Neben der Kohlendioxidkonzentration ist auch Ammoniakkonzentrationen wesentlich für die Sicherstellung einer hohen Luftqualität. Nach Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung sollte die Ammoniakkonzentration den Wert von 20 ppm nicht überschreiten. Die Empfehlung mit dem niedrigsten und damit tiergerechtesten Grenzwert liegt gemäß der Literaturrecherche mit 3 ppm deutlich darunter (van Leenen et al. 2020; Feldmann 2022). Mit Blick auf die Messgenauigkeit ist dieser Wert im relevanten Messbereich der Sensoren und kann somit als vorläufiger Grenzwert für die Versuchsdurchführung angenommen werden.

Gerade bei niedrigen bis sehr niedrigen Lufttemperaturen ist neben der Luftqualität besonders auf die Luftbewegung im Liegebereich der Tiere zu achten. Aufgrund fehlender Angaben in der Literatur zu Grenzwerten der Luftbewegung können als Orientierung die Werte aus der DIN 18910 herangezogen werden. Hier ist von einer maximalen Luftbewegung von 0,2 m/s in einem Temperaturbereich für die Kälberhaltung von 20 – 10 °C die Rede. Übersteigen im Sommer die Temperaturen der Stallluft die angegebenen Höchstwerte, so ist für ausgewachsene Tiere eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im Tierbereich bis 0,6 m s⁻¹ zweckmäßig. Angaben für die Luftbewegung bei Temperaturen unter dem empfehlenswerten Temperaturbereichen fehlen (DIN 18910:2017-08). Die Aufstallung im Versuchsabteil mit quer zu den Fassadenöffnungen angeordneten Trennwänden begünstigt die Vermeidung von zu starker Luftbewegung im Tierbereich. Trotzdem folgt aus den unterschiedlichen Anforderungen an die Luftbewegung in Abhängigkeit von der Lufttemperatur, dass in der Regelstrategie berücksichtigt werden muss, dass bei niedrigen Außentemperaturen die Luftbewegung im Liegebereich der Tiere geringer sein muss als bei höheren.

Aus der Festlegung, die Luftqualität als zentrale Regelgröße des Stallklimas zu wählen, folgt, dass die Werte für Lufttemperatur und -feuchte im Gebäude bei einer Luftführung über Klappen nicht unmittelbar beeinflusst werden, sondern sich aus den Regelbedingungen, in Abhängigkeit von Tierzahl und Außentemperatur, ergeben. Aus der Literaturrecherche lässt sich kein einheitlicher unterer Grenzwert der Temperatur für die Kälberhaltung ableiten. Es besteht allerdings weitgehend Einigkeit darüber, dass abrupte Änderungen der Lufttemperatur und -feuchte zu vermeiden sind. Eine Dämpfung der außenklimabedingten Schwankungen mittels Steuerung des Luftwechsels führt jedoch zwangsläufig auch zu einer Reduktion der Minimaltemperaturen im Stall.

Regelstrategie

Durch das Öffnen von Hubfenster und Sektionaltor entstehen im Stallinneren Außenklimabedingungen. Diese sind für die Tiere allerdings nur innerhalb bestimmter Grenzen akzeptabel. Da sich aus der Literaturrecherche keine eindeutigen Grenzwerte ableiten lassen, ab welchen Außenklimabedingungen das Tierwohl beeinträchtigt wird, müssen für die Versuchsdurchführung im Abteil A vorläufig Schwellenwerte angenommen werden, bei deren Über- bzw. Unterschreitung eine Umschaltung vom Außenklimabetrieb auf eine automatische Klappensteuerung erfolgt.

Um einen unerwünschten Temperaturabfall im Stallinneren zu verhindern, werden Hubfenster und Tor geschlossen, wenn die Außentemperatur – als vorläufiger Grenzwert – unter 14 °C fällt. Ebenso erfolgt ein Schließen bei einer relativen Außenluftfeuchtigkeit von über 90 % oder bei einer Windgeschwindigkeit von mehr als 5 m/s, um eine übermäßige Luftfeuchte und Luftbewegung im Stall zu vermeiden. Diese Grenzwerte sorgen auch dafür, dass das Stallinnere vor Auswirkungen von Gewittern geschützt ist.

Steigen die Außentemperaturen hingegen über 16 °C und liegen gleichzeitig die relative Luftfeuchtigkeit unter 90 % sowie die Luftgeschwindigkeit unter 5 m/s, werden Tor und Hubfenster wieder geöffnet. Infolgedessen nähert sich das Stallklima erneut den Außenklimabedingungen an.

Bei geschlossenem Tor und Hubfenster erfolgt die Steuerung der Klappen durch die kontinuierliche Überwachung der Schwellenwerte von Kohlendioxid (CO₂) und Ammoniak (NH₃) in Intervallen von 15 Minuten. Diese liegen, wie oben beschrieben, vorläufig bei maximal 850 ppm für die Kohlendioxidkonzentration und bei 3 ppm für Ammoniakkonzentration. Werden diese Grenzwerte überschritten, erfolgt eine Erhöhung der Lüftungsquerschnitte durch Verstellen der Klappen in vordefinierten Stufen. Über den unteren CO₂-Grenzwert von 550 ppm wird sichergestellt, dass nicht zu viel Außenluft in den Stall eindringt, um eine übermäßige Abkühlung der Innentemperatur zu vermeiden. Wird dieser Grenzwert unterschritten, wird der freie Lüftungsquerschnitt durch Veränderung der Klappen entsprechend reduziert. Innerhalb dieses, durch die CO₂-Grenzwerte definierten Regelkorridors wird die Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit von der Innentemperatur reguliert. Bei steigenden Innentemperaturen und Überschreitung der Innentemperatur von 10 °C, wird der untere Kohlendioxidgrenzwert ausgesetzt und es erfolgt eine Erhöhung des freien Lüftungsquerschnitts, um die Luftfeuchtigkeit weiter zu reduzieren.

In einem nächsten Regelungsschritt werden die Klappenpositionen anhand der Außenklimabedingungen angepasst. Fallen die Außentemperaturen unter 12 °C, wird der freie Lüftungsquerschnitt der Klappen oberhalb der Tiere – im Versuchsabteil A die beiden östlichen Fassadenklappen – verkleinert, um den direkten Kaltluftereinfall auf die Tiere zu minimieren. Die Frischluftversorgung wird in diesem Fall überwiegend durch die, im Abteil A, westlichen Fassadenklappen oberhalb des Gangs und die Firstklappe sichergestellt. Bei einer Außenluftgeschwindigkeit von mehr als 5 m/s erfolgt – in Abhängigkeit von der Windrichtung – eine Umstellung von Trauf-First- auf Querlüftung. Dabei wird weitgehend auf die Abluftführung über die Firstklappe verzichtet, stattdessen werden die Klappen auf der Lee-Seite (also windabgewandten Seite) des Gebäudes geöffnet, um die dort entstehenden Sogkräfte zur Lüftung zu nutzen. Zusammen mit einer etwas kleineren Klappenöffnung auf der Luvseite entsteht daraufhin eine Querlüftung.

Ergebnisse Stallklima bei gesteuerter Lüftung im Versuchsabteil A

Zur Analyse der Effekte und Potenziale einer Klappensteuerung im Rahmen der freien Lüftung werden in den nachfolgenden Abbildungen detaillierte Messergebnisse zum Stallklima im Versuchsabteil A unter Berücksichtigung besonderer Witterungsbedingungen während des Versuchszeitraums dargestellt. Hierfür sind jeweils dreitägige Zeitabschnitte ausgewählt worden, die durch ausgeprägte Kälte-, Feuchte- bzw. Hitzeperioden gekennzeichnet sind. Dargestellt werden die zeitlichen Verläufe der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit sowie der Kohlendioxidkonzentration. Bei der Auswertung der Temperatur- und Feuchtedaten im Stallinneren wurden ausschließlich Sensoren berücksichtigt, die sich in Abteilen und Boxen mit Tierbelegung befanden. Es wird hier zunächst nur auf die Stallklimawerte aus Abteil A eingegangen. Der Vergleich mit dem Referenzabteil B folgt in einem späteren Teil des Berichts.

Kältereferenzzeitraum 02. – 04.03.2025

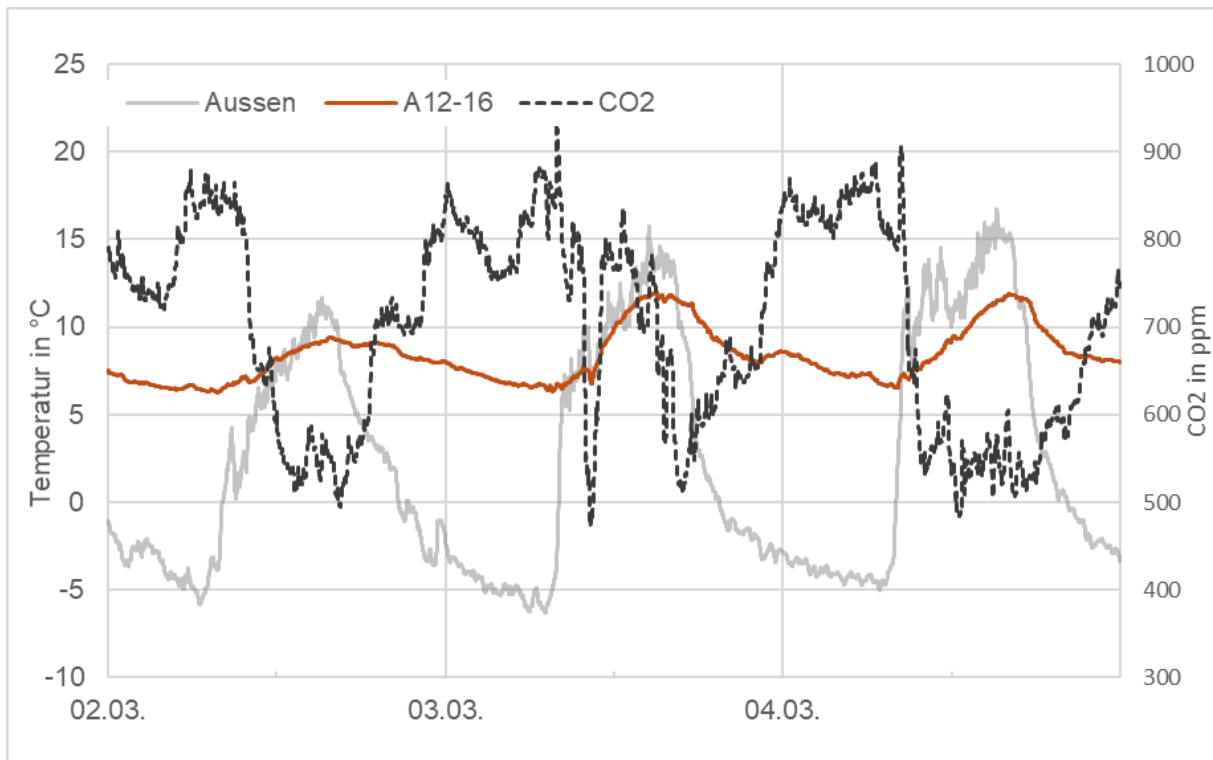


Abbildung 47: Lufttemperatur Außen (grau), in den Boxen A12, A14 und A16 (rot) und CO₂-Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,4 – 1,6 ppm. Es befanden sich sieben Tiere im Abteil.

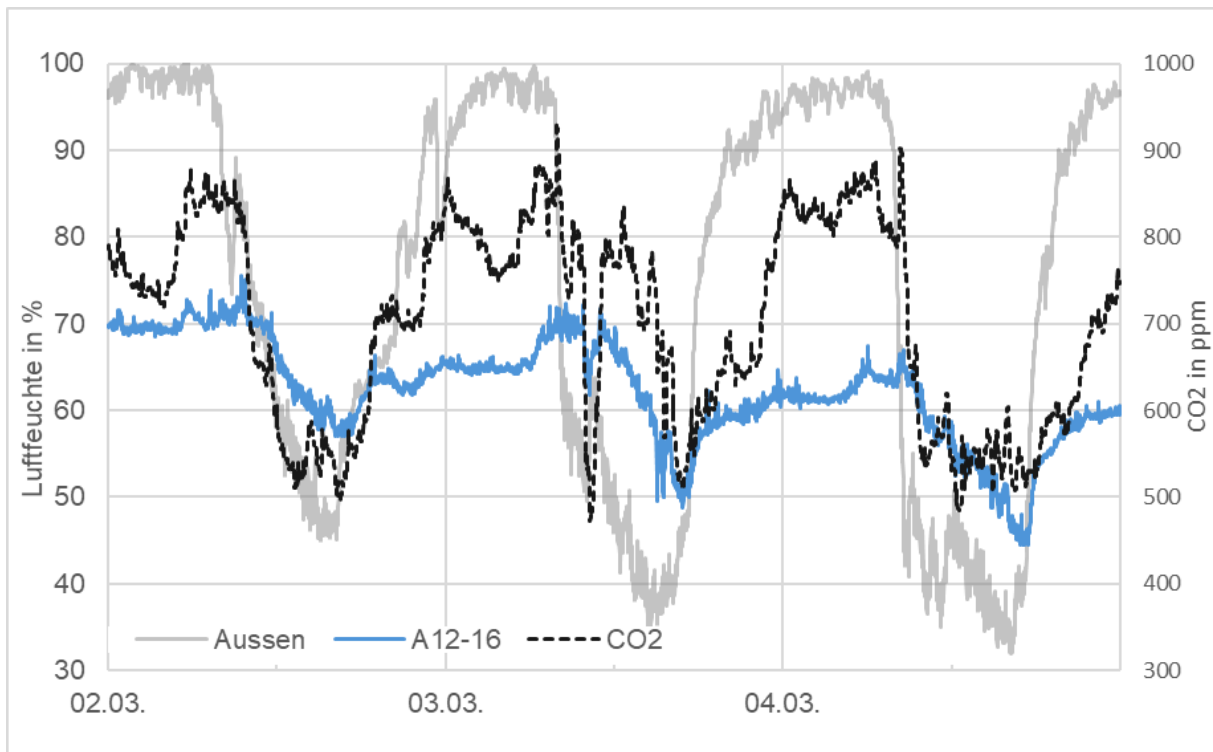


Abbildung 48: Luftfeuchte Außen (grau), in den Boxen A12, A14 und A16 (blau) und CO₂-Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,4 – 1,6 ppm. Es befanden sich sieben Tiere im Abteil.

Im Kältereferenzzeitraum 02.03.2025 – 04.03.2025 war eine deutliche Dämpfung der Lufttemperaturschwankung im Stallinneren zu erkennen (s. Abbildung 47). Während die Temperatur im Außenbereich zwischen -6 °C und $+15\text{ °C}$ schwankten, lag diese im selben Zeitraum im Stallinneren zwischen $+6,5\text{ °C}$ und $+11,5\text{ °C}$. Während des Temperaturminimums im Außenbereich von -5 °C lag die Temperatur im Stallinneren bei rund $+6,5\text{ °C}$. Einen ähnlichen Effekt zeigten die Werte für die Luftfeuchte (s. Abbildung 48). Während sich die Werte im Außenbereich zwischen 100 % und 35 % bewegten, lagen die im Stallinneren zwischen 74 % und 45 %. Dabei wurden Kohlendioxidkonzentrationen von max. 850 ppm erreicht. Die starken Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration sind zum einen auf die in der frühen Versuchsphase noch manuelle Klappenführung und auf das Öffnen und Schließen des Tors während der Stallarbeit zurückzuführen. Im Messzeitraum wurden Maximalwerte der Ammoniakkonzentration von 1,6 ppm erreicht.

Feuchtereferenzzeitraum 26. – 28.03.2025

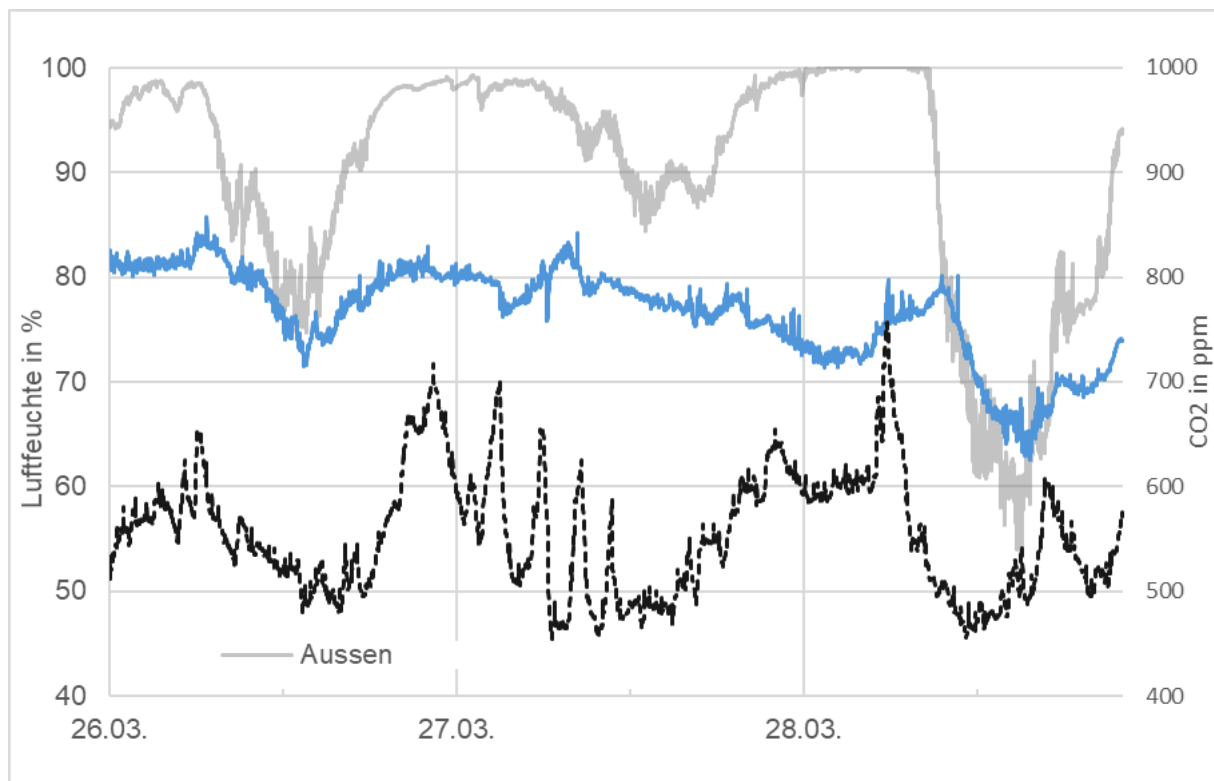


Abbildung 49: Luftfeuchte Außen (grau), in den Boxen A12, A14 und A16 (blau) und CO_2 -Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. NH_3 -Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,4 – 2,4 ppm. Es befanden sich 5 Tiere im Abteil.

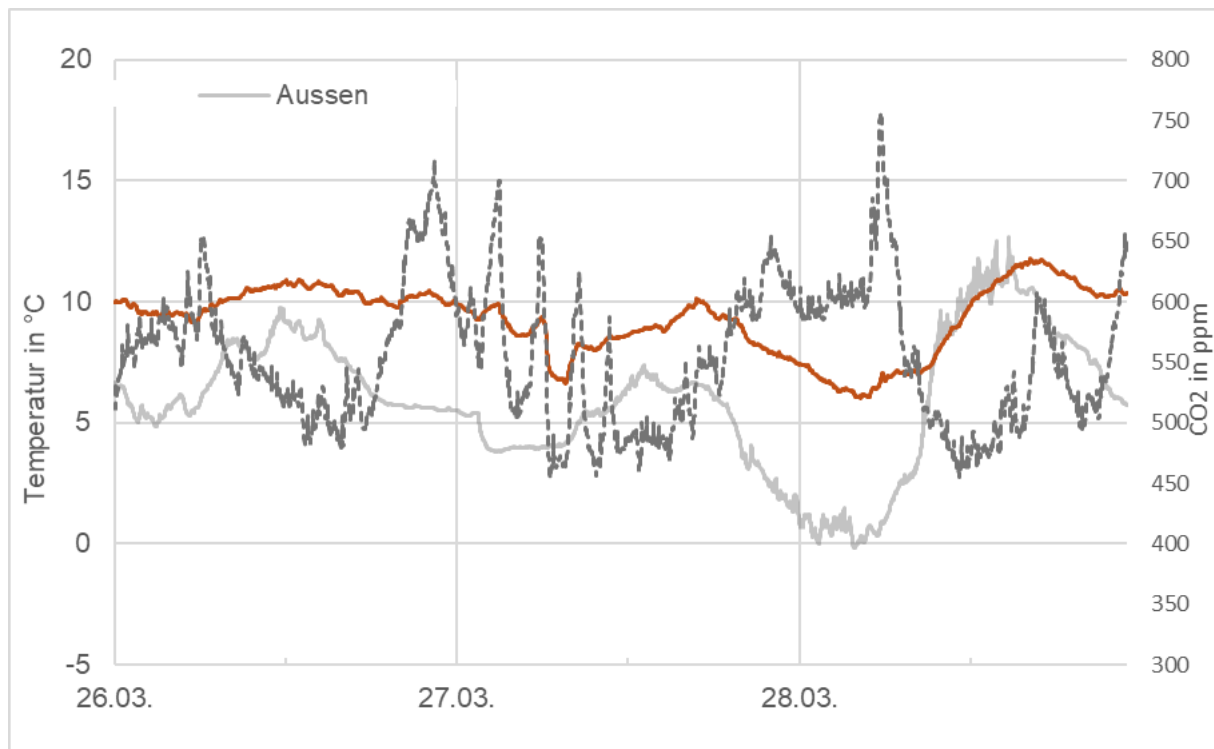


Abbildung 50: Lufttemperatur Außen (grau), in den Boxen A12, A14 und A16 (rot) und CO₂-Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,4 – 2,4 ppm. Es befanden sich 5 Tiere im Abteil.

Im Feuchtereferenzzeitraum 26.03.2025 – 28.03.2025 ist zu erkennen, dass im Stallinneren die Luftfeuchte niedriger war als im Außenbereich (s. Abbildung 49). Während die Feuchte außen über einen Zeitraum von über 48h zwischen 80 und 100 % lag, überstieg diese im Stallinneren den Wert von 80 % nur kurz. Die Lufttemperatur lag dabei im Stallinneren um die 10 °C und schwankte kaum, während im Außenbereich die Temperatur nachts nur knapp über dem Gefrierpunkt lag (s. Abbildung 50). Bemerkenswert dabei ist, dass im Messzeitraum kaum solare Gewinne und die Wärmeleistung von nur fünf Tieren zur Verfügung standen. Deshalb überstieg die Kohlendioxidkonzentration im Messzeitraum auch den Wert von 700 ppm nur kurzfristig. Auch hier waren die starken Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration auf die in der frühen Versuchsphase noch manuelle Klappenführung und auf das kurz Öffnen und Schließen des Tors während der Stallarbeit zurückzuführen. Im Messzeitraum wurden Maximalwerte der Ammoniakkonzentration von 2,4 ppm erreicht.

Hitzereferenzzeitraum 1 vom 20. – 22.06.2025

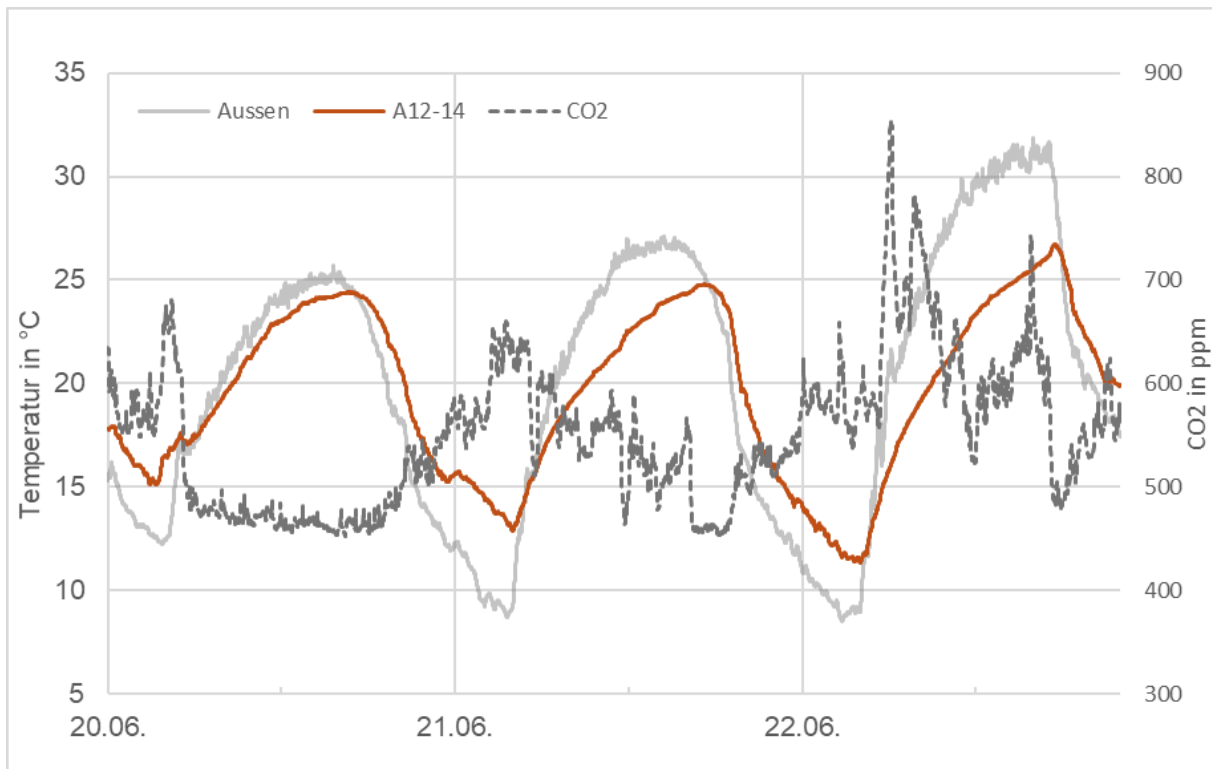


Abbildung 50a: Lufttemperatur Außen (grau), in den Abteilen A12 und A14 (rot) und CO₂-Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. Die NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,3 – 2,4 ppm. Es befanden sich fünf Tiere im Abteil.

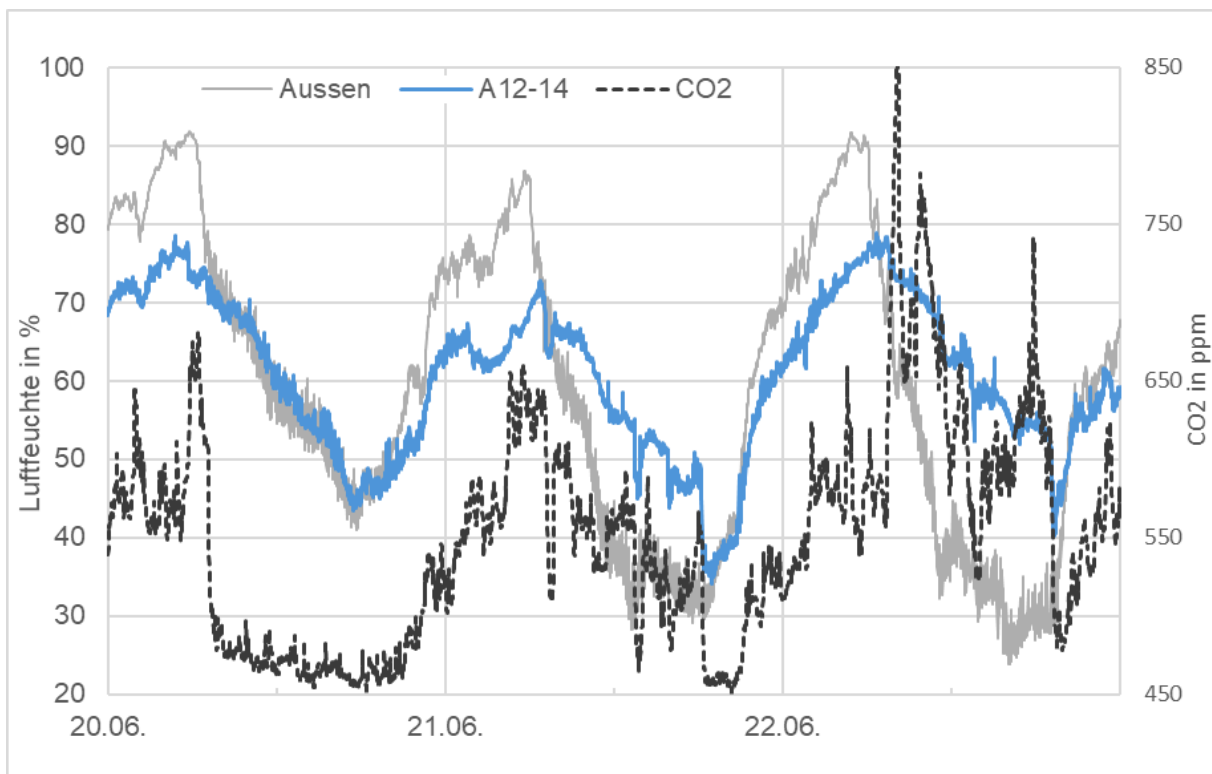


Abbildung 51: Luftfeuchte Außen (grau), in den Abteilen A12 und A14 (blau) und CO₂-Konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. Die NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,3 – 2,4 ppm. Es befanden sich fünf Tiere im Abteil.

Am ersten Tag des Hitzereferenzzeitraums (20.06.2025 – 22.06.2025) wurde das thermische Verhalten im Stallinneren bei geöffnetem Hubfenster und Tor, also unter Außenklimabedingungen untersucht. Wie zu erwarten, zeigen sich nur geringfügige Unterschiede zwischen den Messwerten der Lufttemperatur und -feuchte im Innen- und Außenbereich (s. Abbildung 50 und Abbildung 51). Die Lufttemperatur im Stallinneren liegt dabei bis zum Erreichen des Temperaturmaximums um ca. 15 Uhr konstant 1–2 K unterhalb der Außentemperatur. Dieser Effekt ist auf die Wirkung der oben beschriebenen baulichen Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress zurückzuführen.

Basierend auf der Literaturrecherche kann vorläufig davon ausgegangen werden, dass Temperaturen von bis zu 25 °C für Kälber tolerierbar sind. Folglich sind Maßnahmen zur Reduktion der Innentemperatur erst ab Außentemperaturen von etwa 27 °C erforderlich.

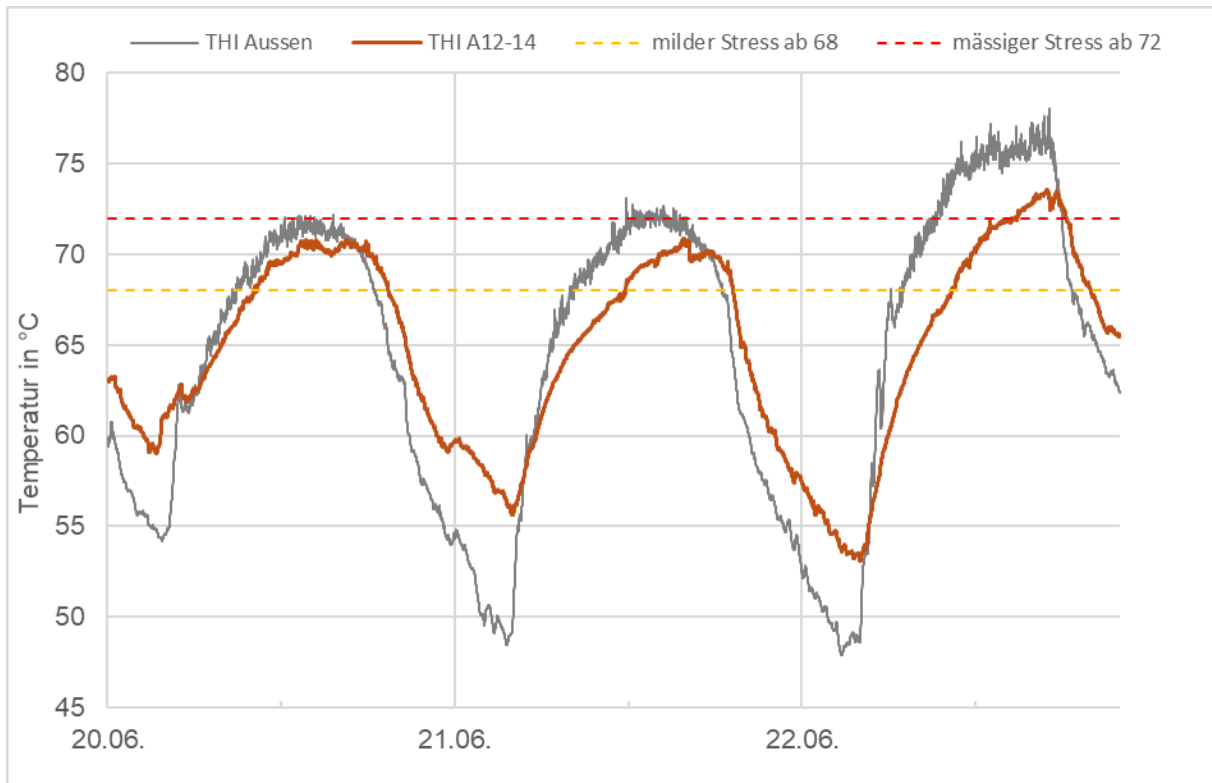


Abbildung 52: THI-Werte nach Zimbelman und Collier (Collier et al. 2011) sowie THI-Werte Außen (grau) und in den Boxen A12 und A14 (rot).

Da die Einschränkung des Luftwechsels auch zu einer Erhöhung der Luftfeuchte im Stallinneren führt, wurde für den Messzeitraum der THI-Wert für den Innen- und Außenbereich berechnet. In der Fachwelt hat sich der THI-Wert als Maß zur Beschreibung von Hitzestress etabliert. Wie in der Literaturrecherche dargestellt, werden dabei zur Bestimmung des Grads der Belastung die Parameter Lufttemperatur und -feuchte berücksichtigt.

Es zeigt sich, dass bei dieser Betrachtung die Hitzebelastung für die Tiere im Stallinneren tagsüber niedriger ist als im Außenbereich. Bemerkenswert ist, dass der THI-Wert im Stallinneren am frühen Abend später abfällt als im Außenbereich. Das lässt den Schluss zu, dass der Zeitpunkt für die Öffnung von Hubfenster und Tor früher hätte stattfinden können.

An den nachfolgenden Tagen wurde zur Vermeidung eines Temperaturanstiegs im Stallinneren während der frühen Morgenstunden das Hubfenster sowie das Tor geschlossen und auf Klappenlüftung umgestellt. Trotz des Fehlens einer relevanten Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft stellte sich ein ausreichender Luftwechsel ein, weil während der Messung am Standort Achselschwang bei intensiverer Sonneneinstrahlung gleichzeitig eine leichte Luftbewegung aus wechselnden Richtungen herrschte. Diese ist ausreichend, um den

erforderlichen Luftwechsel durch Querlüftung sicherzustellen. Die Verringerung des Luftwechsels durch die Klappenlüftung bewirkt, dass die Temperatur im Stallinneren langsamer ansteigt als im Außenbereich, wobei es im Stall um bis zu 6 K kühler ist. Grund dafür ist die Reduktion der Wärmequellen durch Einschränkungen des Luftwechsels bei hohen Außentemperaturen. Die Lufttemperatur im Stallinneren überstieg während des Messzeitraums die 25 °C nur kurzfristig. Sobald sich in den frühen Abendstunden die Innen- und Außentemperatur wieder annähern, wurden Hubfenster und Tor erneut geöffnet, sodass durch den erhöhten Luftwechsel, in Kombination mit kühleren Nachttemperaturen, eine erneute Abkühlung des Innenraums möglich war. Diese Strategie der Nachtauskühlung ist umso wirkungsvoller, je stärker der Innenraum abgekühlt wird und je größer die nutzbare thermische Speicherkapazität des Gebäudes ist.

Eine erfolgreiche Umsetzung dieser Strategie setzt voraus, dass in die Regelstrategie eine Wettervorhersage berücksichtigt wird, die bei prognostizierten hohen Außentemperaturen bereits in den frühen Morgenstunden vor den Hitzestunden eine Umstellung auf Klappenlüftung veranlasst.

Die Einschränkung des Luftwechsels hat zur Folge, dass sowohl die Kohlendioxidkonzentration als auch die Luftfeuchte höhere Werte als im Außenbereich erreichen. Die starken Schwankungen der Kohlendioxidkonzentration in der Phase der Klappenlüftung sind auch hier vor allem auf die in der Versuchsphase noch manuelle Klappenführung und auf das Öffnen und Schließen des Tors während der Stallarbeit zurückzuführen. Lässt man einzelne Konzentrationsspitzen außer Betracht, übersteigen die Werte die Schwelle von 650 ppm nicht.

Hitzereferenzzeitraum 2 vom 30.06 – 02.07.2025

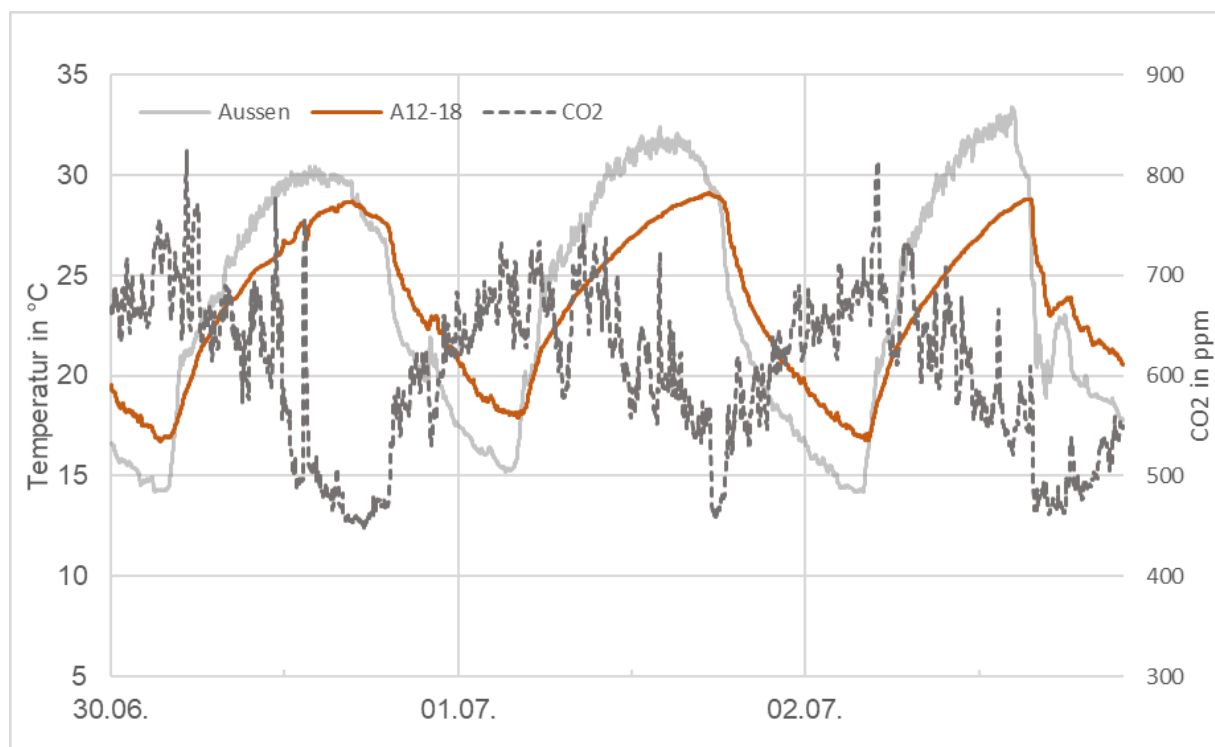


Abbildung 53: Lufttemperatur Außen (grau), in den Abteilen A12 – 18 (rot) und CO₂-konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. Die NH₃-Konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,3 – 3,0 ppm (kurzfristiger Spitzenwert von 10 ppm während Entmistung am 30.06.2025 | 14:00). Es befanden sich acht Tiere im Abteil.

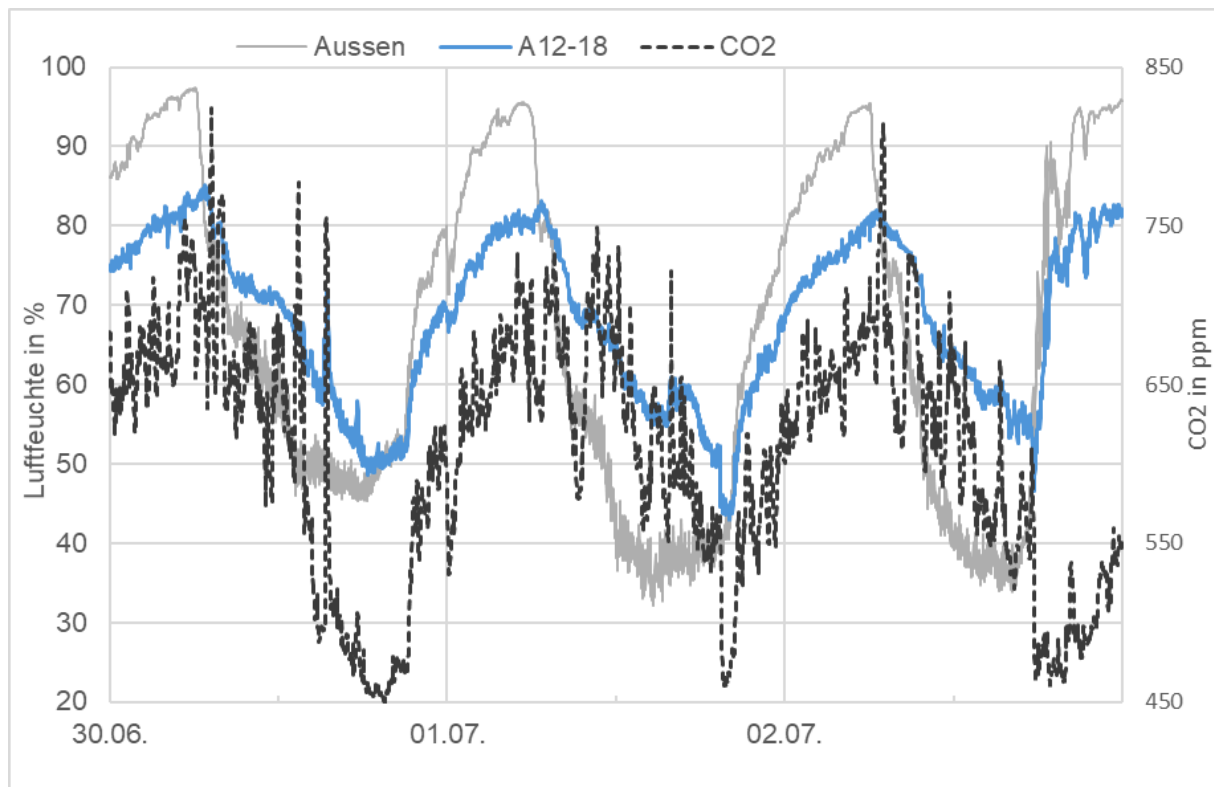


Abbildung 54: Luftfeuchte Außen (grau), in den Abteilen A12 – 18 (blau) und CO₂-konzentration (durchbrochene Linie) im Stallinneren. NH₃-konzentrationen lagen im Messzeitraum im Stallinneren bei 0,3 – 3,0 ppm (kurzfristiger Spitzenwert von 10 ppm während Entmistung am 30.06.2025 | 14:00). Es befanden sich acht Tiere im Abteil.

Im Unterschied zum Hitzereferenzzeitraum 1 sank die Lufttemperatur im Referenzzeitraum 2 vom 30.06.2025 – 02.07.2025 nachts im Außenbereich nur noch auf rund 15 °C (s. Abbildung 53). Damit blieb auch die Lufttemperatur im Stallinneren um rund 5 K höher als während Hitzereferenzzeitraums 1. Das hatte zur Folge, dass auch die thermische Speichermasse im Gebäudeinnern weniger abkühlt und die Dämpfung des Temperaturanstieges weniger deutlich ausfiel. Es wurden Lufttemperaturen im Stallinneren von bis zu 28 °C bei Lufttemperaturen im Außenbereich von deutlich über 30 °C gemessen. Auch während dieses Messzeitraums stiegen auf Grund der Einschränkung des Luftwechsels die Kohlendioxidkonzentration und die Luftfeuchte auf höhere Werte als im Außenbereich (s. Abbildung 54). Es zeigte sich auch hier, dass bei Berechnung des THI die Hitzebelastung für die Tiere im Stallinneren niedriger war als zur gleichen Zeit im Außenbereich.

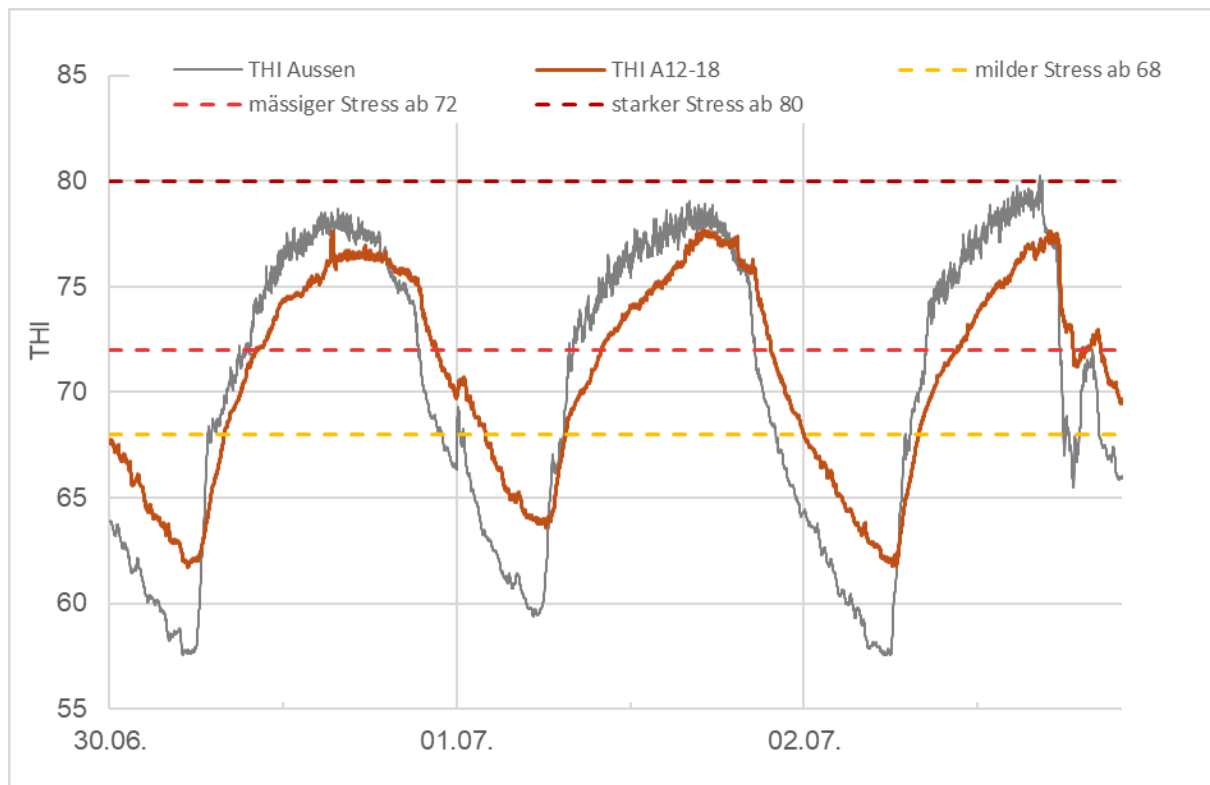


Abbildung 55: THI-Werte nach Zimbelman und Collier (Collier et al. 2011) sowie THI-Werte Außen (grau) und in den Boxen A12 – 18 (rot).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Kälte- und Feuchtereferenzzeitraum die In- nentemperatur- und Feuchteschwankungen im Vergleich zum Außenklima gedämpft werden konnten. Die CO₂- und NH₃-Konzentrationen blieben dabei unkritisch. Dieser Effekt war auch in den Hitzereferenzzeiträumen nachweisbar. Das Maß der Dämpfung korreliert dabei mit der Stärke der nächtlichen Abkühlung. Ob bei einem höheren Luftwechsel zu Lasten von höheren Wärmegewinnen aber zu Gunsten einer niedrigeren Luftfeuchte bessere THI-Werte zu erreichen wären, muss vorerst offenbleiben und ist Gegenstand der Versuchsfragen im Zuge einer Optimierung der Regelstrategie. Die Funktionsweise der Regelstrategie verdeutlicht, dass eine effektive Steuerung des Stallklimas nur auf Grundlage kontinuierlich Sensordaten realisierbar ist. Aus diesem Grund wurde bereits vor Beginn der Versuchsdurchführung ein Entwurf einer digitalen Regelstrategie entwickelt und durch die Firma Lock auf der SBE-Plattform umgesetzt. Während der Versuchsphase erfolgte eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung der festgelegten Grenzwerte sowie der Regelungsabläufe. Auf Basis dieser Anpassungen kann die automatisiert arbeitende Steuerung ab November 2025 in eine erste Testphase überführt werden. Zur Validierung der Zuverlässigkeit dieser Steuerung wird eine ganzjährige Erprobungsphase erwartet.

Ergebnisse Stallklima im Versuchsabteil B (AP 4, 5)

Um einen Vergleich der Auswirkungen des Stallklimas auf die Tiergesundheit zu untersuchen, wurde die Stallklimasteuerung nur im Abteil A angewandt. Abteil B diente als Referenzabteil, in dem durch einen nicht kontrollierten Luftwechsel Klimawerte näher am Außenklima erzeugt wurden. Da die Regelstrategie der Stallklimasteuerung nur unter bestimmten Aussenklimabedingungen eingreift (siehe oben), waren Unterschiede im Stallinneren der beiden Abteile nur in einem bestimmten Zeitraum feststellbar.

Unter Berücksichtigung von weiteren arbeitswirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurden als relevanter Versuchszeitraum die Tage vom 21.02.2025 – 11.05.2025 festgelegt. Als Beispiel

der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in den beiden Versuchsabteilen während dieses Zeitraums sind exemplarisch die Werte für Lufttemperatur und -feuchte in der Woche vom 10.03.2025 – 16.03.2025 dargestellt.

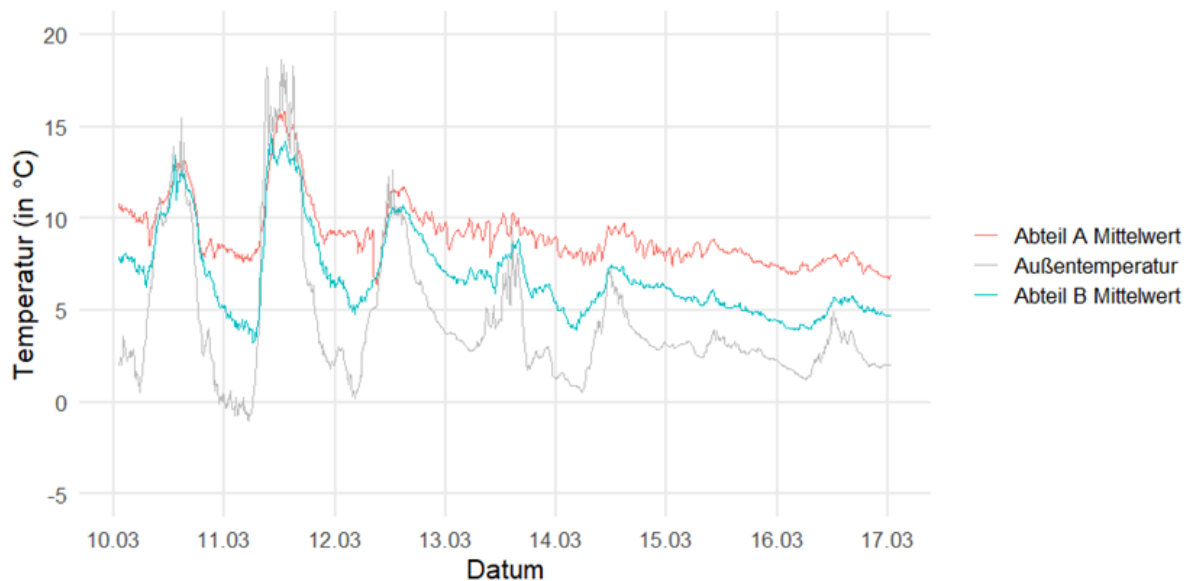


Abbildung 55a: Lufttemperatur Außen und Mittelwerte in den Versuchsabteilen A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) im Zeitraum 10.03. – 16.03.2025.

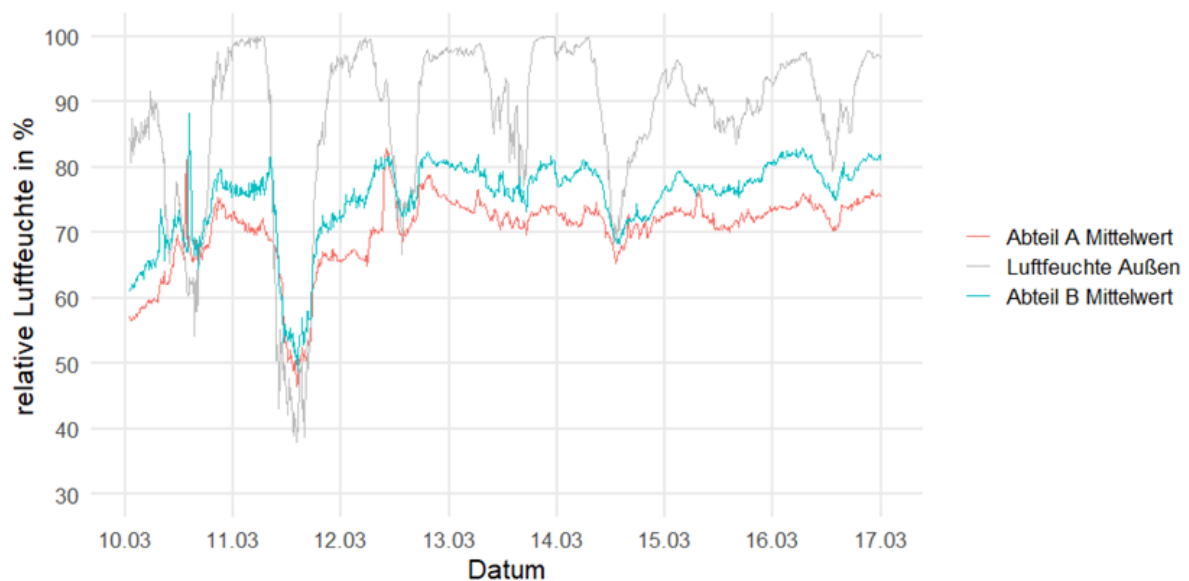


Abbildung 56: Relative Luftfeuchte Außen und Mittelwerte in den Versuchsabteilen A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) im Zeitraum 10.03. – 16.03.2025.

Luftkeimgehalt (AP 4, 5)

Während des Versuchszeitraums wurden zwei Luftkeimgehaltproben im Gang des Kälberstalls direkt vor den Boxen genommen. Bei Probennahme und Auswertung wurde nach dem Schema des QT Tierhygiene der CAU Kiel vorgegangen. Die erste Messung erfolgte am 17. Februar 2025, fünf Wochen nach dem die ersten Kälber eingestallt wurden. An diesem Tag befanden sich fünf Kälber in Abteil A und drei Kälber in Abteil B. In Abteil A wurden 3 KbE/l gemessen, in Abteil B 1 KbE/l. Die zweite Messung erfolgte drei Monate später, am 12. Mai 2025. Es befanden sich zwei Kälber in Abteil A und drei Kälber in Abteil B. In beiden Abteilen wurde < 1 KbE/l gemessen.

Während des Versuchszeitraums wurden zwei Luftkeimgehaltproben im Gang des Kälberstalls direkt vor den Boxen genommen. Bei Probennahme und Auswertung wurde nach dem Schema des QT Tierhygiene der CAU Kiel vorgegangen. Die erste Messung erfolgte am 17. Februar 2025, fünf Wochen nach dem die ersten Kälber eingestallt wurden. An diesem Tag befanden sich fünf Kälber in Abteil A und drei Kälber in Abteil B. In Abteil A wurden 3 KbE/l gemessen, in Abteil B 1 KbE/l. Die zweite Messung erfolgte drei Monate später, am 12. Mai 2025. Es befanden sich zwei Kälber in Abteil A und drei Kälber in Abteil B. In beiden Abteilen wurde < 1 KbE/l gemessen.

Die geringeren Werte im Mai lassen sich dadurch erklären, dass die Wandverschlüsse des Stalls aufgrund der höheren Temperaturen weiter geöffnet waren. Dadurch entsteht ein stärkerer Luftaustausch und der Keimgehalt im Stall sinkt. Trotzdem sind die Werte niedriger als in anderen Studien aus Außenklimaställen, was für eine sehr gute Durchlüftung des Stalls spricht (Lago et al. 2006; Hill et al. 2011; Mahendran et al. 2023a).

Eine Wiederholung ist geplant, da über die Luftwechselrate hinaus auch die kurze Betriebszeit der Stallanlage für den niedrigen Keimgehalt eine Rolle spielen kann.

Ergebnisse der Untersuchungen zur Tiergesundheit (AP 4,5)

Insgesamt wurden 29 Kälber in die Beobachtung aufgenommen. Die genaue Verteilung der zum Zeitpunkt der Einstellung erfassten Merkmale auf die Kälber in den Abteilen A und B findet sich in Tabelle 27. Durch die wechselseitige Belegung der beiden Abteile ergibt sich eine nahezu gleichmäßige Verteilung der Merkmale. Auffallend sind jedoch die Unterschiede in der Kolostrumqualität, da alle Kälber, die mit Kolostrum schlechterer Qualität (< 22 Brix) versorgt wurden, in Abteil A eingestallt waren. Diese Verteilung war zwar rein zufällig, muss jedoch bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Bei den 29 beobachteten Kälbern wurden dreimal wöchentlich im Zeitraum vom 21.02. – 11.05.2025 insgesamt 225 Gesundheitschecks durchgeführt. Dabei wurden für jedes Kalb in sieben Kategorien Boniturnoten (0 – 2) vergeben, die zu einem Gesamtscore addiert wurden (s. Tabelle 26). Zusätzlich wurde bei den Gesundheitschecks der Nesting Score erfasst, die rektale Körpertemperatur, die Anzahl der Kälber pro Box und ob die Kälber eine Decke trugen. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 27 und Tabelle 28.

Während des Versuchszeitraums wurden drei Kälber wegen einer leichten Aspirationspneumonie nach der Geburt behandelt (Abteil A: 2 Kälber, Abteil B: 1 Kalb), ein Kalb (B) wurde wegen Trinkschwäche behandelt, drei Kälber wegen Durchfall (A: 2, B: 1), zwei Kälber wegen Nabelentzündungen (A: 1, B: 1) und ein Kalb (A) wegen Fieber ungeklärter Ursache. Abgesehen von Aspirationspneumonien, welche durch das Einatmen von Fruchtwasser entstehen und keinen infektiösen Ursprung haben, musste kein Kalb wegen einer Atemwegserkrankung behandelt werden. Bei keinem der Kälber war bei Abschluss der Datenerfassung eine Erkrankung nach Umstallung in die Gruppenbucht aufgetreten.

Tabelle 26: Verteilung der verschiedenen Merkmale der Kälber auf die Abteile A und B.

n = Anzahl der Tiere, bei denen das jeweilige Merkmal erfasst wurde.

SD = Standardabweichung

durchschnittlicher Gesamtscore 1 = Durchschnitt aller erfassten Gesamtscores eines Kalbs
(Gesamtscore = Summe aller erfassten Boniturnoten für ein Kalb an einem Tag).

		Abteil A	Abteil B	Gesamt
Anzahl der Tiere		14	15	29
Geschlecht <i>n</i> = 29	Männlich	3	8	11
	Weiblich	11	7	18
Rasse <i>n</i> = 29	Fleckvieh	9	9	18
	Braunvieh	4	5	9
	Sonstige	1	1	2
Qualität Kolostrum <i>n</i> = 21	≥ 22 Brix	8	9	17
	< 22 Brix	4	0	4
Menge Kolostrum <i>n</i> = 27	≥ 3 Liter	6	6	12
	< 3 Liter	6	6	12
	Bei Mutter getrunken	1	2	3
Zeit bis zur ersten Kolostrumgabe <i>n</i> = 26	≤ 4 Stunden	10	10	20
	> 4 Stunden	2	4	6
Geburtsgewicht in kg <i>n</i> = 27	Durchschnitt	43,64	47,31	45,54
	Spanne	34,0 – 54,2	32,9 – 67,5	32,9 – 67,5
	SD	6,70	9,97	8,60
	Median	46,2	45,45	45,90
Durchschnittliche Tageszunahme in kg <i>n</i> = 29	Durchschnitt	0,68	0,68	0,68
	Spanne	-0,41 – 1,75	-0,35 – 1,46	-0,41 – 1,75
	SD	0,56	0,45	0,50
	Median	0,71	0,75	0,73
Durchschnittlicher Gesamtscore ¹ <i>n</i> = 29	Durchschnitt	0,25	0,16	0,2
	Spanne	0 – 1,67	0 – 0,75	0 – 1,67
	SD	0,47	0,25	0,37
	Median	0	0	0

Insgesamt wurde in Abteil A bei 5 von 14 Kälbern (35,7 %) mindestens einmal ein Gesamtscore über Null erreicht, in Abteil B bei 7 von 15 Kälbern (46,7 %). Der höchste Gesamtscore von 3 (s. Abbildung 57) wurde dabei dreimal bei demselben Kalb in Abteil A während einer länger andauernden Durchfallerkrankung erfasst. Er setzte sich zusammen aus einem leicht eingeschränkten Allgemeinzustand (Boniturnote 1) und einem stark verschmutztem, nass-feuchten Analbereich (Boniturnote 2).

Die Kategorien mit den häufigsten Auffälligkeiten waren Kotverschmutzung und Nabel, gefolgt von Husten mit sieben Einträgen. Die einzige Kategorie, in der während des Beobachtungszeitraums die Boniturnote 2 erreicht wurde, war Kotverschmutzung im Analbereich (s. Tabelle 28, Abbildung 24). In den Kategorien Allgemeinzustand, Husten, Nabel und Nase wurde maximal die Boniturnote 1 vergeben, in den Kategorien Ohren und Augen wurde bei allen Untersuchungen aller Kälber immer die Boniturnote 0 vergeben. Die genaue Verteilung der Gesundheitsscores findet sich in Tabelle 28.

Tabelle 27: Verteilung verschiedener Merkmale von 29 Kälbern in Abteil A (Klappensteuerung) und B (Außenklima), die bei dreimal wöchentlich durchgeführten Gesundheitschecks (insgesamt 225 Untersuchungen) vom 21.02. – 11.05.2025 erfasst wurden.

		A	B	Gesamt
Anzahl der Untersuchungen		111	114	225
Nesting Score	1	10	7	17
	2	97	96	193
	3	4	11	15
Temperatur	≤ 39,5 °C	110	113	223
	> 39,5 °C	1	1	2
Gesamtscore	0	91	97	188
	1	13	14	27
	> 1	7	3	10
	Durchschnitt	0,27	0,18	0,22
	Spanne	0 – 3	0 – 2	0 – 3
	Standardabweichung	0,66	0,45	0,56
	Median	0	0	0
Anzahl Kälber pro Box	1	63	74	137
	2	39	28	67
	3	9	12	21
Decke	ja	11	16	27
	nein	100	98	198

Tabelle 28: Anzahl der Scores über Null auf die jeweiligen Kategorien des Gesundheitschecks von 29 Kälbern in Abteil A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) im Zeitraum vom 20.02. - 11.05.2025; (1) in Klammern jeweils Anzahl der betroffenen Kälber.

Kategorie	Boniturnote	A (1)	B (1)	Gesamt (1)
Allgemeinzustand	1	5 (3)	1 (1)	6 (4)
	2	0	0	0
Husten	1	4 (2)	3 (3)	7 (5)
	2	0	0	0
Nase	1	1 (1)	1 (1)	2 (2)
	2	0	0	0
Augen	1	0	0	0
Ohren	1	0	0	0
Kotverschmutzung	1	2 (2)	1 (1)	3 (2)
	2	7 (3)	3 (2)	10 (5)
Nabel	1	4 (1)	8 (2)	12 (3)
	2	0	0	0
Gesamtscore	1	13 (5)	14 (6)	27 (12)
	2	4 (3)	3 (2)	7 (5)
	3	3 (1)	0 (0)	3 (1)

Bei der Verteilung der Gesundheitsscores (s. Abbildung 57, Abbildung 58) ist eine Häufung im Zeitraum 24.03.2025 – 16.04.2025 in beiden Abteilen erkennbar. Diese lässt sich vor allem auf Durchfallerkrankungen und Nabelentzündungen zurückführen. Bei diesen Krankheitsbildern konnten bisher keine eindeutigen Zusammenhänge mit dem Stallklima hergestellt werden. Um dennoch einen möglichen Effekt durch die Temperatur im Stall zu erkennen, zeigt Abbildung 25 den direkten Vergleich der Gesamtscores mit der Minimal-, Maximal- und Durch-

schnittstemperatur in beiden Abteilen im Zeitraum vom 19.03.2025 – 16.04.2025. Da die Häufung der erhöhten Gesundheitsscores von Kälbern ausging, die ab dem 19.03.2025 geboren wurden, wurde dieser Zeitraum gewählt. Die Innentemperaturen bewegten sich in diesem Zeitraum jedoch in Bereichen, die für Kälber in der Literatur als unkritisch eingestuft werden (5 – 20 °C) und waren in Abteil A und B ähnlich (s. Abbildung 59). Daher ist davon auszugehen, dass die Häufung der auffälligen Kälber eine andere Ursache als die Stalltemperatur hat.

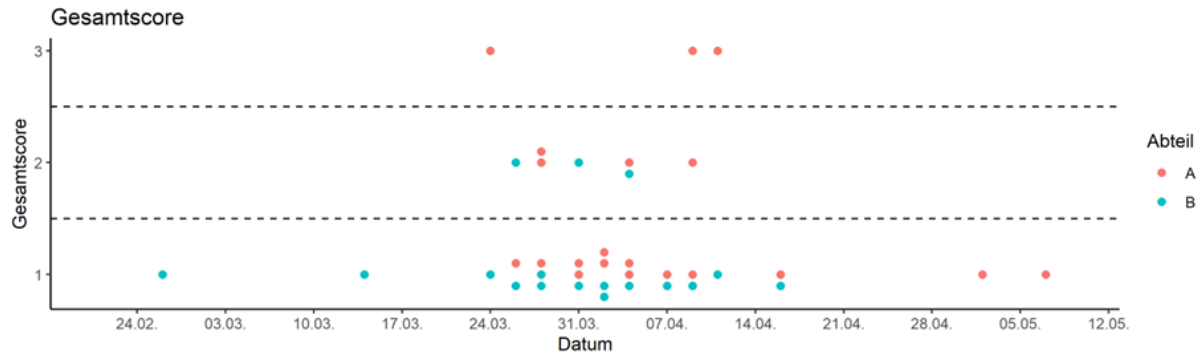


Abbildung 57: Verteilung der dreimal wöchentlich erfassten Gesamtscores (= Summe aller Einzelscores eines Kalbs an einem Tag) über Null auf die Abteile A (rot; Klappensteuerung) und B (blau; Außenklima) im gesamten Versuchszeitraum 21.02.2025 – 11.05.2025. Ein Punkt steht dabei für ein Kalb.

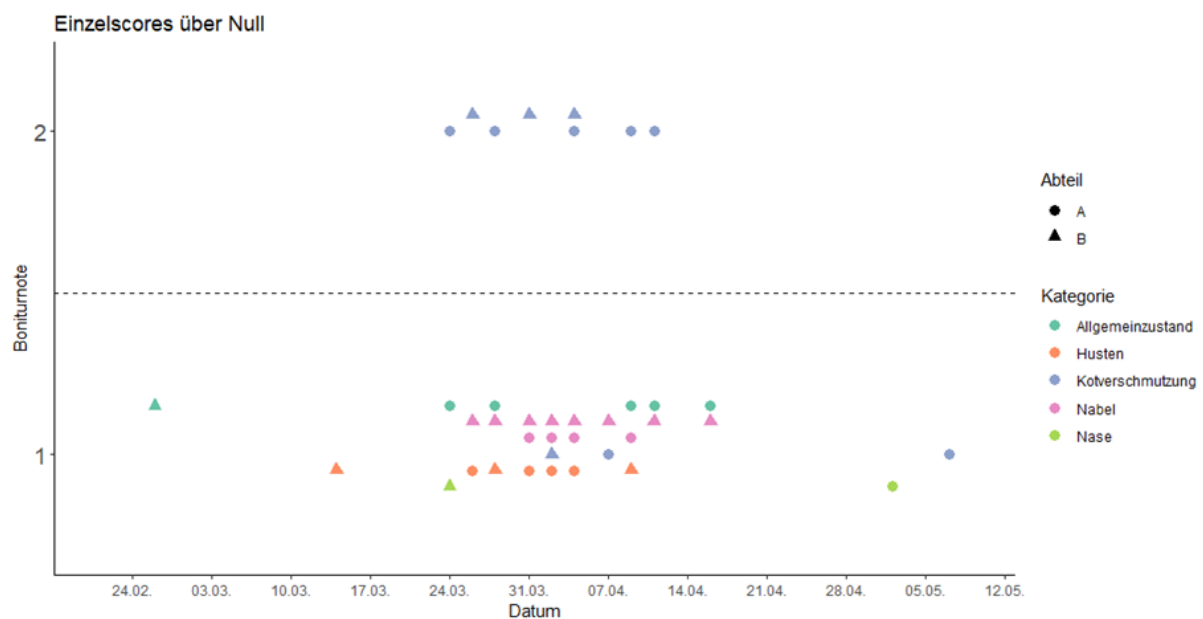


Abbildung 58: Verteilung der erfassten Einzelscores über Null auf die Abteile A (●) und B (▲) sowie auf die verschiedenen Kategorien im gesamten Versuchszeitraum 21.02.2025 – 11.05.2025. In den Kategorien "Ohren" und "Augen" wurde im Untersuchungszeitraum kein Score über Null ermittelt.

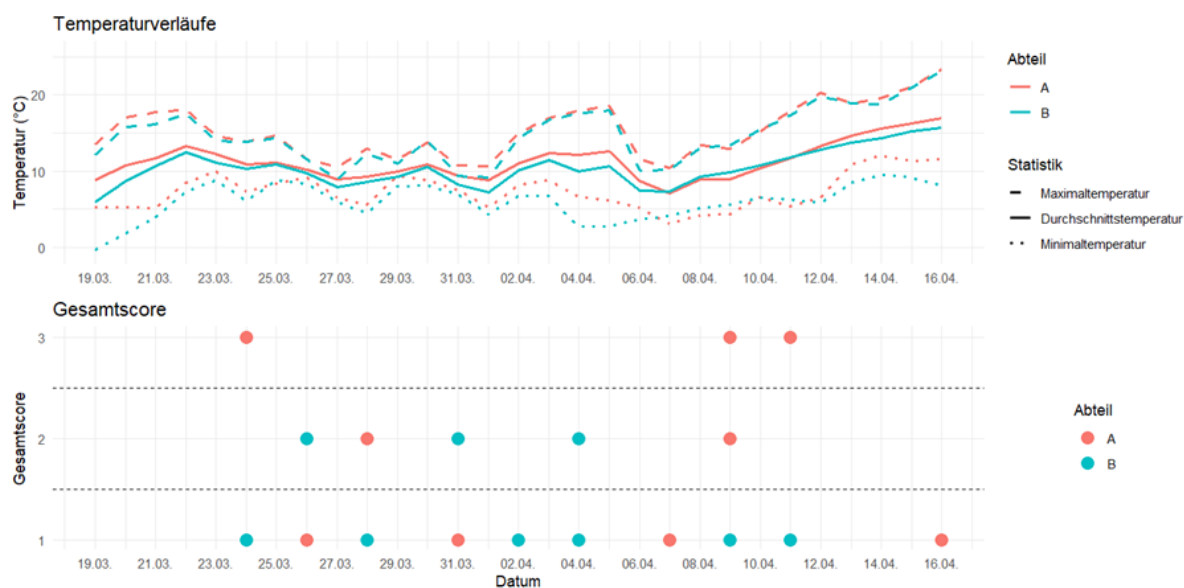


Abbildung 59: Auszug aus der Häufigkeit der Gesamtscores über Null vom 19.03.2025 – 16.04.2025 im Vergleich mit der Minimal-, Maximal- und Durchschnittstemperatur in Abteil A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) im selben Zeitraum.

Bei der statistischen Auswertung der Gesundheitsdaten wurde zunächst mithilfe eines Wilcoxon-Tests geprüft, ob sich die Merkmale Kolostrumqualität, Menge Kolostrum, Geburtsgewicht, Stallplatz, tägliche Zunahme, durchschnittlicher Gesamtscore und Median Gesamtscore zwischen den beiden Abteilen A und B unterscheiden. Alle p-Werte des durchgeführten Wilcoxon-Tests lagen über 0,05. Es wurde also für kein Merkmal ein signifikanter Unterschied festgestellt.

Auch bei der Auswertung der Einzelscores konnten weder Unterschiede zwischen den Abteilen noch zwischen Einzel- und Kleingruppenhaltung festgestellt werden. Bei der Auswertung des Einflusses der Temperatur auf den Gesamtscore sowie ausgewählte Einzelscores (Kotverschmutzung und Nabel) konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang dargestellt werden.

Aufgrund der geringen Anzahl an auffälligen und erkrankten Tieren müssen in diesem Bereich im Rahmen von fortgesetzten Untersuchungen noch weitere Daten erhoben und ausgewertet werden, um einen möglichen Zusammenhang feststellen zu können.

Ergebnisse der Untersuchungen zum Tierverhalten (AP 4,5)

Manuelle Videoauswertung

Im Zeitraum 18.03.2025 – 10.05.2025 wurde das Verhalten von 26 Kälbern (jeweils 13 Tiere in Abteil A und B) über Videos erfasst. Dabei wurden an drei Tagen pro Woche (Dienstag, Donnerstag und Samstag) jeweils vier Stunden ausgewertet. Es wurde zwischen Abteil A und B unterschieden sowie zwischen Einzelhaltung und Kleingruppenhaltung (Zweier- oder Dreiergruppe). Da aufgrund eines technischen Defekts Videos erst ab dem 18.03.2025 zur Auswertung zur Verfügung standen, waren drei der 29 im Versuch inkludierten Kälber zu diesem Zeitpunkt bereits ausgestallt. Daher liegen die Verhaltensdaten der Videoauswertung nur für 26 Kälber vor. Zwei Kälber befanden sich bereits zu Beginn der Auswertung in einer Zweiergruppe, daher wurden nur 24 Kälber in Einzelhaltung erfasst. Zwei Kälber waren aufgrund von Durchfallerkrankungen und fehlendem Partnerkalb im richtigen Alter bis zur Umstallung in die Gruppenbucht in einer Einzelbox. In Abteil A wurden zehn Kälber in Zweiergruppen erfasst, in Abteil B acht Kälber. In beiden Abteilen gab es jeweils eine Dreiergruppe.

Zur Ermittlung der relativen Häufigkeiten der drei Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Stehen in Aktivität wurden zuerst die vier Gruppen Einzelhaltung A, Einzelhaltung B, Kleingruppenhaltung A und Kleingruppenhaltung B unterschieden. Dann wurde für jeden Tag die Summe der einzelnen Verhaltensweise aller Kälber einer Gruppe durch die Anzahl aller erfassten Ereignisse bei den Kälbern dieser Gruppe geteilt. So bedeutet beispielsweise ein Wert von 44 % beim Stehen am 22.03.2025 in der Gruppe Einzelhaltung A, dass 44 % der an diesem Tag erfassten Verhaltensweisen von allen Kälbern, die in Abteil A in einer Einzelbox aufgestellt waren, Stehen war. Die prozentualen Anteile der Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Stehen in Aktivität, aufgegliedert nach Abteil und Einzel- bzw. Kleingruppenhaltung sind in Abbildung 60 dargestellt. Die Lücken in den Diagrammen der Kleingruppen bedeuten, dass an diesen Tagen alle Kälber in Einzelboxen aufgestellt waren.

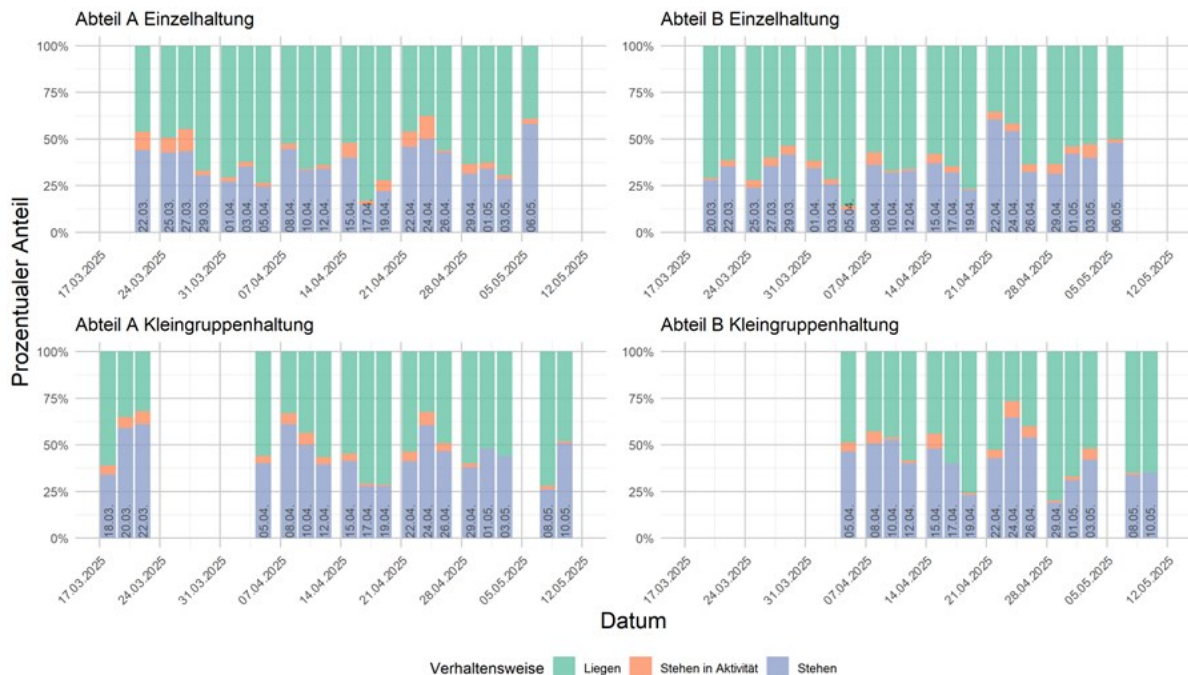


Abbildung 60: relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Stehen in Aktivität in den Abteilen A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) sowie bei einzeln gehaltenen Kälbern und Kälbern in Kleingruppen aus der Videoauswertung.

Mit dem Wilcoxon-Test wurde geprüft, ob es einen Unterschied der Verhaltensweisen zwischen Abteil A und B gab, wobei $p \leq 0,05$ als signifikant gewertet wurden. Der Test ergab keine signifikanten Unterschiede beim Liegen ($p = 0,79$), Stehen ($p = 0,95$) und Stehen in Aktivität ($p = 0,59$) zwischen Abteil A und B. Im Vergleich Einzelhaltung und Kleingruppenhaltung wurde jedoch festgestellt, dass Tiere in Kleingruppenhaltung signifikant mehr Stehen ($p < 0,01$) und signifikant weniger Liegen ($p < 0,01$) (s. Abbildung 61). Bei Stehen in Aktivität wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Einzel- und Kleingruppenhaltung festgestellt ($p = 0,5$).

Zusätzlich wurden die Verhaltensdaten mit den dazugehörigen Temperaturdaten (Minimal-, Maximal- und Durchschnittstemperatur sowie Temperaturspanne für jeden Tag mit Verhaltensauswertung) verknüpft. Dabei fiel im Wilcoxon-Test auf, dass die Minimal- und die Durchschnittstemperatur an den Tagen der Verhaltenserfassung in Abteil B signifikant niedriger war als in Abteil A.

Zusätzlich wurde eine lineare Regression zum Zusammenhang zwischen Verhaltensweise und Temperatur durchgeführt. Diese zeigt im Ergebnis, dass die Kälber bei größerer Temperaturspanne signifikant mehr Liegen und signifikant weniger Stehen bzw. sich bewegen.

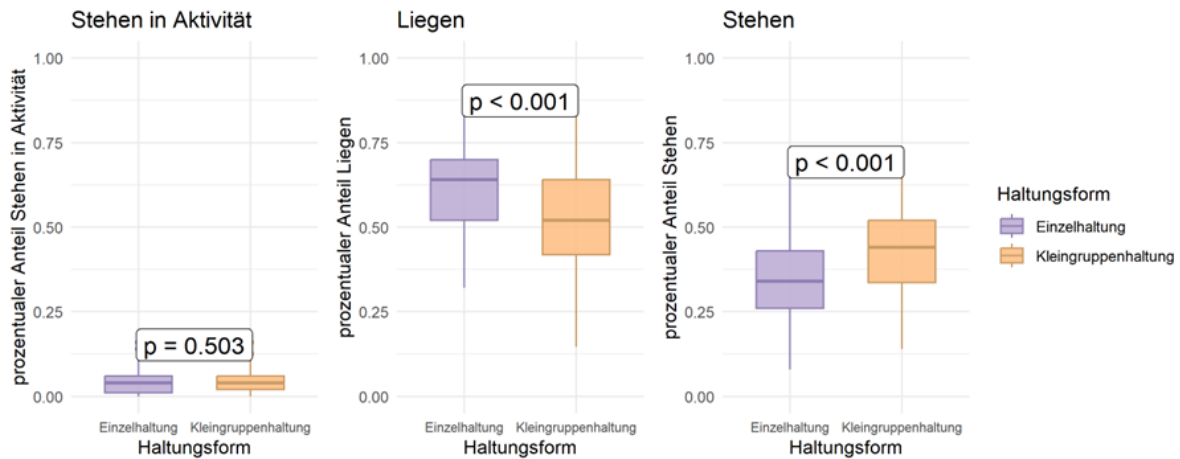


Abbildung 61: Vergleich der relativen Häufigkeiten der Verhaltensweisen Liegen, Stehen und Stehen in Aktivität zwischen Einzel- und Kleingruppenhaltung aus der Videoauswertung mit dem p-Wert des dazugehörigen Wilcoxon-Tests.

Die Unterschiede im Verhalten zwischen Tieren in Einzelhaltung und Kleingruppenhaltung lassen sich zunächst dadurch erklären, dass die Kälber in den Kleingruppen charakteristischerweise älter waren als die Kälber in Einzelhaltung. Mit zunehmendem Alter steigt auch die Aktivität der Kälber (Bowen et al. 2021; Whalin et al. 2021). Hinzu kommt ein weiterer Aspekt, der in anderen Studien mit gleich alten Kälbern beobachtet wurde: Häufigeres Stehen bei Gruppenhaltung (Duve und Jensen 2012; Abdelfattah et al. 2024) resultiert daraus, dass sich die Kälber gegenseitig zum Aufstehen und zur sozialen Interaktion animieren und zusätzlich mehr Platz zur Verfügung steht (Mahendran et al. 2023b; Abdelfattah et al. 2024). Außerdem werden Kälber durch einen Sozialpartner stärker zum Spielen animiert (Valníčková et al. 2015; Mahendran et al. 2023b).

Durch die Auswertung der Videos im time sampling Verfahren war es nicht möglich, die Dauer der Verhaltensweisen zu erfassen. Da das Spielverhalten von Kälbern durch kurze Aktivitätsschübe, gefolgt von Stehperioden, gekennzeichnet ist, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass der Aktivitätsschub genau in den im time sampling erfassten Sekunden stattfindet. Daher schlägt sich die vermehrte Aktivität der Kälber bei dieser Erfassungsmethode vor allem im Kriterium „Stehen“ nieder. In einer anderen Studie wurde gezeigt, dass Kälber in Paarhaltung weniger lokomotorisches Spielverhalten zeigen. Als möglichen Grund hierfür wurde genannt, dass bei Kälbern in Paarhaltung das lokomotorische Spielverhalten teilweise durch soziales Spielverhalten, welches mit einer geringeren Aktivität einhergeht, ersetzt wird (Jensen 2015). Um abschließend beurteilen zu können, aus welchen Gründen die Kälber in Gruppenhaltung mehr stehen und was dies insbesondere für das Tierwohl bedeutet, ist die Datengrundlage jedoch noch nicht ausreichend.

Um einen signifikanten Unterschied im Verhalten zwischen Abteil A und B auszulösen, waren die Temperaturunterschiede der beiden Abteile im bisherigen Untersuchungszeitraum nicht deutlich genug. Außerdem wurden in der Videoauswertung nur Zeiträume rund um die Fütterung betrachtet, in denen Kälber ohnehin viel Stehen (Hill et al. 2013). Daher ist es möglich, dass der Effekt der Fütterung den möglichen Effekt des Stallklimas überlagert. Zur weiteren Untersuchung der Auswirkungen des Stallklimas auf das Tierverhalten und zur Absicherung der sich abzeichnenden Effekte sind daher weitere Untersuchungen mit größeren Datensätzen und unterschiedlichen klimatischen Gegebenheiten nötig.

KI-gestützte Videoauswertung

Nach dem Training zeigte das Detektionsmodell über den gesamten Trainingsverlauf hinweg eine stabile und konsistente Konvergenz. Es wurde eine sehr hohe Detektionsleistung erreicht,

mit einem maximalen $\text{mAP}@50$ von 0,995 sowie einem $\text{mAP}@50-95$ von 0,979. Diese Ergebnisse belegen eine zuverlässige Objektdetektion sowohl bei großzügigen als auch bei strengeren IoU-Schwellen und deuten auf eine präzise Lokalisierung der Zielobjekte hin. Der Verlauf der Trainings- und Validierungsverluste zeigte über die Epochen hinweg ein ähnliches Muster ohne ausgeprägte Divergenz. Dies spricht für ein stabiles Lernverhalten des Modells und weist auf ein geringes Maß an Overfitting hin (s. Abbildung 66).

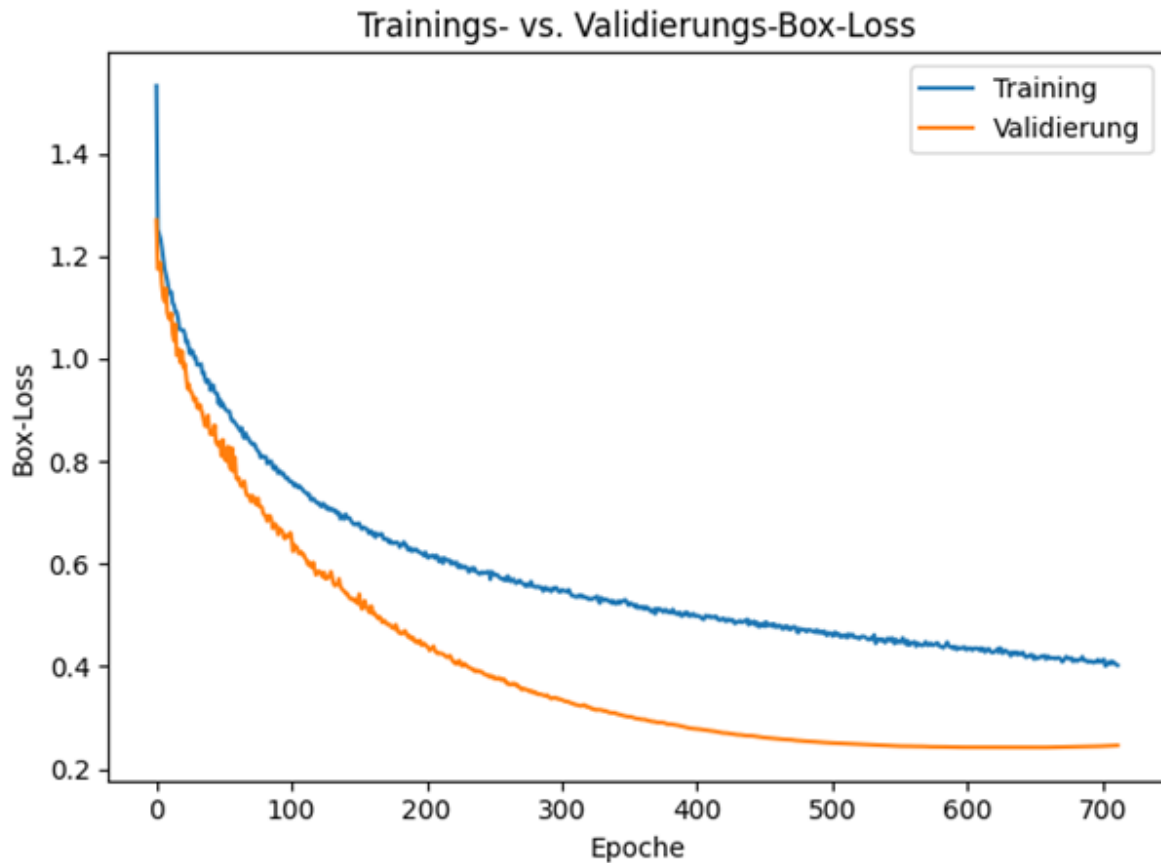


Abbildung 62: Verlauf des Box-Loss während des Trainings. Der Box-Loss ist ein Maß dafür, wie stark die vom Modell vorhergesagten Objektbereiche von den tatsächlichen Objektbereichen abweichen – ein niedriger Wert bedeutet eine genauere Vorhersage. Auf der x-Achse sind die Epochen dargestellt, also die Durchläufe des gesamten Trainingsdatensatzes durch das Modell. Gezeigt werden die Werte für die Trainingsdaten (blaue Linie) und die Validierungsdaten (orange Linie). Dass beide Linien ähnlich verlaufen, deutet auf ein stabiles Lernverhalten hin und zeigt, dass das Modell die Trainingsdaten nicht übermäßig auswendig gelernt hat.

Die Validierung des Algorithmus erfolgte anhand von drei Videosets mit jeweils neun Stunden Material. Diese Sets waren zusammengesetzt aus Videos von verschiedenen Kameras, zu verschiedenen Uhrzeiten und mit unterschiedlichen Belegungen (Einzel- und Kleingruppenhaltung). Die Validierung der Verhaltenserkennung erfolgte durch einen Abgleich der von der Fa. Wolution erfassten Daten mit einer manuell durchgeführten time-sampling Erfassung des Verhaltens im fünf-Minuten-Takt. Die Übereinstimmung der manuell erfassten Verhaltensweisen und der von der KI bestimmten Verhaltensweisen betrug dabei 97,2 % (Tabelle 29).

Tabelle 29: Statistische Auswertung der über die time-sampling Erfassung und KI-gestützte Videoauswertung gewonnen Daten zum Verhalten der Kälber.

Metrik	Wert	Beschreibung
Gesamt ausgewertete Felder	2213	Anzahl aller feldweisen Vergleiche ohne 0-Werte
Übereinstimmung s = s	419	Manuelle Annotation s und Algorithmus s
Übereinstimmung l = l	721	Manuelle Annotation l und Algorithmus l
Fehlklassifikation s → l	13	Manuell s, Algorithmus l
Fehlklassifikation l → s	14	Manuell l, Algorithmus s
x-Fehler (separat)	5	Algorithmus hat Tier nicht erkannt / Tier verdeckt

Die Validierung der Einzeltieridentifikation erfolgte durch eine kontinuierliche Auswertung der von der Fa. Wolution produzierten Videos. Auf diesen Videos waren alle Kälber mit den jeweiligen Identifikationen versehen. Anhand der zuvor beschriebenen Validierungsvideos wurde erfasst, wenn die Zuordnung der Identifikationsnummer zum Tier nicht korrekt war und dieser Zustand länger als 10 Sekunden andauerte. Dieser Wert von 10 Sekunden wurde anhand einer kontinuierlichen Auswertung eines zweistündigen Videos mit hoher Aktivität von vier Kälbern bestimmt. Dabei wurde für die Dauer einer fehlerhaften Erkennung der Tieridentifikation ein Mittelwert von 10 Sekunden bei 63 Ereignissen ermittelt. War die Dauer der richtigen Identifikation zwischen zwei fehlerhaften Ereignissen kürzer als fünf Sekunden, wurde die gesamte Dauer als fehlerhaft interpretiert. Die Genauigkeit der Erkennung betrug bei diesem Vorgehen insgesamt 96,0 %.

Dies bedeutet, dass in 96,0 % der Zeit das Halsband und damit die Tier-ID richtig erkannt wurde (s. Abbildung 63). In Fällen, in denen das Halsband und die Tier-ID nicht korrekt erkannt wurde, wurde entweder fälschlicherweise eine andere Halsbandfarbe oder der Kopf des Tieres nicht erkannt und konnte daher nicht zugeordnet werden. Dies trat vor allem auf, wenn die Tiere in Kleingruppenhaltung sehr eng zusammenstanden (z. B. bei der Tränkeaufnahme), ein liegendes Kalb von einem stehenden Kalb überlagert wurde oder der Kopf- und Halsbereich des Tieres von einer Boxtrennwand, der Futterraufe oder einem anderen Kalb verdeckt wurde (s. Abbildung 64).

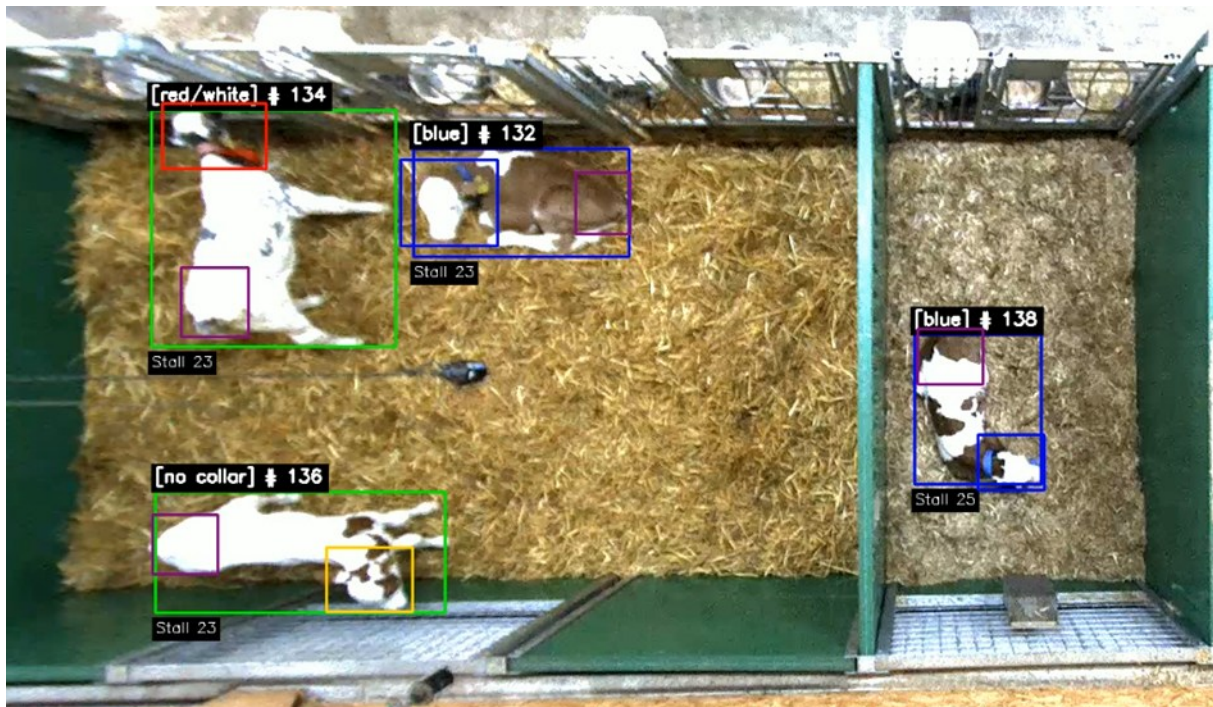


Abbildung 63: Korrekte Erkennung der Verhaltensweisen der Tiere (blauer Kasten = Liegen, grüner Kasten = Stehen) und der Tieridentifikation durch die entwickelte KI bei drei Tieren in einer Box; die Kästchen um den Kopf der Tiere entsprechen der Halsbandfarbe (rot = rot-weißes Halsband, blau = blaues Halsband, gelb = kein Halsband); lila Kästchen markieren die Hinterteile der Tiere.

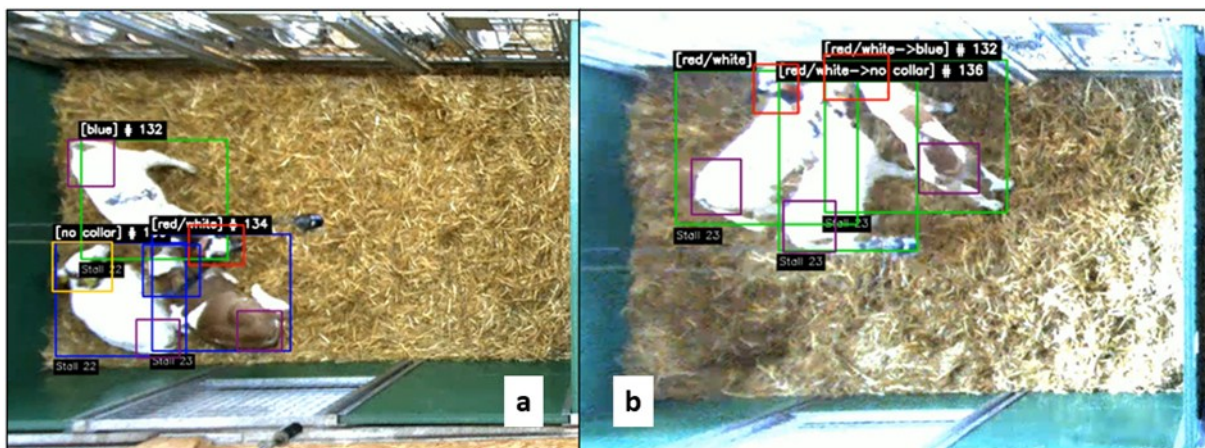


Abbildung 64: Fehlerhafte Erkennung der Tieridentifikation durch die KI aufgrund Überlagerung von liegenden durch stehende Kälber (a) und zu enges Zusammenstehen der Kälber bei der Tränkeaufnahme (b).

Nach den Videos zur Validierung wurden weitere Aufnahmen aus dem Zeitraum 26. April – 30. Juli 2025 ausgewertet. Anhand dieser Videos wurde verglichen, wie sich das Liege- und Stehverhalten der Kälber zwischen den Abteilen A und B unterschieden hat.

Technische Herausforderungen

Bei der Tiererkennung treten die typischen Herausforderungen aus dem Bereich des ML-basierten Computer Vision auf, darunter:

- wechselnde Lichtbedingungen (Tag/Nacht, Schatten, künstliche Beleuchtung)

- Verzerrungen und Unschärfen insbesondere an den Bildrändern
- teilweise verdeckte oder überlappende Tiere
- unterschiedliche Körperhaltungen und Perspektiven.

Diese Schwierigkeiten konnten durch ein ausreichend großes und repräsentatives Trainingsdatenset weitgehend zufriedenstellend adressiert werden. Im Speziellen kam ein iteratives Hard Example Mining zum Einsatz:

- Fehlklassifikationen und problematische Beispiele der jeweils vorherigen Modellversion wurden gezielt identifiziert,
- die betreffenden Bilder wurden dem Trainingsdatensatz hinzugefügt und erneut annoziiert bzw. überprüft,
- das Modell wurde anschließend mit dem erweiterten Datensatz neu trainiert.

Durch diesen iterativen Prozess konnte die Erkennungsleistung insbesondere in schwierigen Szenen und Grenzfällen deutlich verbessert und die Gesamtsystemstabilität erhöht werden.

Verhaltensauswertung mit Beschleunigungssensoren

Während des Versuchszeitraums vom 21.02.2025 – 11.05.2025 waren insgesamt 16 Tiere mit HOBO-Beschleunigungssensoren ausgestattet, davon neun Tiere in Abteil A und sieben Tiere in Abteil B. Insgesamt wurden 325 Datensätze ausgewertet. Die Rohdaten wurden von der Hochschule Rhein-Waal zu Vorhersagen verarbeitet. Diese Vorhersagen gaben alle 10 Sekunden eine Verhaltensweise aus und wurden in dieser Form an der LfL weiterverarbeitet. Dabei wurden zunächst die letzten 10 Minuten jeder Datei gelöscht, um die Zeit zwischen Abnehmen des Sensors vom Tier und Auslesen des Sensors am PC zu entfernen. Anschließend wurden die Dateien in R eingelesen. Dort wurden die Daten zunächst geglättet, sodass alle singulär erfassten Verhaltensweisen gegen den Wert der identischen Nachbarn ersetzt wurden. Zur leichteren Weiterverarbeitung und zur Reduzierung der Datenmenge wurden zunächst nur der jeweils erste Wert pro Minute weiterverwendet. Anhand dieser Datensätze wurde dann die Gesamtdauer und die Anzahl der Ereignisse jeder Verhaltensweise (Liegen, Stehen, Aktiv) berechnet. Da die Sensoren alle 10 Sekunden einen Wert aufzeichneten, war die Speicherkapazität auf 2,5 Tage begrenzt. Daher wurden die Sensoren immer montags, mittwochs und freitags ausgelesen und neu gestartet. Durch diese Vorgehensweise war es nicht möglich, jeden Tag die gleiche Anzahl an aufgezeichneten Stunden zu erreichen. Deshalb wurde die absolute Dauer einer Verhaltensweise an einem Tag durch die Gesamtdauer der Aufzeichnung an diesem Tag geteilt. Diese prozentualen Anteile wurden dann statistisch weiterverwendet.

Insgesamt wurden 325 Datensätze (ein Datensatz $\triangleq$ ein Kalb an einem Tag) ausgewertet, davon 181 aus Abteil A und 144 aus Abteil B. In Abteil A waren 92 Datensätze aus Einzelhaltung und 89 aus Kleingruppenhaltung. In Abteil B waren 91 Datensätze aus Einzelhaltung und 53 aus Kleingruppenhaltung. Die Kälber in Abteil A waren durchschnittlich 12,2 Tage alt, die Kälber in Abteil B 11,5 Tage.

Mit diesen Datensätzen wurde zunächst ein Wilcoxon-Test durchgeführt. Hierbei wurde beim Vergleich der Abteile A und B festgestellt, dass es einen signifikanten Unterschied im Liege-Anteil ($p < 0,001$), im Steh-Anteil ($p < 0,001$) und im Aktiv-Anteil ($p = 0,018$) gab (s. Abbildung 65). Beim Alter der Tiere wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Abteilen festgestellt ($p = 0,199$). Um einen Zusammenhang zu den Klimadaten herstellen zu können, wurde anschließend ein gruppierter Tagesdatensatz erstellt, bei dem die einzelnen Datensätze nach Abteil gruppiert wurden. Für jedes Datum war nun jeweils ein Wert für Abteil A und ein Wert für Abteil B vorhanden. Aufgrund der kleinen Datengrundlage wurde hier auf eine zusätzliche Unterteilung in Einzel- und Kleingruppenhaltung verzichtet. Diese Werte wurden mit den Minimal-, Maximal- und Durchschnittstemperaturen sowie der Temperaturspanne für jeden Tag im

jeweiligen Abteil kombiniert. Auch mit diesen Tagesdatensätzen wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt.

Die Minimaltemperaturwerte ($p < 0,001$), die Durchschnittstemperatur ($p = 0,012$) sowie die Temperaturamplituden ($p = 0,004$) unterschieden sich dabei zwischen den Abteilen A und B signifikant. Grund hierfür sind die durch die Lüftungssteuerung reduzierten Lüftungswärmeverluste bei niedrigen Temperaturen in Abteil A. Dadurch bleibt ein höherer Anteil von Wärme im Stall, was insgesamt zu einem niedrigeren Temperaturabfall und damit zu höheren Durchschnittstemperaturen führt.

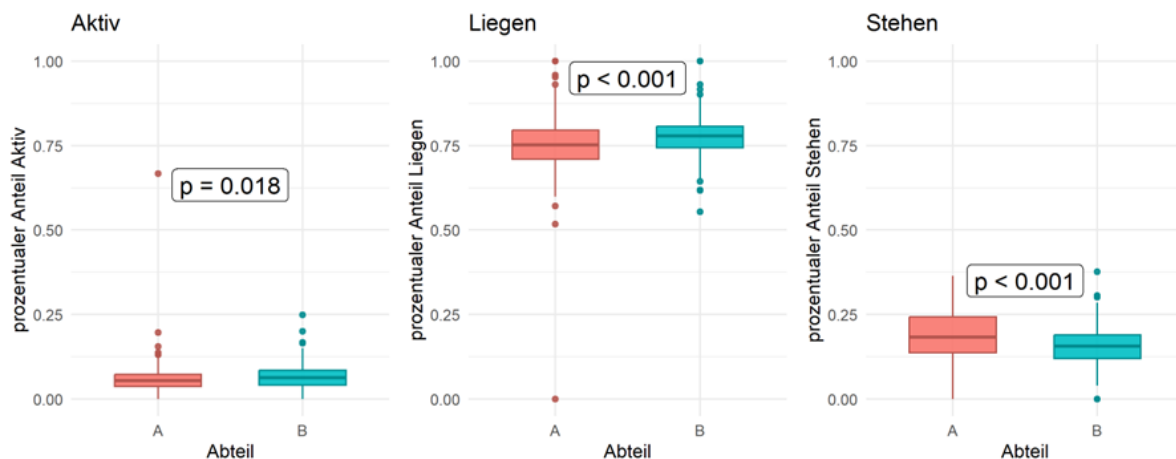


Abbildung 65: Boxplot-Diagramme zum Vergleich der relativen Häufigkeiten der Verhaltensweisen Aktiv, Liegen und Stehen zwischen den beiden Abteilen A (Klappensteuerung) und B (Außenklima) anhand der Daten der HOBO-Beschleunigungssensoren im Zeitraum 21.02.2025 – 11.05.2025.

Aufgrund der signifikanten Differenzen im Wilcoxon-Test wurde anschließend eine lineare Regression mit den gruppierten Tagesdatensätzen zur Prüfung der Zusammenhänge zwischen Temperaturen und Verhaltensweisen durchgeführt. Dabei wurde ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Durchschnittstemperatur und dem Aktivitätsanteil festgestellt, sowie ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der Minimaltemperatur und dem Liegeanteil (s. Abbildung 66). Die Kälber lagen also vermehrt bei niedrigen Minimaltemperaturen und bewegten sich vermehrt bei höheren Durchschnittstemperaturen. In einer gemischten linearen generalisierenden Regression wurde anschließend der tierindividuelle Effekt auf die Verhaltensweisen geprüft. Hier war die Varianz sehr gering, was ein weiterer Hinweis darauf ist, dass das Abteil einen entscheidenden Einfluss auf das Verhalten der Tiere hat.

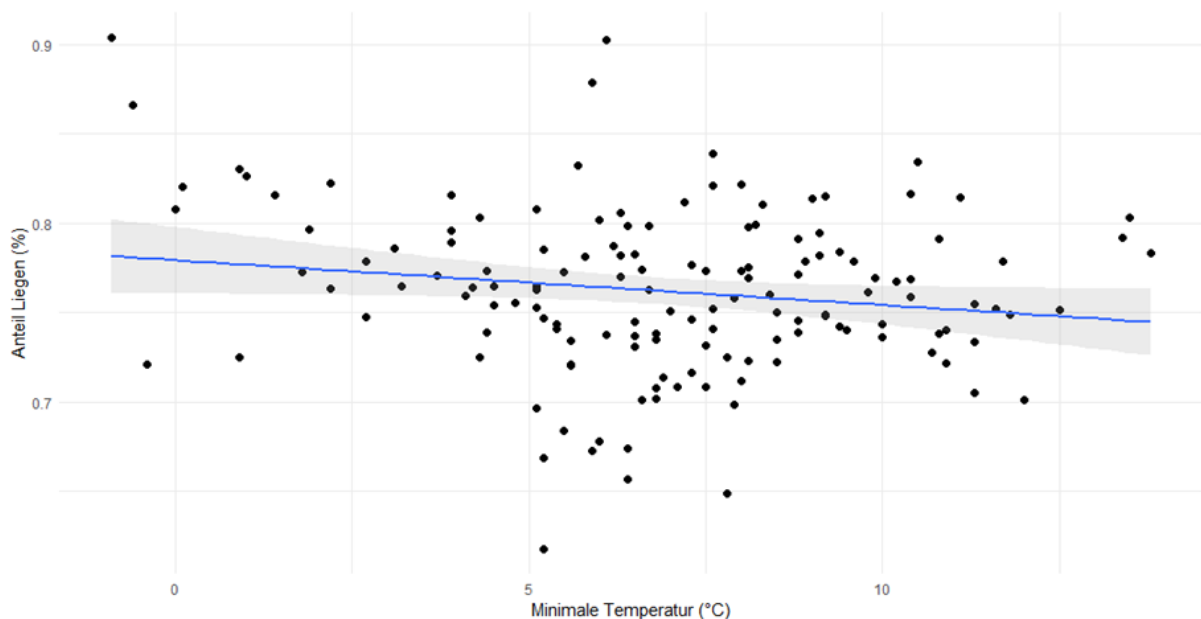


Abbildung 66: Lineare Regression zum Zusammenhang zwischen der minimalen Temperatur und dem relativen Anteil „Liegen“ aller Kälber in Abteil A und B anhand der Daten der HOBO-Beschleunigungssensoren. Ein schwarzer Punkt steht dabei für einen Beobachtungstag. Die blaue Linie zeigt den geschätzten durchschnittlichen Liegeanteil für eine Temperatur mit dem grau schattierten 95%-Konfidenzintervall.

Im zuvor beschriebenen ersten Schritt der Auswertung wurden nur der erste Wert pro Minute verwendet, um die Datenmenge zu reduzieren. In einem zweiten Schritt wurden anschließend alle erfassten Werte im 10-Sekunden-Takt ausgewertet. Im Vergleich der beiden Methoden wurde im Wilcoxon-Test kein Unterschied im Liege-Anteil, Steh-Anteil oder Aktiv-Anteil zwischen dem Datensatz im 10-Sekunden-Takt und dem Datensatz im 1- Minuten-Takt gefunden. Die statistische Auswertung des 10-Sekunden-Datensatzes erfolgte analog zum 1-Minuten-Datensatz und kam zu den gleichen Ergebnissen.

Inwieweit die dargestellten Unterschiede in den Verhaltensweisen zwischen den Abteilen durch die Temperatur beeinflusst werden, lässt sich also nicht abschließend beurteilen. Dazu sind umfangreichere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum nötig. Es lässt sich jedoch festhalten, dass die kontinuierliche Erfassung der Aktivität mithilfe der Beschleunigungssensoren besser geeignet ist, um Zusammenhänge mit dem Stallklima darzustellen, als die klassische Videoauswertung, bei der immer nur kurze Ausschnitte pro Tag betrachtet werden können. Auch um die Zusammenhänge zwischen dem Verhalten und den Klimadaten genauer zu untersuchen, sind mehr Daten von verschiedenen klimatischen Ereignissen nötig. Erst dann können belastbare Rückschlüsse auf die Auswirkung des Klimas auf das Verhalten und das Wohl der Tiere gezogen werden.

2.3.4. Interpretation der Ergebnisse (LfL)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Das baulich-technische Konzept für den neuen Kälberstall in Achselschwang und die dort im Rahmen von InnoRind etablierten Versuchsfragestellungen zur Optimierung des Stallklimas resultieren aus der dringend notwendigen Entwicklung von Lösungen zur Verbesserung der

Tiergesundheit in der Kälberhaltung. Neben einer Steigerung des Tierwohls und der Tiergesundheit werden vor allem auch positive Effekte auf das Sozialverhalten der Kälber erwartet, die im Rahmen anderer Teilprojekte in InnoRind aufgezeigt werden konnten.

Dies spiegelt gleichzeitig die Transformation der gesamten landwirtschaftlichen Nutztierhaltung hin zu einem Mehr an Tierwohl wider, die sowohl von Verbrauchern als auch der Politik weiterhin gefordert wird. Die Erreichung dieses Ziels ist gleichzeitig ein wichtiger Erfolgsfaktor in der gesamten Milchviehhaltung. Die Entscheidung für die Haltung der Kälber in einem Haltungssystem, das die frühe Kleingruppenhaltung ermöglicht, wird sowohl der höheren Akzeptanz dieses Verfahrens bei den Landwirten als auch bei den Verbrauchern gerecht, die in einem anderen Teilprojekt von InnoRind gezeigt werden konnte.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Aus der bundesweit durchgeführten PraeRi-Studie geht hervor, dass Atemwegserkrankungen, die im engen Bezug zum Stallklima stehen, die dritthäufigste Krankheitsursache bei Kälbern sind. Für die Planung von Kälberställen ist entscheidend, dass sowohl in der Forschung als auch Beratung Korridore für die thermoneutrale Zone angegeben werden, die auch bei Neubauten, die der guten fachlichen Praxis entsprechen, im Jahresverlauf nicht erreicht werden können. Ob zwischen der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen und den Haltungsbedingungen in den Stallanlagen für Kälber, sowohl im Bestand als auch bei Neubauten ein Zusammenhang besteht, kann über die umfassende Literaturrecherche, die im Rahmen dieses Teilprojekts durchgeführt wurde, nicht geklärt werden. Hintergrund sind fehlende Untersuchungsstandards bei der Erfassung des Stallklimas sowie unzureichende Beschreibungen der Stallanlagen und Haltungsverfahren, die in den wenigsten Fällen Rückschlüsse auf die baulich-technische Ausführung der Gebäudehülle und deren bauphysikalischen Eigenschaften zulassen. Damit ist auch kein synoptischer Vergleich der jeweiligen Untersuchungen bzw. der untersuchten Anlagentypen und Haltungsverfahren untereinander möglich. Abgesehen von der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen ergibt sich aus der Literaturrecherche im Weiteren, dass ein mangelhaftes Stallklima zwar weniger als singulärer Auslöser von Kälberkrankheiten angesehen wird, bei multifaktoriellen Geschehnissen jedoch eine bedeutende Rolle spielt.

Die Fragestellung, auf die der neue Forschungsstall für die Kälberhaltung in Achselschwang bei der Planung und Errichtung ausgerichtet wurde und die mit der Inbetriebnahme sowie durch die im Rahmen von InnoRind etablierte Methodik der Erfassung von Stallklima-, Tiergesundheits- und -verhaltensdaten untersucht werden kann, ist, inwieweit durch die Dämpfung des direkten Außenklimateinflusses im Jahreszeitenverlauf sowie damit einhergehender starker Temperatur-Spitzen bzw. -Schwankungen die Kälbergesundheit beeinflusst und im besten Fall verbessert werden kann?

Diese Dämpfung soll durch eine wärmegeämmte bzw. massereiche Gebäudehülle mit dicht schließenden Wandverschlüssen (Sektionaltore, Stegplatten) und Be- bzw. Entlüftungsklappen erreicht werden. Letztere ermöglichen eine feinabgestimmte Steuerung des Stallklimas bzw. der Luftqualität über CO₂-Konzentration, Temperatur und relative Luftfeuchte.

Auf Grund der erheblichen Verzögerungen bei der baulich-technischen Umsetzung bzw. Inbetriebnahme und der daraus resultierenden Kürze der Versuchsdauer sowie typischer managementbedingter Unregelmäßigkeiten bei der Inbetriebnahme einer neuen, zumal in diesem Fall sehr komplexen Stallanlage, konnten bisher noch keine Unterschiede bzw. Effekte auf das Tierwohl bzw. die Tiergesundheit zwischen dem klimagesteuerten Versuchsabteil A und dem im Sinne eines Offenfrontstalles betriebenen Referenzabteils B belastbar festgestellt werden.

Die über die Projektmittel finanzierte Entwicklung einer KI-basierten Auswertung der Videosequenzen zum Verhalten der Kälber weist eine hohe Übereinstimmung zu den analogen Auswertungsergebnissen auf und könnte damit für künftige Videoauswertungen, insb. durch den

Einsatz der Halsbänder, die eine sehr gute Identifizierung bzw. Unterscheidung der Tiere ermöglichen, eingesetzt werden.

Darüber hinaus konnte im Planungs- und Versuchszeitraum eine komplexe Steuerungsmatrix für den Winter- und Sommerfall entwickelt, erprobt und für den Winterfall praxisreif etabliert werden. In Kombination mit der gedämmten Gebäudehülle und den dicht schließenden Wandverschlüssen zeichnet sich über die erzielten Messergebnisse ab, dass damit klimatische Schwankungen erheblich gedämpft werden können. Damit kann der Einfluss dieser Faktoren, u.a. auch als möglicher Auslöser für Stress bzw. Erkrankungen bei den Kälbern sicher reduziert werden.

Für eine Bewertung der Auswirkungen auf das Tierwohl sind weitere Untersuchungen bei verschiedenen klimatischen Bedingungen über den Jahresverlauf notwendig. Diese können im Anschluss an InnoRind über das Projekt OptiKlimaStall_Kalb, finanziert aus Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Heimat, bis Ende März 2028 fortgeführt werden.

Neben dem Schwerpunkt der Untersuchung des Stallklimas ist über die erhobenen Daten auch ein Vergleich der Effekte durch die, in Süddeutschland noch wenig verbreitete frühe Kleingruppenhaltung auf die Gesundheit der Kälber möglich.

Im bisherigen Versuchszeitraum konnten dazu gleichfalls noch keine Unterschiede in der Tiergesundheit zwischen Kälbern in Einzel- und Kleingruppenhaltung festgestellt werden. Das Verhalten der Tiere unterschied sich zwar insofern, dass Tiere in Einzelhaltung weniger standen und mehr lagen. Dieser Unterschied ist aber möglicherweise auf den Altersunterschied in der Einzel- und Kleingruppenhaltung zurückzuführen. Um genauere Rückschlüsse aus dem Verhalten der Kälber auf das Tierwohl ziehen zu können, sind weitere Untersuchungen mit einem detaillierteren Ethogramm, die im Rahmen des Projektes OptiKlimaStall_Kalb durchgeführt werden können, nötig.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der baulichen Hülle auf das Stallklima auch unter Bedingungen der freien Lüftung. Zum einen führt bereits eine moderate Verbesserung der Wärmeverluste (U-Werte) durch Wärmedämmmaßnahmen bzw. den Einsatz mehrschichtiger transparenter Wandverschlüsse insbesondere in der Winterperiode zu messbaren positiven Effekten auf das Stallklima. Zum anderen ist eine derart optimierte bauliche Hülle in Verbindung mit einer dichten Bauweise die Voraussetzung, um durch eine Steuerung der freien Lüftung einen zusätzlich dämpfenden Effekt auf außenklimabedingte Temperaturschwankungen zu erzielen. Der bauliche Aufwand für die Errichtung eines solchen Gebäudes liegt zwar über dem konventioneller Stallgebäude. Dieser Mehraufwand steht jedoch dem höheren Energieverbrauch aktiver Stallklimotechnik wie Schlauchbelüftungen und Ventilatoren im Betrieb gegenüber, die bei konventionellen Gebäuden häufig zum Einsatz kommt. In einem Vergleich beider Systeme auf Basis einer Lebenszykluskostenrechnung und einer Ökobilanzierung wird weiterer Forschungsbedarf gesehen, um die in der innerbetrieblichen Produktion entstehenden Emissionen spezifisch bilanzieren zu können (s. a. Irene Mösenbacher-Molterer, Eduard Zentner, Jakob Neumayer, Claudia Schmied-Wagner (2024): Einsatz eines Schlauchbelüftungssystems zur Klimaoptimierung in der Kalber- und Jungviehhaltung, BTU 2024).

d) Sonstige Erkenntnisse

2.3.5. Zusammenfassung (LfL)

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge im Bereich Kälbergesundheit und Stallklima ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, wie sie über die Finanzierung dieses Projektes möglich

war und über das anschließende Projekt OptiKlimaStall_Kalb fortgesetzt werden kann, unerlässlich. Nur so können die zahlreichen Einflussfaktoren auf die Tiergesundheit untersucht, eingegrenzt und bewertet werden. Durch die enge Zusammenarbeit der Bereiche Stallbau / Stallklima und Veterinärmedizin ist es gelungen, ein Versuchsdesign zu entwerfen, bei dem die Auswirkungen baulicher und klimatischer Faktoren auf tierbezogene Parameter intensiv untersucht werden können. Da vor allem bei multifaktoriellen Kälberkrankheiten die Verbesserung einer einzelnen Managementmaßnahme zu keiner Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohls führen kann, ist eine umfassende Betrachtung der Thematik weiterhin nötig, um fundierte Ergebnisse an die Praxis weitergeben zu können.

Es wird erwartet, dass mithilfe der fortgeführten Untersuchungen fundierte Empfehlungen zum Bau von zukunftsweisenden Kälberställen erarbeitet werden können. Gleichzeitig kann ggf. auch die Frage der thermoneutralen Zone bei Kälbern auf der Basis der ermittelten klimatischen Grenzwerte neu justiert werden. Ergebnisse, die im besten Fall über die Beratung von Praxisbetrieben, auch mit bestehenden Stallanlagen zur Verbesserung des Stallklimas und damit des Tierwohls eingesetzt werden können.

Lassen sich mit den ergriffenen baulich-technischen Maßnahmen Verbesserungen erreichen, wäre dies ein wichtiger Schritt zur Verbesserung des Gesundheitsstatus bei Kälbern. In die Zukunft gedacht, wäre eine rückwirkende, und damit mit deutlichen Verzögerungen verbundene Einflussnahme auf die klappengestützte Stallklimasteuerung erst bei Eintreten spezifischer Krankheitssymptome bzw. Krankheitsbilder weiter optimierbar. Eine zu späte Nachjustierung kann, trotz aller getroffenen baulich-technischen Maßnahmen weiterhin mit Mehrkosten z.B. für tiermedizinische Behandlungen, dauerhaften Beeinträchtigungen der Vitalität bis hin zu den adulten Tieren und im schlechtesten Fall mit Verlusten von Kälbern verbunden sein. Deshalb wird in der Beobachtung und Interpretation des Tierverhaltens über eine KI-gestützte Auswertung von Videosequenzen, die wiederum direkt Einfluss auf die Klappensteuerung nimmt, eine zukunftsweisende Vernetzung beider Techniken gesehen, bei der das bisher retrospektiv gefahrene Stallklimasteuerungssystem in ein aktiv, auf die jeweiligen Verhaltensparameter reagierendes System weiterentwickelt wird.

2.3.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LfL)

Mit dem neu errichteten Kälberstall in Achselschwang steht der Forschung – im Vergleich zu den im Bundesgebiet bekannten Stallanlagen für diese Altersgruppe – eine grundlegende Innovation durch die Kombination der baulich-technischen Merkmale einer gedämmten, nahezu dicht abschließbaren Gebäudehülle mit einer fein steuerbaren, zunächst stallklima-parametrisierten Be- und Entlüftung über Klappen zur Verfügung. Nach Bewältigung der Hürden bei der Entwicklung einer komplexen Steuerungsmatrix für die Klappen bzw. Wandverschlüsse zeigen sich die daraus resultierenden Effekte, insbesondere in den Kältereferenzzeiträumen im März 2025 mit einer deutlichen Dämpfung der Außentemperatur- bzw. Luftfeuchteschwankungen, ohne dass die Luftqualität kritische Grenzwerte überschreitet.

Damit kann das baulich-technische Konzept des neuen Kälberstalls in Achselschwang bereits jetzt im Rahmen der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung am Versuchs- und Bildungszentrum für Milchvieh- und Rinderhaltung Achselschwang Auszubildenden und interessierten Landwirtinnen und Landwirten als anschauliches Lehrobjekt dienen und die Funktionsweise des Gebäudes und der Haltungsform in frühen Kleingruppen nähergebracht werden.

Durch, für die Inbetriebnahme einer neuen Stallanlage typische Abweichungen im Management können aktuell noch keine Aussagen zur Auswirkung auf die Kälbergesundheit gemacht werden. Wenn diese beseitigt werden können, kann hier die Umsetzung der frühen Kleingruppenhaltung praxisnah demonstriert werden, um anschließend auf den eigenen Betrieben umgesetzt zu werden.

Um die genauen Auswirkungen der Stallklimasteuerung und der Gebäudehülle auf die Kälbergesundheit an ein breites Fachpublikum weitergeben zu können, konnten im Rahmen dieses Projektes noch keine ausreichend belastbare Daten erhoben werden. Daher sind für diesen Bereich noch weitere Untersuchungen über den gesamten Jahresverlauf (inklusive Hitze- und Kältestress) nötig. Aus diesem Grund sind vorerst keine Veröffentlichungen in Fachzeitschriften geplant.

Wie bei der Abschlussveranstaltung am 20.01.2026 in Berlin weitergegeben, besteht bei Interesse die Möglichkeit, über die BLE das BMLEH im Zeitraum 2026 – 2028 in die weitere Berichterstattung zum Folgeprojekt OptiKlimaStall_Kalb mit einzubeziehen.

3. AG 2: Mastrinder

3.1. Tiergerechte innovative Weiterentwicklung bestehender Haltungssysteme in der Rindermast im Stall mit Außenklimareizen bzw. auf der Weide (ATB + Groß Kreutz, TI-OL, LfL)

3.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

- Innovative Weiterentwicklung der Haltung von Mastrindern auf der Weide durch die Integration in silvopastorale Systeme, welche die Gemischtbeweidung mit anderen Tierarten einschließt, als nachhaltiger Lösungsansatz für die Nutzung des "unerwünschten" Koppelprodukts Milchrasse-Kalb in Kombination mit der Erhaltung von Dauergrünland als Kohlenstoffsенке
- Überprüfung von möglichen Anpassungen bestehender Systeme der intensiven Mastrinderhaltung (Buchtengestaltung, Stallklima, Außenklima, Auslauf) auf ihr Potenzial zur Verbesserung des Tierwohls und zur Vermeidung produktionstypischer Erkrankungen
- Bewertung innovativer Zweiflächenbuchten mit Einstreu ohne geschlossene Stallhülle hinsichtlich Klima, Tierwohl und Bewirtschaftung
- Ableitung von Empfehlungen zur praktischen Umsetzung der Anpassungen auf Praxisbetrieben

Eingeschränkte Ruhemöglichkeit und mangelnde Bewegungsfreiheit wurden in Metaanalysen als wesentliches Tierwohlproblem in der Mastrinderhaltung identifiziert (EFSA, 2001 und 2012; Wechsler, 2011; WBA, 2015). Da bislang kein praxisgeeigneter tierbezogener Indikator hierfür zur Verfügung steht, muss auf den ressourcenbezogenen Indikator „Flächenangebot je Tier“ zurückgegriffen werden. Ein unzureichendes Flächenangebot verhindert das Ausleben von Normalverhalten, u. a. das gleichzeitige Liegen aller Tiere (u. a. Gygax et al., 2007; Schneider et al., 2020; Volkmann et al., 2021) sowie das natürliche Aufstehverhalten (EFSA, 2001 und 2012). Zudem wird das Auftreten typischer Produktionskrankheiten (Gelenkschäden, Lahmheit, Schwanzspitzennekrose) durch ein zu geringes Platzangebot begünstigt und es verursacht Stress aufgrund vermehrter sozialer Auseinandersetzungen (EFSA, 2001 und 2012). Die EFSA hat evidenzbasiert Empfehlungen zu Flächenvorgaben abgeleitet und definiert die Untergrenzen bei 3,0 m² je Mastrind mit 500 kg Lebendmasse mit einem Zu- bzw. Abschlag von 0,5 m² je 100 kg Lebendgewicht zwischen 400 und 800 kg.

Ein verbessertes Platzangebot ist ein erster wichtiger Schritt zur Verbesserung des Tierwohls in der Mastrinderhaltung. Wird den Tieren dann noch die Möglichkeit geboten, sich Außenklimareizen, z. B. durch einen Auslauf, auszusetzen, wären zwei Wünsche adressiert, die in der Verbraucherbefragung der Universität Göttingen als wichtigste Verbesserungsmaßnahmen für die Mastrinderhaltung benannt wurden (Schulze et al., 2021, unveröffentlicht). Einen deutlich größeren Schritt in Richtung Verbraucherverwünsche stellt die saisonale Weidehaltung von Mastrindern dar. Obwohl diese in der ökologischen Rindermast von den Standards (EU-VO 2018/848) gefordert wird, hat sie, außer als Mutterkuhhaltung, noch keine weite Verbreitung gefunden, denn auch im ökologischen Landbau werden bspw. die Rinder in der Endmast häufig ohne Weidegang gehalten.

Insbesondere die überzähligen ökologisch erzeugten Kälber der Milchviehrassen werden meist in die konventionelle Intensivmast vermarktet. Für diese Kälber könnte sich die ökologische Weidemast zu einer besonders gesellschaftlich akzeptierten Form der Mast entwickeln. Ein Augenmerk liegt dabei auf der tiergerechten und möglichst klimaneutralen Erzeugung von Fleisch unter Berücksichtigung einer effizienten Flächennutzung durch Gemischtbeweidung (Martin et al., 2020).

Somit zielen die im Projekt anvisierten Schwerpunkte in der Rindermast insbesondere auf die Erhöhung von Tierwohl in bestehenden Verfahren, aber auch auf die Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz durch das Beschreiten neuer Wege in der Rindermast.

b) **Wissenschaftlich-praktische Umsetzung**

Im Projekt wurden die sehr unterschiedlichen Gegebenheiten auf den Versuchsbetrieben der Projektpartner (hier: LfL Grub, ATB in Kooperation mit LVAT Groß Kreutz, Thünen-Institut Trenthorst-Wulmenau) genutzt, um die Vielfalt der Lösungsansätze zu präsentieren. Eine standardisierte Ausgestaltung des Flächenangebots je Tier sowie die Erhebung von Daten entsprechend eines abgestimmten Protokolls sollte trotz der Vielfalt (u. a. verschiedene regionale Rassen) die Vergleichbarkeit und gemeinsame Auswertung von Erhebungen ermöglichen. In den Versuchsanstellungen mit Einflächenbuchten wurde die EFSA-Empfehlung als Mindestflächenangebot umgesetzt. Für die Versuchsanstellungen mit Zweiflächenbuchten wurden die Vorgaben der EU-Öko-VO bzw. der Einstiegsstufe der Mastrinderrichtlinie des deutschen Tierschutzbundes (2021) als Mindestflächenangebot umgesetzt (ab 500 kg 1 m² pro 100 kg LM, davon mindestens 50 % Liegefläche). Eine tiergerechte Strukturierung der Buchten, z. B. mit verformbarer Liegefläche und einem Aktivitätsbereich mit hartem Boden, der den Klauenabrieb gewährleistet, macht in Zweiflächenbuchten ein höheres Platzangebot notwendig. Ergänzt wurde dies durch Kontakt zum Außenklima im Stall oder in einem befestigten Auslauf. Die detailliertere Versuchsanstellung mitsamt notwendiger Umbaumaßnahmen ist der Tabelle 30 zu entnehmen. Es waren je zwei Mastdurchgänge pro Betrieb geplant.

Tab. 30: geplantes Versuchsdesign IP 2 „Innovative Haltungssysteme in der Rindermast“

	Thünen-Institut	Groß Kreutz		Grub	
Rasse	Deutsche Holstein - schwarzbunt	Uckermärker, Fleckvieh, Herford, Angus, Charolais, Limousin		Fleckvieh	
Tierzahl für Versuch	50 Tiere (pro Jahr)	12 Tiere (pro Jahr)	60 Tiere (pro Jahr)	120 Tiere (pro Jahr)	
Aktuelles Haltungssystem	Weidemast (Sommer)	Zweiflächenbuchten mit flexibler Außenhülle (Außenklimareiz)	Einflächenbucht im geschlossenen Stall	Zweiflächenbucht mit integriertem Auslauf	Einflächenbucht im geschlossenen Stall
Notwendiger Umbau	Umnutzung/-bau eines bestehenden Gebäudes für Wintermast	Zusätzlicher Bau einer Zweiflächenbucht mit flexibler Außenhülle (Außenklimareiz)	Einbau von Ventilatoren, Trogränken, Gummibelag für Vollspalten	kein Umbau notwendig	Anbau von Auslauf (nicht überdacht)
Versuchsanstellung	Einfluss der Weide- und Stallmast mit Außenklimareiz	Außenklimareiz in Zweiraumbucht	Verbesserung des Stallklimas durch Ventilatoren	Einfluss von Auslauf und Außenklimareiz	Einfluss des zusätzlichen Auslaufs

In Groß Kreutz wurde eine Außenbucht als Zweiflächenbucht (10 bis 12 Tiere) ohne geschlossene Stallhülle errichtet. Im vorhandenen Mastviehstall mit Einflächenbuchten standen insgesamt 6 Buchten (jeweils Platz für max. 10 Tiere) zur Verfügung. Dieser Stall wurde mit Gummibelag für die Vollspalten, Ventilator-Lüftung und zusätzlichen Trogränken versehen.

In Grub wurden verschiedene Untersuchungen in bestehenden Ein- und Zweiflächenbuchten im Stall durchgeführt, um Auswirkungen in Bezug auf Tiergesundheit, -verhalten, Arbeitswirtschaftlichkeit und Ökonomie auf die Mastbullen untersuchen zu können.

In der Stallhaltung liegt der Fokus der Untersuchung auf dem Verhalten, der Gesundheit und der Leistung der Tiere. Dafür werden sensorgestützte Daten zur Physiologie und Aktivität aufgezeichnet und durch Videoaufzeichnungen zur Verhaltensbeobachtung ergänzt. Mast- und Schlachtleistungsdaten inkl. Erhebungen zur Fleischqualität vervollständigen die Untersuchungen.

Neue Formen der Weidehaltung von Mastrindern werden am Thünen-Institut erprobt. Hierfür werden die aus dem IP 1.1 zur muttergebundenen Kälberaufzucht stammenden männlichen Kälber genutzt. Im Sommerhalbjahr werden sie in einem silvopastoralen System geweidet. Neben den Leistungsdaten werden dort, wie in der Stallhaltungsperiode, ebenfalls Daten zum Tierverhalten sowie zum physiologischen Zustand sensorgestützt erhoben. Die Tiergesundheitsdaten werden durch Untersuchungen auf Weideparasiten und nach der Schlachtung durch die Beurteilung der Labmagengesundheit ergänzt. Die Rhythmizität als ein Indikator für Tierwohl sowie die Entwicklung der Tier-Mensch-Beziehung unter unterschiedlichen Haltungsbedingungen werden ebenfalls untersucht. Am Ende des Projekts wurden Handlungsempfehlungen für Praxisbetriebe abgeleitet, um das Tierwohl in der Mastrinderhaltung kurz-, mittel- und auch langfristig verbessern zu können.

3.1.2. Durchführung (ATB + Groß Kreutz)

Zitierweise: Fromm K, Drews U, May D, Amon T, Hoffmann G (2026) AG2 Mastrinder. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 137 - 144.

a) Arbeitspakete und Hintergrund

Die Arbeiten waren dem IP 2 bzw. der AG 2 (Mastrinder: Innovative Haltungssysteme in der Rindermast) zugeordnet und die zuvor genannten Ziele (3.1.1.) wurden entsprechend verfolgt.

Vor den Gesichtspunkten Verbraucherakzeptanz, Tierwohl und Ökonomie wurden alternative Haltungskonzepte in der Rindermast verglichen. Beim Haltungssystem Außenbucht wurde hinsichtlich Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Tierwohl-Aspekten beurteilt. Je nach Platzangebot und Fütterung können durch den Zugang zu Außenklimabereichen die Haltungsformen 3 bzw. 4 erreicht werden, was einen Mehrbetrag bis zu 0,22€/ kg Schlachtgewicht ausmachen kann. Auch eine positive Auswirkung auf Gewichtszunahme und Tiergesundheit wurde untersucht.

b) Material und Methoden

Zweiflächen-Außenbucht

In Groß Kreutz wurde eine Zweiflächenbucht ohne geschlossene Stallhülle errichtet (Abb. 67 a und b). Eine planbefestigte Lauffläche wurde betoniert, der Liegebereich wurde mit Stroh eingestreut. Die Abmessungen betragen 9m x 5,4m für den Lauf-/Fressbereich und 6m x 5,4m für den Liegebereich. Die Tiere verfügen über 2 Doppeltrogtränken und einen Futtertrog mit den Abmessungen 7,8m x 0,3m (Abb. 68). Die Außenbucht befindet sich an der Südseite des geschlossenen Stalls und ist durch eine Baumreihe wind- und sonnengeschützt. Es waren ursprünglich 2 Mastdurchgänge für die Außenbucht geplant. Die verspätete Freischaltung der Mittel, sowie die Beendigung des Programms Nutztierhaltung mit der nicht einhergehenden Projektverlängerung, führten dazu, dass der erste Mastdurchgang ohne die Zweiflächenbucht mit Außenklimareiz stattfinden musste. Dementsprechend konnte nur der zweite Mastdurchgang ausgewertet werden. In Groß Kreutz kamen Rinder der Rasse Uckermärker zum Einsatz. Insgesamt wurden 10 Bullen mit einem Alter von 6 Monaten in der Außenbucht eingestallt und verblieben dort über einem Zeitraum von 10 Monaten. Daten einer Vergleichsgruppe (dieselbe Rasse sowie ähnliches Alter und Startgewicht) wurden im geschlossenen Stall auf Vollspalte über denselben Zeitraum erhoben und ausgewertet. Mast- und Schlachtleistungsdaten inkl. Erhebungen zur Fleischqualität vervollständigten die Untersuchungen. Weiterhin wurden mo-

natlich Scores über den Verschmutzungsgrad, Entwicklungszustand, Nasen- und Augenausfluss, Lahmheit, Klauengesundheit und Integumentschäden zur Interpretation hinsichtlich des Tierwohls erhoben.



Abbildung 67 Impressionen aus der Außenbucht. a: Seitenansicht mit Blick auf den Futtertrog und die zwei Doppeltrogtränken. b: Getrennter Fress- (betoniert) und Liegebereich (auf Stroh).

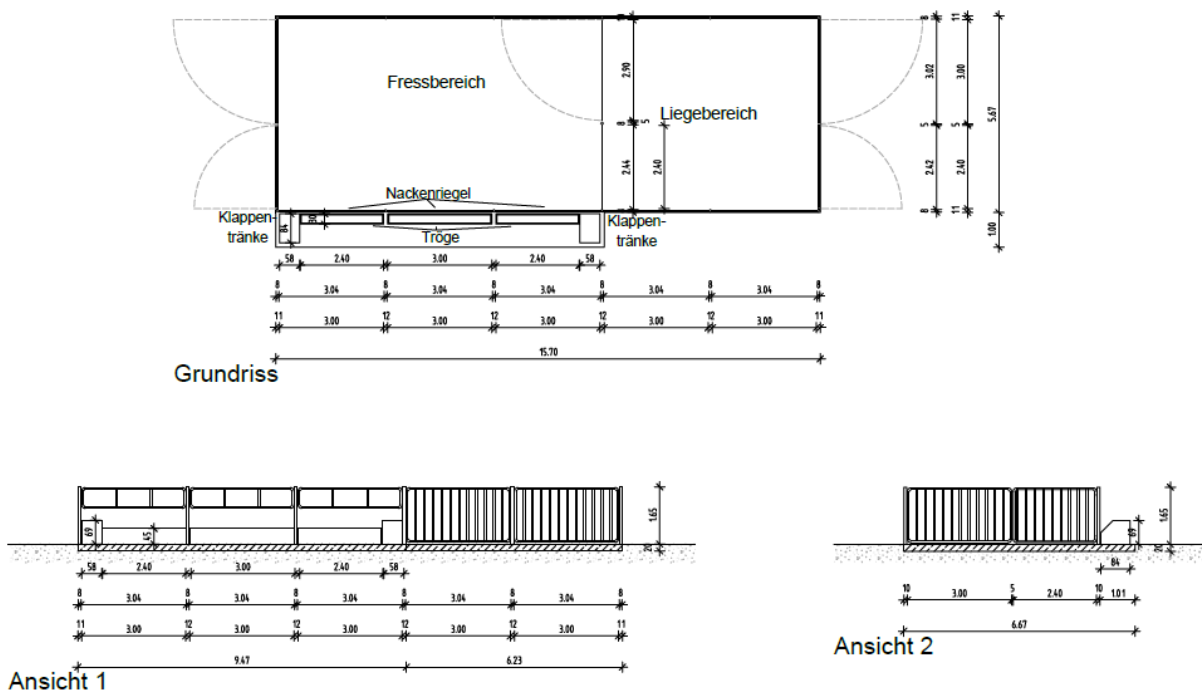


Abbildung 68 Grundriss der Zweiflächen-Außenbucht (Quelle: Rasche Architekten)

Einflächen-Innenbucht

Im vorhandenen Mastviehstall mit Einflächenbuchten standen bis zu 6 Buchten (jeweils Platz für max. 10 Tiere) zur Verfügung (Abb. 69 und 70a). Dieser Stall wurde mit emissionsminderndem Gummibelag für Vollspaltenböden (Abb. 70b), Ventilator-Lüftung (Abb. 70c) und zusätzlichen Trogtränken (Abb. 70d) versehen. Es waren ursprünglich 3 Mastdurchgänge für die Einflächenbuchten geplant. Die verspätete Freischaltung der Mittel, sowie die Beendigung des Programms Nutztierhaltung mit der nicht einhergehenden Projektverlängerung, führten dazu, dass der 3. Mastdurchgang entfiel. Dementsprechend konnte der erste Mastdurchgang lediglich der Erhebung des Ist-Zustands dienen und erst im darauffolgenden Jahr die innovativen Aspekte untersucht werden. In Groß Kreutz kamen Rinder folgender Rasse zum Einsatz: Uckermärker, Fleckvieh und Hereford. Insgesamt wurden 60 Bullen in einem Alter von 6 Monaten im geschlossenen Stall auf Vollspalte eingestallt und verblieben dort über einem Zeitraum von 10 Monaten. Mast- und Schlachtleistungsdaten inkl. Erhebungen zur Fleischqualität vervollständigten die Untersuchungen. Weiterhin wurden auch bei diesen Bullen monatlich Scores über den Verschmutzungsgrad, Entwicklungszustand, Nasen- und Augenausfluss, Lahmheit, Klauengesundheit und Integumentschäden zur Interpretation hinsichtlich des Tierwohls erhoben.

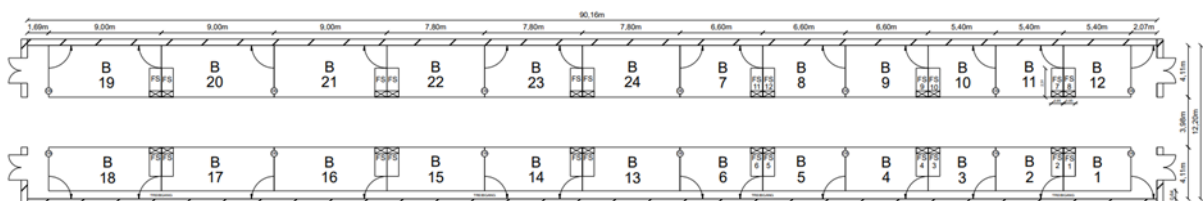


Abbildung 69 Grundriss des geschlossenen Stalls.



Abbildung 70 Impressionen aus dem geschlossenen Stall mit Einflächenbuchten. a: Begehbare Futtertisch mit den jeweiligen Buchten zu beiden Seiten. b: Betonspaltenboden mit emissionsmindernden Gummibodenbelägen. c: Ventilatoren sind in Längsrichtung über dem Tierbereich angebracht. d: Jede Bucht verfügt zusätzlich zu den Tränkschalen über eine Trogtränke.

3.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (ATB + Groß Kreutz)

Zweiflächen-Außenbucht

Hinsichtlich der Mast- und Schlachtleistungsdaten war kein signifikanter Unterschied zwischen den Haltungsformen (Außenbucht vs. Stallhaltung) nachweisbar. Die geringe Tierzahl kann dabei ein möglicher Faktor sein. Die Auswertung der Daten zeigt sogar eine tendenziell bessere Gewichtszunahme und Schlachtausbeute bei der Stallhaltung auf gummierter Vollspalte (Abb. 71 a-f).

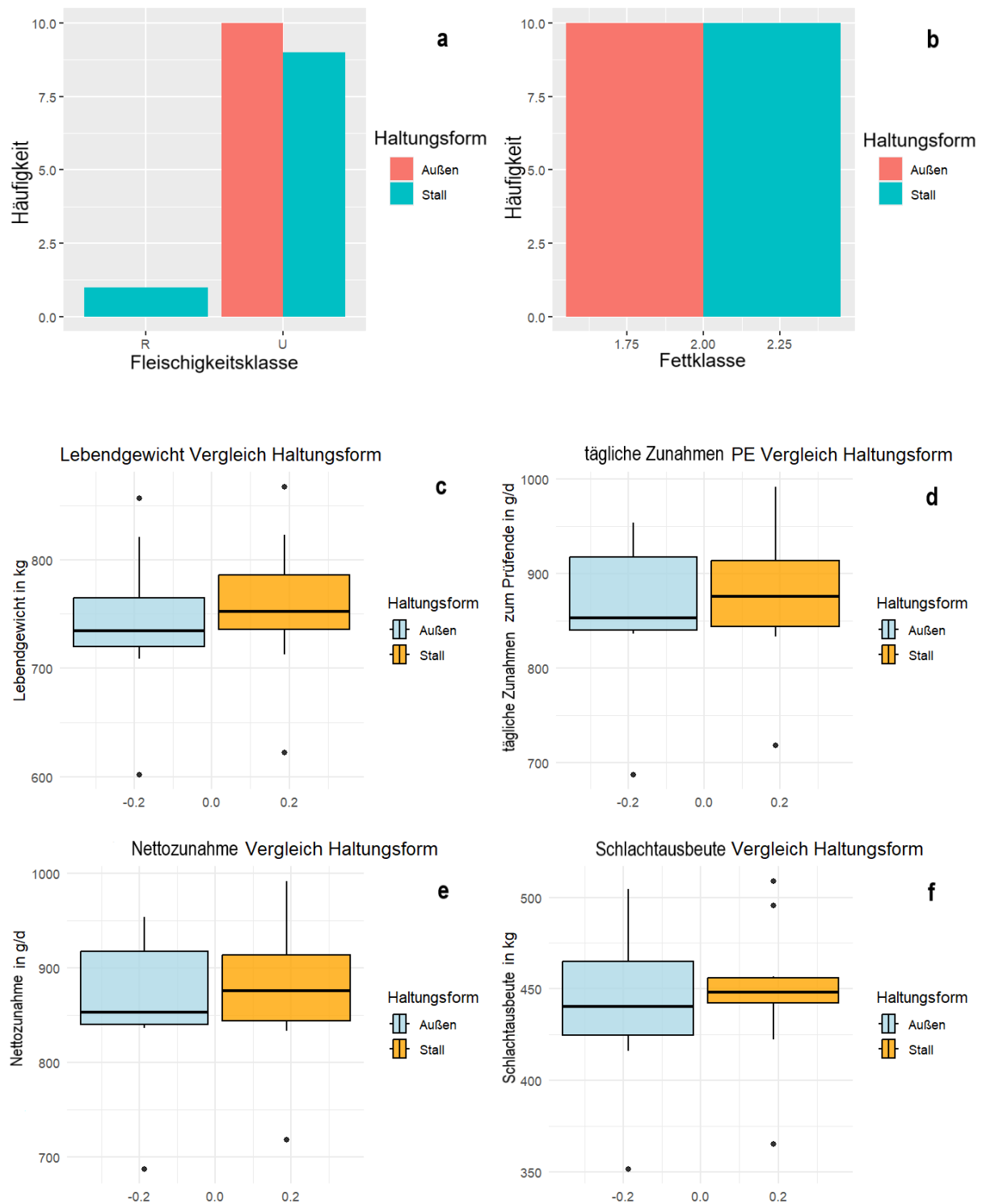


Abbildung 71 Schlachtdaten im Vergleich Stallhaltung und Außenbucht.

a: Fleischigkeitsklasse. b: Fettklasse. c: Lebendgewicht am Schlachttage. d: tägliche Zunahme zu Versuchsende. e: Nettozunahme. f: Schlachtausbeute.

Einflächen-Innenbucht

Es konnte ein signifikanter Unterschied in Lebendgewicht, tägl. Zunahme, Nettozunahme und Schlachtausbeute nach dem Stallumbau nach tierwohlgerichteten Gesichtspunkten (2. Mastdurchgang) im Vergleich mit dem Istzustand (1. Mastdurchgang) festgestellt werden (Abb. 72

c-f). Dennoch wurde kein signifikanter Einfluss in Bezug auf Fett- und Fleischigkeitsklasse (Abb. 72 a, b) nachgewiesen.

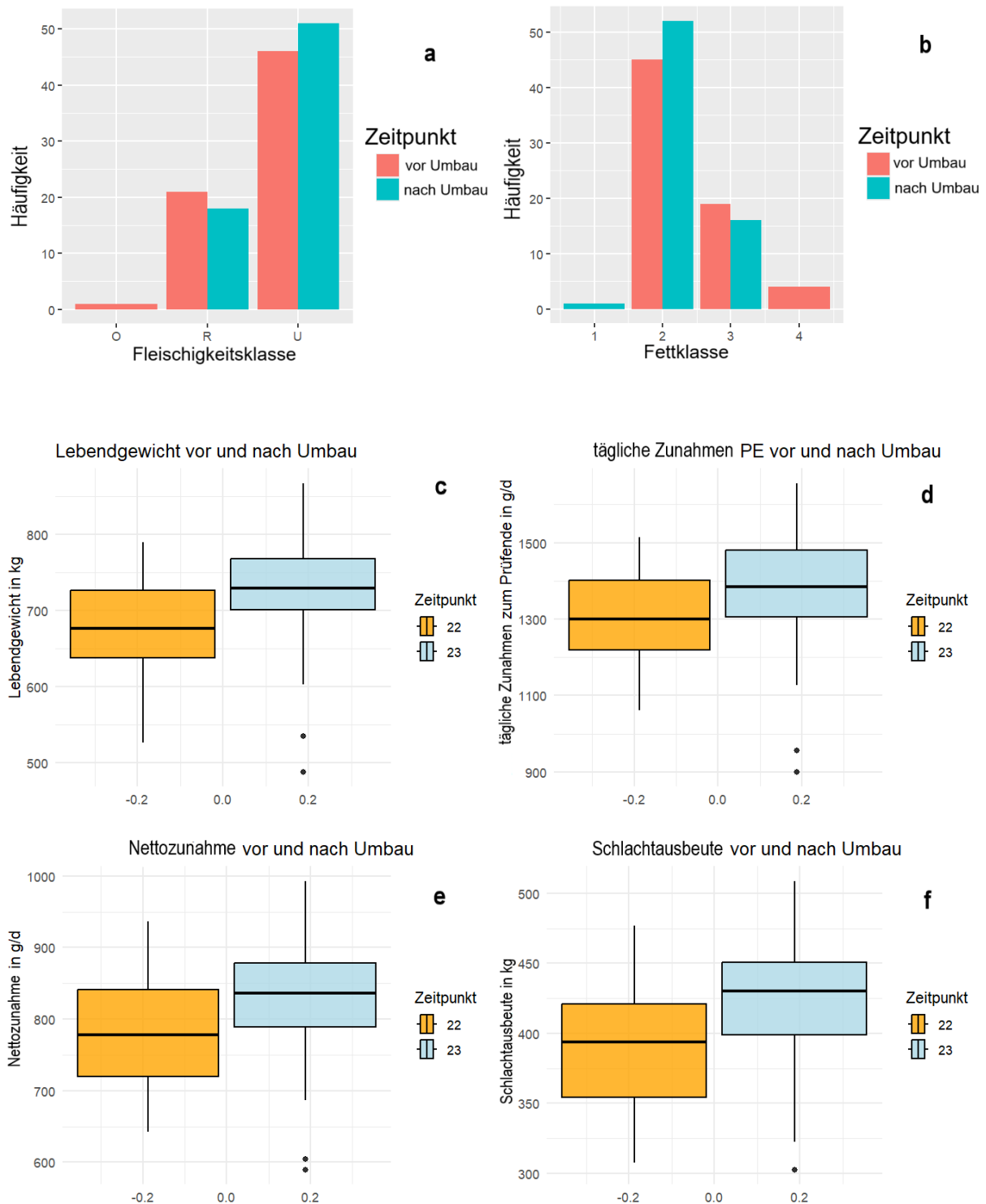


Abbildung 72 Schlachtdaten im Vergleich Stallhaltung vor und nach Umbau.

a: Fleischigkeitsklasse. b: Fettklasse. c: Lebendgewicht am Schlachttag. d: tägliche Zunahme zu Versuchsende. e: Nettozunahme. f: Schlachtausbeute.

3.1.4. Interpretation der Ergebnisse (ATB + Groß Kreutz)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Außenhaltung stellt einen Kompromiss zwischen der gängigen Haltungsform und den Vorstellungen des Verbrauchers dar. Basierend auf unseren Ergebnissen ist es schwer eine eindeutige Empfehlung für die Außenhaltung auszusprechen. Die Zunahmen in Bezug auf Lebendgewicht, tägliche Zunahmen, Schlachtausbeute, Fleischigkeitsklasse und Fettklasse waren mit denen der Stallhaltung vergleichbar.

Ein Neubau einer entsprechenden Außenbucht ist mit einem erhöhten finanziellen Aufwand verbunden. Andererseits kann die Einstufung in Haltungsstufe 3 oder 4 auch einen höheren Gewinn bringen. Das Entmistungs- und Fütterungsmanagement ist im Vergleich zur Haltung auf Vollspalte auch zeit- und kostenintensiver.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die Ergebnisse der Tierbeurteilung nach dem Leitfaden für die Praxis – Rind (KTBL und Thünen-Institut) zeigen eine deutlich geringere Verschmutzung der Tiere. Das Auftreten von Nasenausfluss, Integumentschäden und Lahmheiten war vergleichbar zu dem in der geschlossenen Haltung auf gummierter Vollspalte. Auch der Entwicklungszustand zwischen den Haltungen zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die Klauen wiederum waren in der Außenhaltung seltener in mangelhaftem Zustand als bei der Haltung auf gummierter Vollspalte.

Zu den Nachteilen zählen das regelmäßige Einstreuen des Liegebereiches, die Entmistung (welche bei der Haltung auf Vollspalte größtenteils entfällt), die Reinigung der Trogränken (Arbeitsaufwand, Arbeitsschutz, mögliche Gefahr des Einfrierens) und des Futtertroges. Dies stellt einen zusätzlichen Mehraufwand und ein höheres Gefahrenpotential für das Personal dar.

3.1.5. Zusammenfassung (ATB + Groß Kreutz)

Die Tiere zeigten in der Zweiflächen-Außenbucht weniger starke Verschmutzung und einen besseren Klauenzustand im Vergleich zur Haltung auf Vollspalte (Innenbucht). Die Schlachtbefunde waren hingegen vergleichbar mit der Stallhaltung. Basierend auf unseren Ergebnissen und unter Berücksichtigung des finanziellen und arbeitstechnischen Mehraufwands lässt sich jedoch schwer eine eindeutige Empfehlung für die Außenhaltung aussprechen.

In der Einflächen-Innenbucht waren Lebendgewicht, tägl. Zunahme, Nettozunahme und Schlachtausbeute nach dem Stallumbau nach tierwohlgerichteten Gesichtspunkten (gummierte Stallbodenauflagen, Ventilatoren, verhaltensgerechte Trogränken) signifikant höher als vor dem Umbau. Somit sind Umbaumaßnahmen in der konventionellen Mastrinderhaltung zu befürworten und könnten zu einer Verbesserung des Tierwohls führen.

3.1.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (ATB + Groß Kreutz)

- FROMM, K.; AMON, T. (2023): Application of rumen boluses to receive welfare parameters from fattening bulls. EAAP + WAAP + Interbull Congress 2023, Joint International Congress on Animal Science
- FROMM, K.; HEINICKE, J.; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2024): Performance of a UHF RFID Detection System to Assess Activity Levels and Lying Behaviour in Fattening Bulls. AgriEngineering 6(2), 1886-1897. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020110>

- FROMM, K; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2024): Erhebung von Bewegungsaktivität und Liegedauer in der Mastrinderhaltung mittels UHF RFID. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL. 56. Internationale Tagung Angewandte Ethologie, Freiburg im Breisgau, 28.11.2024-30.11.2024, Darmstadt, 2024
- FROMM, K; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2025): Diurnal influences on reticulorumen temperature and pH in fattening bulls measured by rumen sensors for early prediction of heat stress conditions. EAAP Congress 2025
- FROMM, K; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2025): Evaluating Reticulorumen Temperature, Rumination, Activity and pH Measured by Rumen Sensors as Indicators of Heat Load in Fattening Bulls. Sensors 25(20), 6401. <https://doi.org/10.3390/s25206401>

3.1.7. Durchführung (TI-OL)

Zitierweise: Krebs T, Brinkmann J, Barth K (2026) AG2 Mast. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 144 - 165.

a) Arbeitspakete

Die Durchführung der Arbeiten im Teilprojekt „Holstein-Ochsenmast“ am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (TI-OL) erfolgte weitestgehend entsprechend dem im Arbeitspaket AG 2 „Mastrinder“, Innovationsprojekt 2 „Innovative Haltungssysteme in der Rindermast“, beschriebenen und bewilligten Arbeitsplan. Ziel war die umfassende wissenschaftliche Bewertung eines silvopastoralen Weidemastsystems für Mastrinder unter besonderer Berücksichtigung von Tierwohl, Leistung und Fleischqualität. Ein besonderer Schwerpunkt lag dabei auf der tiergerechten und nachhaltigen Verwertung männlicher Kälber aus der Milchviehhaltung. Für diese Milchrasse-Kälber sollte ein alternatives, gesellschaftlich akzeptiertes und ökologisch ausgerichtetes Mastverfahren erprobt und bewertet werden, die eine Abkehr von der bisherigen Praxis ermöglicht und zugleich zur regionalen Wertschöpfung sowie zur besseren Integration von Milch- und Fleischproduktion beiträgt.

Im gesamten Versuchszeitraum wurden insgesamt 50 männliche Tiere der Rasse Deutsch-Holstein in einem silvopastoralen System gemästet. Alle Tiere stammten aus dem versuchseigenen Betrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst-Wulmenau, wodurch eine lückenlose Dokumentation der Herkunft, Aufzucht und Haltungsbedingungen sichergestellt werden konnte. Die Tiere wurden saisonal auf der Weide gehalten und in den Wintermonaten im Stall gemästet.

Datenerfassung zum Produktionssystem Weidemast

Zur Charakterisierung des Produktionssystems und zur Bewertung der tierbezogenen Effekte wurden umfangreiche Datenerhebungen auf Einzeltierebene durchgeführt. Erfasst wurden

tierindividuelle Daten zum Geburtsgewicht, Absetzgewicht, zur Gewichtsentwicklung, zur Körperkondition sowie zum Gesundheitsstatus, welcher während des gesamten Mastverlaufs wöchentlich dokumentiert wurde. Ergänzend erfolgten zweimonatlich Ultraschallmessungen zur Beurteilung der Muskel- und Fettentwicklung. Untersuchungen auf Befall mit Weideparasiten wurden in einem dreiwöchigen Rhythmus durchgeführt. Das Mastendgewicht wurde unmittelbar vor der Schlachtung erfasst.

Die Futteraufnahme auf der Weide wurde indirekt abgeschätzt. Hierzu kamen Weidekäfige zur Ermittlung des Pflanzenaufwuchses sowie wöchentliche Aufwuchshöhenmessungen mittels Platemeter zum Einsatz. Zusätzlich wurden regelmäßig Futterproben entnommen und im Labor analysiert. Die Analysen umfassten die Weender-Analyse sowie die Bestimmung des Fettsäuremusters.

Während der Stallhaltungsperioden wurde die Futteraufnahme je Mastgruppe durch wöchentliche Futterrückwaagen erfasst, um Aussagen zur Futterverwertung treffen zu können. Auch hier wurden Futterproben für die Weender-Analyse und die Fettsäureanalytik entnommen.

Zur Erfassung des Tierverhaltens während der Stallhaltung wurden Videoaufzeichnungen eingesetzt. Ergänzend erhielten alle Tiere Pansenboli der Firma smaXtec® sowie Halsbänder der Firma MSD®, die eine kontinuierliche sensorgestützte Erfassung physiologischer Parameter ermöglichten. Diese Daten dienten insbesondere der Analyse des Aktivitätsverhaltens, der Wiederkauaktivität sowie der Überwachung von Hitzestress. Zusätzlich wurden Direktbeobachtungen des Tierverhaltens auf der Weide durchgeführt. Diese fanden zweimal an jeweils drei aufeinanderfolgenden Tagen im Zeitraum von 06:00 Uhr bis 20:00 Uhr statt und dienten der Erfassung des Verhaltens auf der Weide sowie der Nutzung der Heckenstrukturen.

Bewertung der Fleischqualität

Die Bewertung der Fleischqualität erfolgte während und nach der Schlachtung. Erfasst wurden Fleischqualitätsparameter wie der pH-Wert, der intramuskuläre Fettgehalt (IMF), die Zartheit, Saftigkeit sowie der sensorische Gesamteindruck. Die sensorischen Eigenschaften wurden im Rahmen standardisierter Verkostungen durch ein geschultes Sensorikpanel bewertet.

Haarproben und Entwicklung neuer Indikatoren zur IMF-Beurteilung

Zusätzlich wurden bei allen Tieren in regelmäßigen Abständen Haarproben entnommen. Ziel war es, dieses nicht-invasiv gewonnene Probenmaterial in Kombination mit den Ultraschallmessungen zur Beurteilung des intramuskulären Fettgehalts im *M. longissimus dorsi* am lebenden Tier zu prüfen. Hierzu wurden verschiedene Marker und Indikatoren am Ende der Aufzucht sowie in der Mittel- und Endmast getestet, um frühzeitig das Potenzial zur Einlagerung von intramuskulärem Fett bewerten zu können.

Fettsäuren sind im gesamten Körper vorhanden und auch im Haar nachweisbar. Das Fettsäuremuster im Haar stellt einen neuartigen tierbezogenen Indikator dar, um Rückschlüsse auf die im intramuskulären Fett eingelagerten Fettsäuren, insbesondere Ölsäure, zu ziehen. Haare reflektieren den Stoffwechsel eines Individuums über längere Zeiträume und sind weitgehend unabhängig von kurzfristigen tageszeitlichen Schwankungen. Neu ist der Ansatz, dass hohe Ölsäuregehalte im Haar bereits am lebenden Tier Hinweise auf eine genetische Veranlagung für einen hohen IMF-Gehalt liefern können (Wulf *et al.*, in Vorbereitung). Perspektivisch kann dieser Ansatz eine praxisnahe Bewertung der Fleischqualität bereits im Betrieb ermöglichen.

Genotypisierung

Alle Tiere wurden zusätzlich genotypisiert. Die Durchführung der Genotypisierung erfolgte durch die Georg-August-Universität Göttingen. Ziel war die Identifikation potenzieller chromosomaler Regionen, die die Fleischqualität beeinflussen können. Diese Arbeiten stellen einen wichtigen Schritt dar, um langfristig zuchtwertrelevante Informationen zur Fleischqualität zu gewinnen. Die Ergebnisse können zur Aufwertung von Holsteinbullen für Qualitätsfleischprogramme beitragen und bilden eine zukunftsweisende Grundlage für mögliche Anschlussprojekte im Bereich Zucht und Qualitätsfleischerzeugung.

b) Material und Methoden

Versuchstiere und Versuchsdesign

Der Versuch wurde vom zuständigen schleswig-holsteinischen Landesministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz genehmigt (Az: IX 552 - 93518/2023 (25-5/23 V)).

Die Untersuchungen wurden auf dem Versuchsgut des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau (TI-OL) in Trenthorst-Wulmenau durchgeführt. Insgesamt wurden 50 männliche Tiere der Rasse Deutsche Holstein in die Studie einbezogen. Alle Tiere stammten aus dem eigenen Betrieb des Thünen-Instituts, wodurch eine einheitliche Herkunft sowie vergleichbare Aufzucht- und Gesundheitsbedingungen sichergestellt waren. Die Tiere wurden im Alter von etwa vier Monaten durch die bestandsbetreuende Tierarztpraxis unter Anwendung von Narkose, Sedation sowie anschließender mehrtägiger Schmerztherapie kastriert und anschließend als Ochsen weitergemästet.

Die Tiere wurden in zwei Versuchsgruppen eingeteilt: eine Gruppe mit Zugang zu einer Gehölzstruktur (Heckenzugang) sowie eine Kontrollgruppe ohne Heckenzugang. Die Versuche wurden in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen durchgeführt. Im ersten Versuchsdurchgang (2023/2024) wurden 26 Tiere eingesetzt, davon 13 Tiere mit Heckenzugang und 13 Tiere ohne Heckenzugang. Im zweiten Versuchsdurchgang (2024/2025) umfasste die Versuchsanstellung 24 Tiere, jeweils 12 Tiere pro Versuchsgruppe.

Je Versuchsdurchgang wurden die Tiere zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten geschlachtet. Diese Aufteilung auf zwei Schlachttermine war erforderlich, um sicherzustellen, dass die Tiere im Mittel ein vergleichbares Schlachalter erreichten. Während der Versuchsdurchgänge durchliefen alle Tiere zwei Weideperioden mit einer dazwischenliegenden Aufstallungsphase im Winter. Eine beispielhafte Darstellung der Aufteilung der Versuchsflächen ist in Abbildung 73 dargestellt.



Abbildung 73. Beispielhafte Darstellung des Versuchsaufbaus auf der Weide. Im grünen Bereich haben die Tiere Zugang zur Hecke, im braunen Bereich wurde diese ausgezäunt. Beide Weideflächen waren gleich groß.

Während der Weideperioden standen den Tieren ausschließlich die Weideflächen zur Futteraufnahme zur Verfügung; Tiere der Heckengruppe hatten zusätzlich Zugang zu Gehölzstrukturen (Hecken), die zur Aufnahme von Pflanzenmaterial genutzt werden konnten. Eine Zufütterung erfolgte während der Weideperioden nicht.

In den Wintermonaten wurden die Tiere aufgestallt und mit einer Totalen Mischration (TMR) gefüttert, bestehend aus 50 % Kleeegrassilage, 50 % Maissilage sowie 1 kg Kraftfutter je Tier und Tag.

Die Winteraufstallung erfolgte in zwei unterschiedlichen Haltungseinheiten:

Winteraufstallung – Haltungseinheit 1:

Die Gruppen bestanden aus jeweils 12 Tieren, die in Gruppenboxen mit maximal sechs Tieren pro Bucht auf Stroheinstreu gehalten wurden. Das Platzangebot betrug mindestens 9,3 m² je Tier und übertraf damit die Anforderungen des Anhangs I der Durchführungsverordnung (EU) 2020/464 zur Basisverordnung (EU) 2018/848 für Mastrinder bis 800 kg Lebendgewicht.

Winteraufstallung – Haltungseinheit 2:

In dieser Haltungseinheit wurden bis zu 14 Tiere in einer Gruppenbox mit Stroheinstreu und zusätzlichem befestigtem Auslauf gehalten. Die Stallinnenfläche betrug 161 m², die Auslauffläche 132 m². Daraus ergab sich ein Platzangebot im Stall von etwa 11,5 m² je Tier, womit auch in dieser Haltungseinheit die Vorgaben der Durchführungsverordnung (EU) 2020/464 deutlich übertroffen wurden.

Frisches Trinkwasser stand den Tieren während der gesamten Versuchszeit *ad libitum* zur Verfügung.

Datenerfassung am lebenden Tier

Die Tiere wurden von Geburt an einmal wöchentlich gewogen. Parallel zur Gewichtserfassung erfolgte eine wöchentliche Bonitierung des Gesundheitszustands nach einem standardisierten Protokoll in Anlehnung an das „Calf Health Scoring Chart“ der University of Wisconsin School of Veterinary Medicine (McGuirk, 2007, McGuirk, 2008, Roth et al., 2009). Dabei wurden unter anderem Allgemeinbefinden, Kotkonsistenz sowie weitere klinische Auffälligkeiten erfasst.

Alle zwei Monate wurde eine Ultraschalluntersuchung des *Musculus longissimus dorsi* durchgeführt. Dabei wurden die Rückenfettdicke sowie der Muskelquerschnitt gemessen, um die Entwicklung von Muskel- und Fettgewebe am lebenden Tier zu dokumentieren.

Während der Weidesaison erfolgte im dreiwöchigen Abstand eine parasitologische Untersuchung auf gängige Weideparasiten.

Ab einem Lebendgewicht von etwa 300 kg wurden allen Tieren Pansenboli (smaXtec® GmbH) verabreicht, um kontinuierlich physiologische Parameter sowie Aktivitätsmuster zu erfassen. Ab dem 15.10.2024 wurden zudem alle Tiere mit Halsbändern der Firma MSD Animal Health® ausgestattet.

Zur Erfassung des Tierverhaltens während der Stallhaltungsphasen wurden 24-stündige Videoaufzeichnungen durchgeführt. Zusätzlich fanden während jeder Weidesaison je Versuchsdurchgang dreitägige systematische Verhaltensbeobachtungen auf der Weide statt. Diese dienten der Evaluierung des Weideverhaltens sowie der Erfassung der Nutzung der Gehölzstrukturen durch die Tiere der Heckengruppe. Das Tierverhalten wurde anhand eines Ethogramms (siehe Tabelle 32) erfasst. Das Verhalten der Ochsen in jeder Versuchsgruppe wurde von verschiedenen Beobachtern an im Zeitraum von 06:00 Uhr bis 20:00 Uhr aufgezeichnet. Jeder Ochse wurde im Rahmen von Fokustierbeobachtungen alle 20 Minuten für eine Minute beobachtet und die jeweilige Aktivität entsprechend dem Ethogramm klassifiziert. Die Reihenfolge der Fokustiere wurde dabei zufällig bestimmt. Jede Verhaltensaktivität wurde als Anteil der Zeit, in der das jeweilige Verhalten gezeigt wurde, an der Gesamtbeobachtungszeit ausgedrückt. Beim Erfassen agonistischer und soziopositiver Verhaltensweisen wurde zusätzlich der Hornstatus des Interaktionspartners (behornt oder hornlos) dokumentiert.

Tabelle 31. Ethogramm Ochsen

Verhaltenskategorie	Beschreibung	Quelle
Grasen	Fressen von Pflanzen auf der Weide	(Vandermeulen et al., 2016)
Verbiss	verholzte Arten in der Hecke fressen	(Vandermeulen et al., 2016)
Kraftfutteraufnahme	Fressen von Kraftfutter aus Trog	
Mineralfutteraufnahme	Aufnahme Mineralfutter aus „Leckeimer“	
Wiederkauen (stehend/liegend)	Kaubewegung mit dem spezifischen regelmäßigen Muster für das Wiederkauen, entweder im Liegen oder im Stehen	(Vandermeulen et al., 2016)
Trinken	Trinken an der gemeinsamen Tränke	(Vandermeulen et al., 2016)
Liegen	Der Torso berührt den Boden; er ruht in einer horizontalen Position ohne weitere Differenzierung der Körperposition. Die Tiere können beim "Legen" auch mehrere aufgeführte Verhaltensweisen zeigen (z.B. Wiederkauen, Grasen).	(Winckler unpublished)
Stehen	Der Torso berührt den Boden nicht. Alle vier Beine berühren den Boden. Die Tiere können beim "Stehen" auch mehrere aufgeführte Verhaltensweisen zeigen (z.B. Wiederkauen, Grasen).	(Winckler unpublished)
Laufen/Rennen	Das Tier geht/rennt mehr als eine halbe Körperlänge vorwärts oder rückwärts in eine Richtung. Das Laufen/Rennen endet, wenn sich die Körperposition nicht mehr ändert.	(Winckler unpublished)
Agonistisches Verhalten	Aufspringen/ Aufsprungversuch, Stoßen, Kämpfen, Verdrängen, zum Aufstehen bewegen, Ziel von agonistischem Verhalten	(Huber et al., 2008), (Winckler unpublished)
Soziopositives Verhalten	Gegenseitiges Belecken, gegenseitiges aneinander reiben, Scheinkämpfe, passive Rolle in sozialen Interaktionen	(Huber et al., 2008), (Winckler unpublished)
Self-grooming	Selbstbelecken, Kratzen mit dem Fuß, Kratzen mit dem Horn, Reiben an Gegenständen (außer Hecke) Komfortverhalten, dass das Tier an sich selbst zeigt	(Huber et al., 2008)
Self-grooming Hecke	Reiben an Hecke	
Andere Aktivitäten	Jedes andere, zuvor nicht beschriebene Verhalten	(Vandermeulen et al., 2016)

Datenerfassung zur Futteraufnahme und Futterqualität

Wie im Abschnitt Arbeitspakete beschrieben, wurde die Futteraufnahme auf der Weide indirekt abgeschätzt. Dazu wurden Weidekäfige eingesetzt und die Aufwuchshöhe wöchentlich mittels Platometer gemessen. Zusätzlich wurden regelmäßig Futterproben entnommen und im Labor analysiert.

Die Futteranalysen umfassten eine Weender-Analyse zur Bestimmung der Rohnährstoffgehalte (Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Rohasche sowie stickstofffreie Extraktstoffe) sowie die Bestimmung des Fettsäuremusters. Die Analysen erlaubten eine umfassende Charakterisierung der Nährstoffzusammensetzung des aufgenommenen Futters.

Während der Stallhaltungsperioden wurde die Futteraufnahme je Mastgruppe über wöchentliche Futterrückwaagen erfasst, um Aussagen zur Futterverwertung treffen zu können. Auch in diesen Phasen wurden Futterproben für die Weender-Analyse und die Fettsäureanalytik entnommen. Sämtliche Futteranalysen wurden im Labor des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau durchgeführt.

Schlachtung und Erfassung der Fleischqualität

Die Tiere wurden im Mittel im Alter von etwa 21 Monaten in einem regionalen Schlachthof in Bad Oldesloe geschlachtet. Etwa 45 Minuten nach der Schlachtung wurden im *Musculus longissimus dorsi* der pH-Wert sowie die elektrische Leitfähigkeit bestimmt. Nach 24 Stunden erfolgte eine erneute Messung dieser Parameter.

Zusätzlich wurde 24 Stunden *post mortem* an der linken Schlachthälfte zwischen der 9. und 13. Rippe eine Probe des *Musculus longissimus dorsi* entnommen. Diese Probe diente der weiterführenden Analyse der Fleischqualität sowie der sensorischen Untersuchung. Der Transport der Proben erfolgte gekühlt auf Eis zum Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Kompetenzfeld Stoffwechsel und Ernährung.

Am FBN wurden die Fleischproben nach etablierten Protokollen analysiert. Bestimmt wurden unter anderem Wassergehalt, intramuskulärer Fettgehalt, Proteingehalt, bindegewebeseiweiß-freies Fleischeiweiß, Bindegewebeseiweiß sowie Aschegehalt (jeweils mittels NIR-Messung). Zudem wurden Fleischfarbe (L^* , a^* , b^* nach CIE 1976, jeweils mit eingeschlossenem Spiegelglanz), Dripverlust, Kochverlust sowie die Zartheit des gekochten Fleisches (Scherkraftmessung in Newton) erfasst. Ergänzend erfolgte die Bestimmung des Fettsäuremusters im Fleisch.

Die sensorische Untersuchung des Fleisches wurde durch die isi GmbH in Göttingen durchgeführt. Die Bewertung erfolgte mittels Quantitativer Deskriptiver Analyse (QDA) durch ein geschultes Expert:innenpanel bestehend aus 10–12 nach DIN-Kriterien ausgewählten Panelist:innen. Pro Produkt wurden zwei Beurteilungen durchgeführt. Die Bewertung erfolgte auf einer 10-cm-Skala auf Basis einer zuvor gemeinsam entwickelten Attributliste, die alle relevanten sensorischen Dimensionen abdeckte.

Haarproben und Entwicklung neuer Indikatoren zur IMF-Beurteilung

Wie bereits beschrieben, wurden bei allen Tieren in regelmäßigen Abständen Haarproben entnommen. Ziel war es, Haar als nicht-invasives Probenmaterial in Kombination mit Ultraschallmessungen zur Beurteilung des intramuskulären Fettgehalts im *Musculus longissimus dorsi* am lebenden Tier zu prüfen. Die Probenentnahme erfolgte standardisiert im Bereich zwischen

der 12. und 13. Rippe, also an derselben anatomischen Lokalisation wie die Ultraschallmessungen und die spätere Fleischprobenentnahme. Haarproben und Ultraschalluntersuchungen wurden stets zeitgleich durchgeführt.

Die Analyse der Fettsäuren im Haar erfolgte am FBN in Anlehnung an etablierte Protokolle (Kalbe et al., 2019, Möller et al., 2019, Wulf et al., 2025). Hierzu wurden Lipide aus homogenisiertem Haar extrahiert, transmethyliert und die Fettsäuremethylester mittels hochauflösender Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor bestimmt. Alle Proben wurden in Doppelbestimmung analysiert.

Genotypisierung

Für die Genotypisierung wurden den Tieren Haarproben mit intakter Haarwurzel aus der Schwanzquaste entnommen. Die Proben wurden an das Tierärztliche Institut der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Molekularbiologie der Nutztiere und molekulare Diagnostik, versandt. Dort erfolgten sämtliche weiteren Analyseschritte.

Die DNA-Extraktion wurde semi-automatisiert mittels eines KingFisher-Extraktionssystems durchgeführt. Die Genotypisierung erfolgte auf einem Illumina iScan-System. Die Rohdaten wurden mit der Software GenomeStudio 2.0 prozessiert und in FinalReports für weiterführende Auswertungen, unter anderem für genomweite Assoziationsstudien (GWAS), formatiert.

3.1.8. Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)

Datenerfassung am lebenden Tier

Ein Überblick über die Mittelwerte der wichtigsten Leistungs- und Fleischqualitätsparameter sowie der zentralen Fleischqualitätsmerkmale ist in Tabelle 31 am Ende dieses Kapitels dargestellt, getrennt nach den jeweiligen Schlachtphasen.

Die statistische Analyse der Versuchsdaten ergab keinen signifikanten Effekt der Heckenstruktur auf die untersuchten Leistungs- und Fleischqualitätsparameter (siehe Tabelle 31) der Tiere ($p > 0,05$). Demgegenüber zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Versuchsjahres auf die untersuchten Parameter. Dieser Befund ist biologisch plausibel und entspricht den Erwartungen bei mehrjährigen Weideversuchen. Unterschiede zwischen den Jahren lassen sich insbesondere durch variierende Witterungsbedingungen, Vegetationsentwicklung, Futterqualität sowie durch jahresspezifische Managementfaktoren erklären. Solche Effekte sind aus vergleichbaren Studien zur Weidehaltung von Rindern bekannt und stellen keinen Hinweis auf methodische Schwächen dar.

Erwartungsgemäß lagen die täglichen Zunahmen während der Weidephasen unter denen der Stallphasen, was auf Unterschiede in der Energieaufnahme, der Bewegungsaktivität sowie auf witterungsbedingte Einflüsse zurückzuführen ist. Die täglichen Zunahmen innerhalb einer Haltungsperiode wurden maßgeblich durch das Startgewicht der Tiere sowie durch die jeweilige Haltungsform (Weide vs. Stall) bestimmt.

Nach Berücksichtigung der Versuchsstruktur und der relevanten Kovariablen in den statistischen Modellen zeigten individuelle Tierunterschiede keinen zusätzlichen erklärenden Einfluss auf die untersuchten Zielgrößen. Mit relevanten Kovariablen sind hier Faktoren gemeint, die potenziell die Variabilität der Zielgrößen beeinflussen können, wie das Startgewicht der

Tiere, das Alter, das Gewicht bei der Schlachtung, die jeweilige Haltungsphase, der Durchgangsjahrgang oder der Schlachtzeitpunkt. Diese wurden in den linearen bzw. linearen Mixed-Effects-Modellen explizit berücksichtigt, um Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen unabhängig von diesen Einflüssen beurteilen zu können.

Individuelle Tierunterschiede beziehen sich auf die Variation, die jedem einzelnen Tier innewohnt, also tierindividuelle Effekte, die nicht durch die experimentell kontrollierten Faktoren erklärbar sind. In den Mixed-Effects-Modellen wurde dies durch einen zufälligen Effekt für die Tiere modelliert, um wiederholte Messungen pro Tier zu berücksichtigen. Die Analyse zeigte, dass diese zufälligen Effekte keinen zusätzlichen Einfluss auf die Zielgrößen hatten, was bedeutet, dass die Unterschiede zwischen den Tieren selbst, abgesehen von den bereits berücksichtigten Kovariablen, keinen signifikanten Beitrag zur Erklärung der Variation der Zielvariablen leisten.

Ergänzend ist festzuhalten, dass die Auswertung der Daten aus der Tierbeobachtung sowie der mittels Pansenboli erhobenen physiologischen Parameter zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch andauert. Aufgrund des umfangreichen und komplexen Datensatzes sowie des Umstands, dass die letzten Tiere erst Ende September 2025 geschlachtet wurden, liegt erst seit Kurzem ein vollständiger Datensatz über alle Versuchsjahre hinweg vor. Die abschließende statistische Auswertung ist derzeit in Bearbeitung und soll nach Abschluss entsprechend publiziert werden.

Die Auswertung der Verhaltensdaten und insbesondere des Heckennutzungsverhaltens erfolgt in Anlehnung an (Vandermeulen et al., 2016). Diese Studie zeigte, dass Rinder in silvopastoralen Systemen einen relevanten Anteil ihrer Aktivitätszeit für das Verbeißen von Gehölzen aufwenden, wobei saisonale Unterschiede bestehen und Gehölze einen Beitrag zur Erhöhung der Futterdiversität leisten können. Bevorzugte Gehölzarten variierten zwischen den Individuen, und eine stärkere Nutzung wurde mit höherer Futterqualität in Verbindung gebracht. Im Vergleich dazu umfasst der vorliegende Versuch deutlich mehr Tiere (50 im Vergleich zu 12 bei (Vandermeulen et al., 2016)), zwei Versuchsdurchgänge mit jeweils zwei Weideperioden sowie eine größere Alters- und Gewichtsspanne. Damit bestehen gute Voraussetzungen, Effekte von Versuchsgruppe, Weideperiode und individueller Variation statistisch belastbar zu untersuchen. Für die statistische Analyse ist der Einsatz linearer gemischter Modelle vorgesehen. Als Zielgröße steht insbesondere der Zeitanteil der Heckennutzung im Fokus. Dieser wird in Beziehung gesetzt zu Futterqualität (Weender Analyse), Aufwuchshöhe, Weideperiode, Jahr und Parasitenbürde. Tier und Beobachtungstag werden als zufällige Effekte berücksichtigt. Ergänzend sollen Korrelationsanalysen prüfen, ob erhöhte Heckennutzung mit Veränderungen im Wiederkauanteil oder im Gesamtfressverhalten einhergeht. Die Auswertungen konnten allerdings bisher nicht abgeschlossen werden.

Im Zusammenspiel mit Futterqualität, Aufwuchshöhe und Wetterdaten (Temperatur, Luftfeuchte, abgeleiteter Temperature-Humidity-Index, THI) sollen mögliche Effekte von Hitzestress auf Wiederkauverhalten, Aktivität, Pansentemperatur und Leistung untersucht werden. Darüber hinaus wird geprüft, ob Tiere der Heckengruppe aufgrund von Schattenwirkung und möglicher mikroklimatischer Effekte geringere Anzeichen von Hitzestress aufweisen als Tiere ohne Heckenstruktur. Zusätzlich wird die Parasitenbürde in die Auswertung einbezogen, um mögliche Zusammenhänge zwischen Haltungsumgebung, Heckennutzung und Endoparasitenbefall zu untersuchen. Dabei soll insbesondere geprüft werden, ob die Nutzung strukturreicher Flächen mit Gehölzen potenziell mit einer geringeren Parasitenbelastung assoziiert ist und ob sich dies in Verhalten, Sensordaten oder Leistungsparametern widerspiegelt.

Sämtliche genannten Daten liegen derzeit als Rohdatensätze vor. Aktuell erfolgt eine systematische Plausibilitätsprüfung und Datenbereinigung als vorbereitender Schritt für die statisti-

sche Analyse. Dabei werden die Datensätze hinsichtlich Vollständigkeit, Konsistenz und biologischer Plausibilität überprüft. Dies umfasst unter anderem die Identifikation und Korrektur offensichtlicher Dokumentations- oder Übertragungsfehler, die Prüfung auf Ausreißer und unrealistische Werte, die Synchronisierung von Zeitstempeln zwischen unterschiedlichen Datenquellen sowie die Kontrolle der Zuordnung von Tier-IDs, Versuchsgruppen und Messzeitpunkten. Erst nach Abschluss dieser Qualitätssicherungsschritte werden die Datensätze für die eigentliche statistische Auswertung freigegeben. Eine rein deskriptive Darstellung der Rohdaten wird an dieser Stelle bewusst nicht vorgenommen, da erst die vollständige Datenaufbereitung und anschließende inferenzstatistische Analyse belastbare Aussagen zu möglichen Effekten, Zusammenhängen und deren Interpretation erlaubt. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung liegen daher noch keine abschließenden Ergebnisse zu den untersuchten Fragestellungen vor. Die geplante statistische Auswertung sieht vor, lineare gemischte Modelle (Linear Mixed Models, LMM) einzusetzen, um die komplexe Datenstruktur mit wiederholten Messungen pro Tier adäquat abzubilden. Dabei wird das einzelne Tier als zufälliger Effekt berücksichtigt, um individuelle Unterschiede und die Abhängigkeit wiederholter Beobachtungen innerhalb eines Tieres statistisch korrekt zu modellieren. Als feste Effekte sollen unter anderem Versuchsgruppe (mit bzw. ohne Heckenstruktur), Futterparameter (z. B. Energiegehalt, Rohfaser, Aufwuchshöhe), Wetterparameter bzw. THI, Maßzahlen zur Heckenutzung (z. B. Aufenthaltsdauer oder Häufigkeit) sowie die Parasitenbürde in die Modelle aufgenommen werden. Abhängig von der jeweiligen Zielvariable (z. B. Wiederkauzeit, Aktivität, Pansentemperatur, Gewichtszunahme) werden zudem Interaktionseffekte geprüft, insbesondere zwischen Versuchsgruppe und THI sowie zwischen Heckenutzung und THI, um potenzielle puffernde Effekte von Gehölzstrukturen auf Hitzestressreaktionen zu untersuchen. Für geeignete Variablen können zusätzlich zeitliche Faktoren (z. B. Tageszeit, Messperiode) als feste Effekte oder Kovarianten berücksichtigt werden. Die Modellannahmen (Normalverteilung der Residuen, Varianzhomogenität) werden überprüft und bei Bedarf Transformationen der Zielvariablen vorgenommen oder alternative Modellansätze (z. B. generalisierte lineare gemischte Modelle) eingesetzt. Die Ergebnisse sollen in Form von geschätzten Mittelwerten, Effektstärken und Konfidenzintervallen dargestellt werden.

Datenerfassung zur Futteraufnahme und Futterqualität

Die Analysen zur Futterqualität umfassten die Weender Analyse der eingesetzten Futtermittel sowie weiterführende Untersuchungen zur Energiedichte. Die Ergebnisse der Weender Analysen zeigten in beiden untersuchten Jahren keine auffälligen Besonderheiten. Die Gehalte an Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, Rohasche und stickstofffreien Extraktstoffen lagen im für die jeweilige Fütterung erwarteten Bereich und wiesen keine Hinweise auf limitierende oder außergewöhnliche Nährstoffkonstellationen auf. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Versorgung der Tiere über beide Versuchsjahre hinweg gewährleistet war.

Der Energiegehalt des Weideaufwuchses betrug im Mittel 9,9 MJ ME/kg TM in den Jahren 2023 und 2024. Der Energiegehalt der im Stall eingesetzten Totalmischration (TMR) lag mit 9,6 MJ ME/kg TM auf einem vergleichbaren Niveau. Die Analysen für das Jahr 2025 befinden sich zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch in der finalen Auswertung.

Die Energiegehalte der Heckenbiomasse (Blätter und kleinere Äste) sowie die Analysen der Fettsäurezusammensetzung der aufgenommenen Futterkomponenten sind derzeit noch in Bearbeitung und befinden sich in der Auswertung. Diese Daten sollen gemeinsam mit den Ergebnissen zu den Fettsäureprofilen in Haar- und Fleischproben ausgewertet werden. Ziel ist es, potenzielle Zusammenhänge zwischen Futterangebot, Aufnahme spezifischer Pflanzeninhaltsstoffe und der Fettsäurezusammensetzung tierischer Produkte abzuleiten. Die Ergebnisse dieser Analysen sind für eine entsprechende wissenschaftliche Publikation vorgesehen.

Schlachtung und Erfassung der Fleischqualität

Die im Rahmen der Schlachtungen erhobenen Parameter zur Schlachtleistung und Fleischqualität zeigten keinen signifikanten Einfluss der Heckenstruktur auf die untersuchten Merkmale ($p > 0,05$). Dies gilt sowohl für klassische Schlachtparameter als auch für zentrale Qualitätskennzahlen des Fleisches.

Ein zusammenfassender Überblick der Mittelwerte der wichtigsten Schlacht- und Fleischqualitätsparameter ist ebenfalls in Tabelle 32 am Ende dieses Kapitels enthalten und nach den jeweiligen Schlachtphasen differenziert dargestellt.

Eine abschließende Gesamtauswertung, insbesondere im Hinblick auf die sensorischen Eigenschaften des Fleisches, steht derzeit noch aus. Hintergrund ist, dass die letzten Tiere erst im Oktober des vergangenen Jahres geschlachtet wurden und die zugehörigen Laboranalysen erst gegen Ende des Jahres 2025 bzw. zu Beginn des Jahres 2026 vollständig vorlagen bzw. vorliegen werden. Erst mit Vorliegen dieses vollständigen Datensatzes ist eine umfassende statistische Auswertung möglich.

Haarproben und Entwicklung neuer Indikatoren zur IMF-Beurteilung und Genotypisierung

Auch für den Bereich der Haarprobenanalytik sowie der Entwicklung neuer Indikatoren zur Beurteilung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) und zur Genotypisierung gilt, dass eine abschließende Auswertung derzeit noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Die Verzögerung ergibt sich analog zur Fleischqualitätsanalytik aus dem späten Schlachtzeitpunkt der letzten Tiere sowie den nachgelagerten Laboranalysen, die erst Ende 2025 bzw. Anfang 2026 vollständig verfügbar wurden.

Die Isolierung der Fettsäuren aus den Haarproben ist abgeschlossen, und die Auswertung dieser Daten hat begonnen. Ebenso wurde die DNA erfolgreich isoliert, und die genetischen Analysen befinden sich aktuell in der Auswertungsphase. Die Arbeiten zur Datenintegration und statistischen Analyse laufen derzeit mit hoher Intensität, um belastbare Aussagen zu potenziellen Zusammenhängen zwischen genetischen Merkmalen, Haarparametern und Fleischqualität abzuleiten.

Die gewonnenen Daten besitzen ein hohes Innovationspotenzial, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung nicht-invasiver Indikatoren zur Abschätzung der Fleischqualität bereits am lebenden Tier und können erste Schritte in der Zuchtwertschätzung für Fleischqualität, hier mit besonderem Augenmerk auf den IMF-Gehalt, sein.

Tabelle 32 Überblick über die wichtigsten Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsparameter (Mittelwerte und Standardabweichung) vom ersten Schlachttermin des ersten Versuchsdurchganges 2024. Referenzwerte stammen aus Frickh et al. (2001), und Geuder et al. (2012).

Merkmal		Hecke (n=6)	Ohne Hecke (n=6)	Referenzbereich
Tägliche Zunahme	[g/d]	904,5 ± 34,3	866,0 ± 63,9	
Schlachalter	[d]	615 ± 40	638 ± 34	
Lebendgewicht	[kg]	598 ± 51	597 ± 59	
Schlachtgewicht	[kg]	312 ± 39	314 ± 27	
Nettozunahme	[g]	506,7 ± 39,9	492,9 ± 32,1	
Schlachtausbeute	[%]	52,0 ± 2,8	52,6 ± 0,8	
pH _{45min}		6,31 ± 0,15	6,17 ± 0,14	> 5,8
pH _{24h}		6,00 ± 0,1	5,96 ± 0,09	5,6-6,0
Wassergehalt	[%]	75,2 ± 1,3	75,0 ± 1,3	≈ 75
Proteingehalt	[%]	22,8 ± 0,5	22,6 ± 0,5	≈ 20
Kochverlust	[%]	21,8 ± 1,5	20,5 ± 4,8	≤ 22
IMF	[%]	4,4 ± 1,57	5,0 ± 1,65	2,5 – 4,5
Scherkraft	[N]	53,4 ± 5,4	45,2 ± 15,7	< 53
Farbe				
L		34,0 ± 1,8	35,0 ± 2,6	34 – 40
a		19,3 ± 2,2	18,8 ± 2,0	≥ 10

Tabelle 33. Überblick über die wichtigsten Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsparameter (Mittelwerte und Standardabweichung) vom zweiten Schlachttermin des ersten Versuchsdurchganges 2024. Referenzwerte stammen aus Frickh et al. (2001), und Geuder et al. (2012).

Merkmal		Hecke (n=7)	Ohne Hecke (n=7)	Referenzbereich
Tägliche Zunahme	[g/d]	865,1 ± 80,0	892,9 ± 48,2	
Schlachalter	[d]	630 ± 20	635 ± 23	
Lebendgewicht	[kg]	591 ± 49	607 ± 37	
Schlachtgewicht	[kg]	299 ± 26	310 ± 29	
Nettozunahme	[g]	475,6 ± 38,7	488,6 ± 42,8	
Schlachtausbeute	[%]	51,0 ± 2,0	51,0 ± 1,9	
pH _{45min}		6,76 ± 0,24	6,59 ± 0,16	> 5,8
pH _{24h}		5,87 ± 0,1	5,84 ± 0,21	5,6-6,0
Wassergehalt	[%]	75,2 ± 0,8	75,2 ± 1,1	≈ 75
Proteingehalt	[%]	22,9 ± 0,6	22,6 ± 0,4	≈ 20
Kochverlust	[%]	20,3 ± 2,6	19,7 ± 3,0	≤ 22
IMF	[%]	4,1 ± 1,11	4,3 ± 1,42	2,5 – 4,5
Scherkraft	[N]	62,2 ± 21,5	57,0 ± 21,0	< 53
Farbe				
L		33,3 ± 1,9	34,0 ± 1,6	34 – 40
a		18,6 ± 1,7	19,1 ± 0,6	≥ 10

Tabelle 34. Überblick über die wichtigsten Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsparameter (Mittelwerte und Standardabweichung) vom ersten Schlachttermin des zweiten Versuchsdurchganges 2025. Referenzwerte stammen aus Frickh et al. (2001), und Geuder et al. (2012).

Merkmal		Hecke (n=6)	Ohne Hecke (n=6)	Referenzbereich
Tägliche Zunahme	[g/d]	936,5 ± 100,0	918,5 ± 95,2	
Schlachalter	[d]	630 ± 35	639 ± 32	
Lebendgewicht	[kg]	631 ± 83	629 ± 74	
Schlachtgewicht	[kg]	314 ± 47	312 ± 36	
Nettozunahme	[g]	497,1 ± 60,2	487,9 ± 48	
Schlachtausbeute	[%]	49,5 ± 1,4	49,6 ± 0,4	
pH _{45min}		6,70 ± 0,18	6,70 ± 0,18	> 5,8
pH _{24h}		5,67 ± 0,05	5,72 ± 0,16	5,6-6,0
Wassergehalt	[%]	75,0 ± 1,0	74,0 ± 1,0	≈ 75
Proteingehalt	[%]	22,6 ± 0,3	22,3 ± 1,1	≈ 20
Kochverlust	[%]	22,3 ± 2,1	22,0 ± 1,8	≤ 22
IMF	[%]	5,4 ± 1,4	6,2 ± 2,6	2,5 – 4,5
Scherkraft	[N]	54,0 ± 16,0	54,8 ± 13,4	< 53
Farbe				
L		36,0 ± 1,9	34,0 ± 2,5	34 – 40
a		17,5 ± 1,7	19,1 ± 1,1	≥ 10

Tabelle 35. Überblick über die wichtigsten Mastleistungs-, Schlachtleistungs- und Fleischqualitätsparameter (Mittelwerte und Standardabweichung) vom zweiten Schlachttermin des zweiten Versuchsdurchganges 2025. Referenzwerte stammen aus Frickh et al. (2001), und Geuder et al. (2012).

Merkmal		Hecke (n=6)	Ohne Hecke (n=6)	Referenzbereich
Tägliche Zunahme	[g/d]	887,8 ± 77,5	926,5 ± 56,8	
Schlachalter	[d]	645 ± 29	615 ± 33	
Lebendgewicht	[kg]	610 ± 64	613 ± 60	
Schlachtgewicht	[kg]	320 ± 37	311 ± 34	
Nettozunahme	[g]	495,2 ± 48,5	505,3 ± 31,3	
Schlachtausbeute	[%]	52,3 ± 21,2	50,8 ± 2,2	
pH _{45min}		6,62 ± 0,15	6,60 ± 0,18	> 5,8
pH _{24h}		5,93 ± 0,34	5,78 ± 0,19	5,6-6,0
Wassergehalt	[%]	74,7 ± 0,7	74,4 ± 1,5	≈ 75
Proteingehalt	[%]	22,6 ± 0,4	22,6 ± 0,5	≈ 20
Kochverlust	[%]	23,0 ± 2,3	23,4 ± 2,8	≤ 22
IMF	[%]	4,9 ± 0,5	5,3 ± 1,6	2,5 – 4,5
Scherkraft	[N]	50,8 ± 13,9	43,7 ± 7,9	< 53
Farbe				
L		34,2 ± 2,8	34,9 ± 2,2	34 – 40
a		19,3 ± 1,3	19,6 ± 0,6	≥ 10

3.1.9. Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Mit dem Teilprojekt Ochsenmast wurden zentrale Zielsetzungen der zugrundeliegenden Bekanntmachung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat adressiert und erfolgreich bearbeitet. Insbesondere im Sinne der Ausschreibungsschwerpunkte „Mast-rinder: Haltungskonzepte zur Verbesserung des Tierwohls und zur Vermeidung von Klauen-, Gelenks- und Schwanzspitzenschäden“ sowie „Kälber: Konzepte für die Nutzung männlicher Kälber von Hochleistungskühen“ konnten belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mast reinrassiger Deutscher Holsteins im Rahmen einer silvopastoralen Ochsenmast grundsätzlich möglich ist und dabei sowohl sehr gute Mastleistungen als auch eine hohe Fleischqualität erreicht werden können. Die ermittelten täglichen Zunahmen, Schlachtgewichte und Fleischqualitätsparameter belegen, dass Deutsche Holsteins

unter den im Versuch angewandten Haltungs- und Managementbedingungen, insbesondere Weidehaltung mit strukturreicher Umgebung, ausreichendem Futterangebot, sowie konsequentem Gesundheits- und Parasitenmanagement, erfolgreich gemästet werden können. Das Gesamtkonzept ist dabei durch eine eher extensive, weidebasierte Haltungsform mit hohem Bewegungsangebot, Sozialkontakt und Zugang zu Schatten- und Scheuerstrukturen gekennzeichnet und erfüllt damit wesentliche Anforderungen an eine tierwohlorientierte Rindermast.

Auch während der Weideperioden ohne Kraftfuttereinsatz wurden, unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit, sehr gute tägliche Zunahmen erreicht. Diese lagen im Bereich vergleichbarer Leistungen von Holstein-Friesian-Bullen unter ähnlichen Haltungsbedingungen (Rutherford et al., 2020). Die untersuchten Fleischqualitätsmerkmale lagen durchweg innerhalb der Referenzbereiche für gute bis sehr gute Fleischqualität (Frickh et al., 2001). Dies unterstreicht, dass eine weidebasierte Ochsenmast nicht zwangsläufig mit Qualitätseinbußen verbunden ist.

Die beobachteten Qualitätsmerkmale stehen in engem Zusammenhang mit dem höheren Fettansatz von Ochsen, der sich positiv auf zentrale Eigenschaften des Fleisches wie Zartheit, Saftigkeit, Aroma und Fleischfarbe auswirkt (Ristic, 1987). Der erhöhte Genusswert von Ochsenfleisch für Verbraucher:innen ist auf eine feinere Muskelfaserstruktur, eine stärkere intramuskuläre Fettmarmorierung (IMF) sowie einen geringeren Myoglobingehalt zurückzuführen, der sich in höheren L*-Werten äußert (Velik, 2008). Diese Zusammenhänge konnten durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden.

Vor dem Hintergrund der derzeitigen Struktur der Milchproduktion in Deutschland besitzen diese Erkenntnisse eine hohe praktische und gesellschaftliche Relevanz. Die konventionelle und ökologische Milchproduktion ist stark spezialisiert und basiert überwiegend auf der Milchrasse Deutsche Holstein (Rahmann et al., 2004, Statistisches Bundesamt, 2023). Mit der Milchproduktion fallen zwangsläufig sowohl weibliche als auch männliche Nachkommen an, wobei insbesondere die männlichen Kälber den Betrieb meist frühzeitig verlassen. Gerade im ökologischen Landbau stellt dies ein strukturelles Problem dar, da spezialisierte Mastbetriebe fehlen und lediglich etwa 10 % der männlichen Kälber auf den Ursprungsbetrieben verbleiben (Ivemeyer et al., 2018). Die häufige Vermarktung an konventionelle Mastbetriebe sowie lange Tiertransporte ins europäische Ausland (Reiber et al., 2020) sind aus ethischer, ökologischer und zunehmend auch aus gesellschaftlicher Sicht kritisch zu bewerten und entsprechen nicht den Erwartungen der Verbraucher:innen an eine gute landwirtschaftliche Praxis (Schulze et al., 2023).

Den genannten Problemlagen können mit den im Projekt erzielten Ergebnissen fundierte Argumente entgegengesetzt werden. Die weidebasierte Ochsenmast reinrassiger Holsteins kann als ein möglicher Ansatz zur Weiterentwicklung nachhaltiger Rindermastverfahren betrachtet werden. Das im Projekt erprobte System zeigt, dass eine weidebasierte Mast dieser Tiere unter praxisnahen Bedingungen umsetzbar ist und Potenzial besitzt, regionale Wertschöpfungsketten zu stärken sowie die Verlagerung von Tieren in externe Maststrukturen zu verringern. Aspekte des Tierwohls und der gesellschaftlichen Akzeptanz wurden im Rahmen der Querschnittsthemen behandelt und ergänzen die dargestellten Leistungs- und Qualitätsdaten. Damit leistet das Teilprojekt einen direkten Beitrag zu den Zielen der Nutztierstrategie, Zielkonflikte zwischen Tierwohl, Umwelt und Wirtschaftlichkeit zu entschärfen.

Damit sich diese Ansätze jedoch nachhaltig in der Praxis etablieren können, sind angepasste strukturelle und ökonomische Rahmenbedingungen erforderlich. Ein wesentlicher Baustein hierfür liegt in der zukunftsorientierten Weiterentwicklung der Zucht. Ein Vorteil reinrassiger Holsteins besteht in ihrer vergleichsweise hohen genetischen Homogenität. Während Milchrinder über Jahrzehnte intensiv auf Milchleistung und Milchinhaltstoffe selektiert wurden, spielten Muskelansatz und Fleischqualitätsmerkmale bislang eine untergeordnete Rolle. Unter

standardisierten Umwelt- und Managementbedingungen weisen gemästete Holsteinrinder daher ein relativ einheitliches Potenzial hinsichtlich Fleischmenge und -qualität auf (Schaefer, 2005, Berry, 2021).

Die Eigenschaften dieser Tiere sind entsprechend gut vorhersagbar: Zwar gilt der Ausschlagungsgrad als Schwäche, gleichzeitig stellen der Ertrag an ausgelöstem, knochenfreiem Fleisch sowie die Qualität der Teilstücke klare Stärken dar. Die sensorische Qualität von Holstein-Rindfleisch unterscheidet sich nicht von der von Fleischrinderrassen vergleichbaren Alters und ähnlicher Körperzusammensetzung und zeigt sich robust gegenüber unterschiedlichen Fütterungs- und Managementbedingungen (Schaefer, 2005, Berry, 2021). Sollten gezielte Verbesserungen der Fleischqualität angestrebt werden, erscheint die züchterische Selektion der vielversprechendste Ansatz (Thaller et al., 2003, Schaefer, 2005, Berry, 2021).

Ein besonderes Potenzial liegt dabei in der stärkeren Integration von Fleischqualitätsmerkmalen in die Zucht Deutscher Holsteins. Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein, da er zahlreiche Qualitätsmerkmale beeinflusst und gleichzeitig moderate bis hohe Heritabilitäten aufweist (Thaller et al., 2003, Hocquette et al., 2010, Warner et al., 2010). Die im Projekt durchgeführte Genotypisierung sowie die Entwicklung neuer Methoden zur IMF-Bestimmung am lebenden Tier stellen hierfür einen wichtigen ersten Schritt dar. Für die Ableitung belastbarer Zuchtwerte sind leicht und standardisiert erhebbare Phänotypen sowie genetische Informationen erforderlich, genau hier setzt das Teilprojekt an. Für die perspektivische Ableitung belastbarer Zuchtwerte ist die Verfügbarkeit standardisierter, reproduzierbarer Phänotypen in Kombination mit genomischen Informationen essenziell. Das Teilprojekt leistet hierzu einen Beitrag, indem es prüft, inwieweit die mit der erprobten Methode erhobenen IMF-Werte praktikabel erhoben werden können, welche Streuung und Wiederholbarkeit sie aufweisen und wie sie mit bereits etablierten Leistungs- und Qualitätsmerkmalen zusammenhängen. Diese Grundlagen sind Voraussetzung, um die Eignung der Merkmale für eine spätere Integration in Zuchtprogramme zu bewerten und langfristig die Entwicklung entsprechender Zuchtwertschätzungen zu ermöglichen.

Darüber hinaus erfüllt die untersuchte Haltungsform zentrale gesellschaftliche Erwartungen an eine zukunftsfähige Nutztierhaltung. Insbesondere der Weidegang trägt nachweislich zur Verbesserung des Tierwohls bei (Sanders et al., 2025). Damit leisten die Ergebnisse des Teilprojektes einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung tiergerechter, umweltverträglicher und praxisnah umsetzbarer Mastkonzepte im Sinne der Ziele des Bundesprogramms Nutztierhaltung und der „Ställe der Zukunft“.

Aufbauend auf den im Teilprojekt erzielten Ergebnissen ergibt sich ein klarer Bedarf und zugleich ein erhebliches Potenzial für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Insbesondere die Integration von Fleischqualitätsmerkmalen in die Zucht Deutscher Holsteins eröffnet neue Perspektiven für die Ableitung belastbarer Zuchtwerte, die eine gezielte Aufwertung männlicher Nachkommen aus der Milchviehhaltung ermöglichen. In Verbindung mit praxistauglichen, tierwohlorientierten Haltungsverfahren kann hierdurch eine nachhaltige Steigerung der Wertschöpfung entlang der gesamten Produktionskette erreicht werden. Die im vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse liefern hierfür eine belastbare wissenschaftliche Grundlage und sollten gezielt in zukünftigen Vorhaben weiterentwickelt und in die Praxis überführt werden.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die im Teilprojekt Ochsenmast am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau gewonnenen Ergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung tierwohlorientierter Mastverfahren und adressieren zugleich ein zentrales strukturelles Problem der Milchviehhaltung, nämlich die Nutzung und Vermarktung überzähliger männlicher Nachkommen aus spezialisierten Milchviehherden. Vor dem Hintergrund der derzeitigen Struktur der Milchproduktion in Deutschland besitzen diese Erkenntnisse eine hohe praktische, ökologische und gesellschaftliche Relevanz.

Wie im vorangegangenen Kapitel ausführlich dargestellt, ist die konventionelle wie auch die ökologische Milchproduktion in Deutschland stark spezialisiert und überwiegend auf die Milchrasse Deutsche Holstein ausgerichtet (Rahmann et al., 2004, Statistisches Bundesamt, 2023). Die daraus resultierende Problematik der Nutzung männlicher Nachkommen, insbesondere im ökologischen Landbau mit begrenzten Vermarktungs- und Maststrukturen, stellt ein zentrales Spannungsfeld dar.

Die Ergebnisse des vorliegenden Teilprojekts zeigen, dass eine Weidemast männlicher Nachkommen der Rasse Deutsche Holstein unter praxisnahen Bedingungen grundsätzlich möglich ist und damit eine tiergerechte Alternative zu bestehenden Aufzucht- und Mastverfahren darstellt. Insbesondere der saisonale Weidegang kann zur Verbesserung zentraler Tierwohlaspekte beitragen, indem er den Tieren eine größere Bewegungsfreiheit, die Ausübung arttypischer Verhaltensweisen sowie die Exposition gegenüber natürlichen Umweltreizen ermöglicht (Sanders et al., 2025). Das im Projekt erprobte silvopastorale System leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung gesellschaftlich gewünschter Haltungsformen und stehen im Einklang mit den Zielsetzungen des Bundesprogramms Nutztierhaltung.

Darüber hinaus deuten die im Projekt erhobenen Daten darauf hin, dass zuchtstrategische Ansätze zur Aufwertung reinrassiger männlicher Holstein-Nachkommen grundsätzlich ein vielversprechendes Entwicklungspotenzial besitzen könnten. Durch den Einsatz moderner Methoden der Tierzucht sowie technischer Verfahren zur Erfassung von Fleischqualitätsmerkmalen, unter anderem anhand von Fettsäureprofilen im Haar, wurden erste methodische Grundlagen für weiterführende Analysen geschaffen. Ob und in welchem Umfang sich daraus künftig belastbare Fleischqualitätszuchtwerte ableiten lassen, kann zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch nicht abschließend beurteilt werden, da die entsprechenden Auswertungen derzeit noch andauern. Perspektivisch könnten solche Ansätze dazu beitragen, Fleischqualität gezielter zu berücksichtigen und damit die Wirtschaftlichkeit tierwohlorientierter Mastverfahren zu verbessern.

Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund relevant, dass bislang vielfach auf die Anpaarung von Milchkühen mit Fleischrinderrassen gesetzt wird, um höhere Erlöse für männliche Kälber zu erzielen. Dieses Vorgehen kann jedoch, abhängig von der gewählten Fleischrinderrasse, negative Auswirkungen auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlergehen der Milchkühe haben (Berry, 2021). Eine verbesserte Nutzung reinrassiger Nachkommen in Kombination mit züchterischen und managementbezogenen Optimierungen stellt daher eine innovative, nachhaltige und tierwohlorientierte Alternative dar.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse des Teilprojekts, dass die Verknüpfung von tiergerechter Haltung, insbesondere Weidegang und der methodischen Erfassung relevanter Fleischqualitätsmerkmale, einschließlich der Genotypisierung der Tiere zur potenziellen Ableitung von Zuchtwerten einen vielversprechenden Weg darstellt, um sowohl das Tierwohl als auch die Wertschöpfung in der Rindermast zu verbessern. Damit leistet das Projekt einen wichtigen

Beitrag zur Entwicklung gesellschaftlich akzeptierter und in der Praxis umsetzbarer Mastkonzepte und fügt sich inhaltlich stringent in die Zielsetzungen der BMELH-Fördermaßnahme (BAnz AT 09.01.2020 B1) ein.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Weidehaltung von Ochsen in Kombination mit strukturierenden Elementen wie Futterhecken steht in engem Einklang mit gesellschaftlichen Erwartungen an eine nachhaltige Nutztierhaltung mit mehr Platz, mehr Bewegung, Zugang zu Außenklima und der Möglichkeit für die Tiere, ihr artspezifisches Verhalten ausleben zu können (Grethe, 2017). Damit adressiert das untersuchte System nicht nur Fragen der Produktionsweise, sondern auch zentrale Anforderungen an die ökologische Nachhaltigkeit der Rinderhaltung.

Die Rindfleischerzeugung ist innerhalb des Tierhaltungssektors mit besonders hohen Treibhausgasemissionen sowie mit Landnutzungsänderungen verbunden (Ahmed et al., 2023). Studien zeigen jedoch, dass durch die Nutzung männlicher Nachkommen aus der Milchviehhaltung für die Fleischproduktion diese negativen Umweltauswirkungen deutlich reduziert werden können. Ein zentraler Umweltvorteil ergibt sich aus der integrierten Erzeugung von Milch und Fleisch innerhalb eines Gesamtsystems. Da Milch- und Rindfleischerzeugung intrinsisch miteinander verbunden sind (Cederberg and Stadig, 2003, Vellinga and de Vries, 2018), trägt die Nutzung männlicher Nachkommen aus der Milchviehhaltung maßgeblich zur Reduktion des CO₂-Fußabdrucks beider Produkte bei. Mehrere Studien belegen, dass integrierte Milch-Fleisch-Systeme im Vergleich zu getrennten Produktionssystemen geringere Treibhausgasemissionen pro Produkteinheit aufweisen (de Vries et al., 2015, Murphy et al., 2017, Vellinga and de Vries, 2018, Laca et al., 2023). Vor diesem Hintergrund stellt die Weidemast von Ochsen aus der Milchviehhaltung einen wichtigen Ansatz zur effizienteren Ressourcennutzung und zur Verbesserung der Klimabilanz der Rinderhaltung dar.

Das untersuchte Produktionssystem kann zudem überwiegend auf Dauergrünland oder Standorten, die für den Ackerbau nicht oder nur eingeschränkt geeignet sind angewendet werden, wodurch kein zusätzlicher Nutzungsdruck auf Flächen für die direkte menschliche Ernährung entsteht (Mottet et al., 2017). Gleichzeitig können Weidesysteme positive Effekte auf Biodiversität haben (Rodriguez-Ortega et al., 2014). Strukturierende Landschaftselemente wie Futterhecken tragen darüber hinaus zur Erbringung von Ökosystemleistungen bei, etwa durch Erosionsschutz oder die Verbesserung von Luft- und Wasserqualität (Vandermeulen et al., 2018).

In der vorliegenden Untersuchung ließ sich kein direkter positiver Effekt der Futterhecken auf Leistungsparameter der Tiere nachweisen, jedoch zeigten sich auch keine negativen Auswirkungen. Ergänzend werden Verhalten, Tiergesundheit, Heckennutzung und Hitzestress derzeit anhand der erhobenen Sensordaten, Verhaltensbeobachtungen und physiologischen Messungen ausgewertet, um potenzielle Zusammenhänge zwischen Heckennutzung, Mikroklima und Tierwohl zu erfassen. Vor dem Hintergrund der vielfältigen ökologischen Zusatznutzen sowie ihres Potenzials zur Förderung von Klimaschutz, Biodiversität und Landschaftsstabilität ist die Integration von Futterhecken in Weidemastsysteme daher aus umweltfachlicher Sicht ausdrücklich zu empfehlen (Isermeyer, 2024).

d) Sonstige Erkenntnisse

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Abschlussberichts liegen für das Teilprojekt Ochsenmast (TI-OL) über die in den vorhergehenden Abschnitten dargestellten Ergebnisse hinaus keine weiteren eigenständigen Erkenntnisse vor. Insbesondere konnten im Berichtszeitraum keine zusätzlichen, ausschließlich dem Teilprojekt TI-OL zuzuordnenden Effekte oder Zusammenhänge identifiziert werden, die eine gesonderte Interpretation erfordern würden.

Mehrere für die Bewertung der Haltungsverfahren relevante Aspekte, insbesondere zu Tierwohl, Ökonomie sowie zu übergeordneten Fragestellungen der gesellschaftlichen Akzeptanz und der Zielkonflikte zwischen Tierwohl, Umweltwirkungen und Managementanforderungen, wurden projektübergreifend als Querschnittsthemen bearbeitet. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind nicht isoliert einem einzelnen Teilprojekt zuzuordnen, sondern ergeben sich aus der gemeinsamen Auswertung und Interpretation der verschiedenen Versuchsanstellungen innerhalb des Gesamtprojekts.

Entsprechend wird an dieser Stelle auf die Darstellung und Diskussion der genannten Querschnittsthemen in den jeweiligen projektübergreifenden Abschnitten des Abschlussberichts verwiesen, in denen die Ergebnisse integrativ zusammengeführt und im Kontext der Zielsetzungen der Ausschreibung bewertet werden.

3.1.10. Zusammenfassung (TI-OL)

Im Teilprojekt Ochsenmast (TI-OL) wurde am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau ein silvopastorales Weidemastsystem für männliche Nachkommen der Milchrasse Deutsche Holstein unter praxisnahen Bedingungen wissenschaftlich untersucht. Ziel war die Bewertung eines tierwohlorientierten, gesellschaftlich akzeptierten und ökologisch nachhaltigen Mastverfahrens, das eine alternative Nutzung überzähliger männlicher Milchrasse-Kälber ermöglicht und damit zur besseren Integration von Milch- und Fleischproduktion beiträgt.

Insgesamt wurden 50 Holstein-Ochsen über zwei Versuchsdurchgänge in einem kombinierten System aus saisonaler Weidehaltung und Winterstallhaltung gemästet. Die Tiere wurden in Gruppen mit und ohne Zugang zu Gehölzstrukturen (Futterhecken) gehalten. Erhoben wurden umfangreiche Daten zu Leistung, Gesundheit, Verhalten, Futteraufnahme, Fleischqualität sowie zu physiologischen Parametern mittels sensorgestützter Verfahren. Ergänzend wurden Haarproben zur Entwicklung nicht-invasiver Indikatoren für den intramuskulären Fettgehalt sowie genetische Daten zur Identifikation potenzieller Zusammenhänge zwischen Genotyp und Fleischqualität erfasst.

Die Ergebnisse zeigen, dass die weidebasierte Ochsenmast reinrassiger Deutscher Holsteins grundsätzlich möglich ist und gute Mastleistungen sowie eine hohe Fleischqualität erreicht werden können. Die erzielten täglichen Zunahmen, Schlachtgewichte und zentralen Fleischqualitätsparameter lagen im Bereich vergleichbarer Systeme und innerhalb etablierter Referenzwerte. Auch während der Weideperioden ohne Krafftuttereinsatz wurden sehr gute Zunahmen erzielt. Ein signifikanter Einfluss der Futterhecken auf Leistungs- oder Schlachtparameter konnte nicht nachgewiesen werden, ebenso wenig zeigten sich negative Effekte.

Die untersuchten Fleischqualitätsmerkmale bestätigten die Eignung der Ochsenmast für die Erzeugung von Fleisch mit hohem Genusswert. Damit widerlegen die Ergebnisse die häufige

Annahme einer grundsätzlichen Mastungeeignetheit reinrassiger Holsteins. Gleichzeitig unterstreichen sie das Potenzial dieser Haltungsform für eine tiergerechte und gesellschaftlich akzeptierte Nutzung männlicher Nachkommen aus der Milchviehhaltung.

Ein weiterer innovativer Schwerpunkt lag in der Entwicklung neuer, nicht-invasiver Indikatoren zur Abschätzung der Fleischqualität am lebenden Tier. Die Analysen von Fettsäureprofilen im Haar sowie die durchgeführte Genotypisierung stellen hierfür eine wichtige methodische Grundlage dar. Die abschließende statistische Auswertung dieser Datensätze ist zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vollständig abgeschlossen, da die letzten Schlachtungen und Laboranalysen erst Ende 2025 vorlagen. Die Ergebnisse besitzen jedoch ein hohes Innovationspotenzial und bilden die Basis für weiterführende wissenschaftliche Publikationen und mögliche Anschlussprojekte.

Insgesamt leistet das Teilprojekt Ochsenmast einen substantiellen Beitrag zu den Zielen der BMELH-Fördermaßnahme. Die weidebasierte Ochsenmast von Holstein-Rindern stellt eine mögliche Option dar, um Zielkonflikte zwischen Tierwohl, ökologischer Nachhaltigkeit und ökonomischer Tragfähigkeit zu reduzieren und die gesellschaftliche Akzeptanz der Rindfleischherzeugung zu erhöhen. Insgesamt ist der Übergang von einer primär mengenorientierten hin zu einer qualitätsorientierten Rindfleischherzeugung nur möglich, wenn Zucht, Haltung, Verarbeitung und Vermarktung stärker verzahnt werden. Eine nachhaltige und erfolgreiche Qualitätsrindfleischherzeugung setzt die aktive Einbindung aller Marktpartner:innen voraus, von der Zucht über die landwirtschaftliche Praxis bis hin zu Verarbeitung, Handel und Verbraucher:innen.

3.1.11. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)

Vorträge

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2023).
Erste Ergebnisse zur Mast von Ochsen der Rasse Deutsche Holstein in einem silvopastoralen Haltungssystem. Vortragstagung der DGfZ/GfT, 13.-14.09.2023 in Halle an der Saale

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2024).
Männliche Holstein-Kälber sind besser als ihr Ruf – innovative Forschungskonzepte. Milchrindtag 2024 Mecklenburg-Vorpommern, 06.-07.03.2024 in Dummerstorf und Güstrow

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2024).
Ochsenmast mit Tieren der Rasse Deutsche Holstein in einem silvopastoralen System. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 05.-08.03.2024 in Gießen

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2024).
Deutsche Holstein-Ochsenmast in einem silvopastoralen System. DAFA-Konferenz Agrarforschung zum Klimawandel, 11.-14.03.2024 in Potsdam

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2025).
Ergebnisse Ochsenmastprojekt: Qualitäten bei der Mast von männlichen Kälbern aus dem Milchviehbestand. Gää-Wintertagung -Praxis der ökologischen Landwirtschaft, 06.-07.02.2025 in Limbach

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2025).
Fattening of German Holstein steers in a silvopastoral system. 76th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 25.-29.08.2025 in Innsbruck

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2025).
Erste Ergebnisse zur Mastleistung und Fleischqualität von Ochsen der Rasse Deutsche Holstein in einem silvopastoralen Haltungssystem. Vortragstagung der DGfZ/GfT, 25.-26.09.2025 in Rostock

Wulf, R., Dannenberger, D., Boldt, A., Maak, S., Brockmann, G.A., Barth, K., Krebs, T. (2025)
Zusammenhänge zwischen Fettsäuren im longissimus thoracis und Haar bei Mastochsen und -bullen. Vortragstagung der DGfZ/GfT, 25.-26.09.2025 in Rostock

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2026).
Mast von Ochsen der Rasse Deutsche Holstein in einem silvopastoralen Haltungssystem: Erste Ergebnisse zur Mastleistung und Fleischqualität. 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 03.-06.03.2026 in Bonn (angenommen)

Poster

Krebs, T., Boldt, A., Wulf, R., Maak, S., Barth, K. (2026).
Fattening of German Holstein steers in a silvopastoral system: first results on performance and meat quality. IAHA-Konferenz 2026, 28.-30.04.2026 in Frick, Schweiz (angenommen)

Geplante Veröffentlichungen

Die im Teilprojekt erhobenen Datensätze sollen nach Abschluss der laufenden statistischen Auswertungen in internationalen, referierten Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

3.1.12. Durchführung (LfL)

Zitierweise: Brockamp J, Lorenzini I, Haidn B (2026) AG2 Mast. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 166 - 220.

Deutschland ist nach Frankreich der zweitwichtigste Produzent von Rindfleisch in der EU (BZL, 2025). Mit einem Produktionswert von 4,8 Milliarden Euro belegte die Rindfleischerzeugung 2024 Platz fünf unter den bedeutendsten landwirtschaftlichen Produktionszweigen in Deutschland (BZL, 2024). Fast die Hälfte des deutschen Rindfleischs stammt von Jungbullen. Die Zahl der 2024 gewerblich geschlachteten Rinder blieb im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich um 0,1 % auf 3 Millionen Tiere. Die produzierte Fleischmenge stieg jedoch um 1,2 % auf 1 Millionen Tonnen, was auf höhere durchschnittliche Schlachtgewichte zurückzuführen ist (Destatis, 2025). Die Gesamtzahl an männlichen Mastrindern im Alter von mehr als einem Jahr betrug im Mai 2025 rund 880 400 Tiere (Agethen und Deblitz, 2025). Wichtige Regionen der Bullenmast sind Niedersachsen, Bayern und Nordrhein-Westfalen. Nach Angaben des Thünen-Instituts für Betriebswirtschaft halten deutsche Bullenmastbetriebe durchschnittlich zwölf Tiere und gehören damit im europäischen und globalen Vergleich eher zu den kleineren Strukturen. Drei Viertel aller Betriebe bewirtschaften sogar weniger als zehn Bullen.

Die Haltungsbedingungen in der intensiven Rindermast sind weitgehend vereinheitlicht. Üblicherweise leben die Tiere in Gruppenbuchten mit sechs bis acht Rindern auf Vollspaltenboden mit oder ohne Gummiauflagen. Studien zeigen, dass Rinder als sogenannte „Weichbodengeher“ elastische Gummiböden gegenüber Beton deutlich bevorzugen (Platz et al., 2007; Platz et al., 2008). Eine Alternative zu Vollspaltenbuchten stellen Haltungssysteme mit Tretmist bzw. Zweiflächenbuchten, bei denen eine eingestreute Liegefläche mit einer planbefestigten Fressfläche kombiniert wird, dar.

Tiere, die in Betonspaltenbuchten gehalten werden, zeigen signifikant höhere Werte für durch die Haltungsbedingungen verursachte Schäden an Haut und Gelenken als Tiere, die in Zweiflächen oder Mattenbuchten gehalten werden (Zerbe et al, 2008). Rinder, die in Vollspaltenbuchten gehalten werden, haben nicht nur eine höhere Wahrscheinlichkeit, Verletzungen und Veränderungen der Haut an den Gelenken zu entwickeln, sondern haben auch ein erhöhtes Risiko aufgrund von Lahmheiten und Pathologien am Bewegungsapparat vor Ende der Mastperiode geschlachtet zu werden im Vergleich zu Rindern, die in Tretmistbuchten gehalten werden (Rouha-Mulleder et al., 2012; Brscic et al., 2015). Rinder, die in Tretmistbuchten gehalten werden, zeigen weniger Verhaltensveränderungen als Tiere, die in Beton- oder Gummispaltenbuchten gehalten werden, was für einen höheren Grad an Tierwohl in dieser Haltungsform spricht (Schulze Westerath et al., 2004; Rouha-Mulleder et al., 2012).

Im Rahmen der folgenden Versuche sollte untersucht werden, ob eine Verbesserung des Tiererwohls und dadurch gesellschaftlicher Akzeptanz mit geringen Mitteln anhand von Anpassungen der Haltung von Mastrindern möglich ist. Außerdem sollte ein digitales und automatisches Tool entwickelt werden, um mehr Wissen über das Verhalten von Mastrindern in verschiedenen Haltungsformen zu erlangen.

a) Arbeitspakete

Haltungsanpassung der intensiven Mastrinderhaltung zur Verbesserung des Tierwohls

An die Haltung von Mastrindern werden zunehmend höhere Anforderungen hinsichtlich Tierwohl gestellt (vgl. Bayerische Rindermastleitlinie (2022), [Haltungsformen.de](https://www.haltungsformen.de)). Ursprünglich sollten die sehr unterschiedlichen Gegebenheiten auf den Versuchsbetrieben der Projektpartner (hier: Bullenmaststall der Bayerischen Staatsgütern in Grub) im vorliegenden Arbeitspaket genutzt werden, um die Vielfalt der Lösungsansätze zu präsentieren. In den Versuchsanstellungen mit Einflächenbuchten sollte die EFSA-Empfehlung als Mindestflächenangebot umgesetzt werden (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2012). Für die Versuchsanstellungen mit Zweiflächenbuchten sollten die Vorgaben der EU-Öko-VO bzw. der Einstiegsstufe der Mastrinderrichtlinie des deutschen Tierschutzbundes (2021) als Mindestflächenangebot umgesetzt (ab 500 kg 1 m² pro 100 kg LM, davon mindestens 50 % Liegefläche) (VO (EU) 2018/848; Deutscher Tierschutzbund, 2021).

Die LfL hatte vor, in Zusammenarbeit mit den Bayerischen Staatsgütern deshalb die Haltungssysteme Vollspaltenbucht als beispielgebende Lösung anzupassen. Am Standort Grub sollte im Bereich der Vollspaltenbodenbuchten der Anbau von Ausläufen an jede Bucht realisiert werden. Gegenstand der Untersuchungen wäre die Auswirkung des höheren Platzangebots pro Tier sowie das Erleben von Außenklimareizen auf das Tierwohl, die Tiergesundheit und die Leistung der Tiere, sowie das Management der Ausläufe gewesen.

Der ursprüngliche Versuch sollte während der 2. Förderphase, vom 01.08.2022 bis 31.07.2025 durchgeführt werden. Der Versuchsplan sah vorerst die Vorplanungsphase, die Versuchsplanung, die Auswahl des Planers, die Planung der Ausläufe und einen ersten Mastdurchgang mit Einstellung der Kontrollgruppe auf Spaltenboden vor. Im Projektjahr 2023 sollte der Eingabeplan eingereicht werden und die Datenerhebung zur ersten Kontrollgruppe auf Spaltenboden sowie im Tretmiststall mit integriertem Auslauf erfolgen. Die Entwicklung einer Methode zur automatischen Bildanalyse sollte ab Juli 2023 erfolgen, während der Umbau der Außenanlagen der Vollspaltenbuchten ab Herbst 2023 und der Umbau der Buchteneinrichtung ab Januar 2024 durchgeführt werden sollte. Mit dem zweiten Mastdurchgang sollte die erste Datenerhebung der Versuchsgruppe ab Januar 2024 erfolgen. Die Versuchsauswertung, Datenauswertung und Berichterstellung sollten bis 31.07.2025 abgeschlossen werden.

Ziel des Umbaus des Stalles und der darauffolgenden Datenerfassung wäre die Erfassung und Beschreibung von Erfahrungen bei der Planung und Durchführung der Baumaßnahme sowie die Formulierung von Empfehlungen und Hinweise für die Praxis gewesen. Zusätzlich sollten Leistungsdaten (Futtermenge, Anzahl der Mahlzeiten, Fressdauer) über automatische Wiegetröge erfasst werden. Die Zunahmen der Tiere über den Mastverlauf sollten durch monatliches Wiegen der einzelnen Tiere erfolgen.

Die dem Tierverhalten, der Tiergesundheit, der Tierhygiene und dem Tierwohl betreffenden Fragestellungen sollten mithilfe von Kameras, sowie Pedometer der Firma ENGS Dairy Solutions bearbeitet werden. Insbesondere sollten die Buchtenauslastung (Flächennutzung beim Liegen in der Bucht und im Auslauf sowie Interaktionen zwischen den Tieren), Haut- und Gelenksschäden, Abgänge, die Beurteilung potenzieller Hygiene- und One-Health-Auswirkungen und eine Begleitende Evaluation der Tierwohlsituation erfolgen. Zusätzlich sollten Klimadaten (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Wind, Niederschlag, Solarstrahlung / Globalstrahlung) sowie parallel dazu Parameter zur Hitzebelastung, z.B. Atemfrequenz, erfasst werden.

Nach Planung und Kostenschätzung der Ausläufe zeigte sich allerdings, dass eine Umsetzung im Rahmen des Projektes nicht realisierbar war. Deshalb wurde die Zielstellung dahingehend geändert, dass die vergleichenden Untersuchungen im Vollspaltenbodenstall (Kontrollgruppe)

und im vorhandenen Tretmiststall mit integriertem Auslauf (Versuchsgruppe) durchgeführt werden und der Schwerpunkt des Arbeitspakets auf die Entwicklung der Methodik zur automatischen Verhaltensanalyse bei Mastbullen gelegt wurde.

Einsatz eines Computer-Vision-Systems zur automatischen Erfassung des Verhaltens von Mastbullen in Spalten- und Tretmistbuchten

Rinder sind Tiere der Gattung *Bos Taurus* und bewegen sich unter Aufwand von Energie durch den dreidimensionalen Raum, um ihre Ziele in einer gewissen Zeit zu erreichen (Warren, 2009). Bewegungen dieser Art zur Erhaltung eines großen Organismus erfordern ein hochentwickeltes Nervensystem und ein leistungsstarkes Gehirn um die vielfältigen sensorischen Einflüsse der Umwelt ausreichend zu erfassen und diese zu verarbeiten (Ballarin et al., 2016; Warren, 2009). Die Psyche der Tiere ist insofern ebenfalls über einen langen Zeitraum in dessen Struktur und Funktion, auf die ebenso komplexen evolutionären Drücke der erlebten Umwelt angepasst (Anderson und Perona, 2014). Das Verhalten der Tiere kann somit, unter anderem, als ein schneller Adaptions-Mechanismus verstanden werden, welcher es Tieren ermöglicht sich an verändernde Umwelten anzupassen (Anderson und Perona, 2014).

Ein Unterschied zu Anpassungen von Organismen in der freien Natur ist, dass das Hausrind durch seine Domestikation durch den Menschen eine gerichtete Evolution erfahren hat. Menschen haben die Lebensumwelt der Tiere und die Tiere an sich zielgerichtet verändert, um ihre eigene energetische Selbsterhaltung sicherzustellen und andere Ziele zu erreichen (Fraser, 1983). In der Geschichte fand so eine Coevolution der Haltungsumwelten und der Tiere statt, welche wiederum eigenen Bedingungen, wie verschiedenen kulturellen, geografischen oder ökonomischen Einflüssen und auch der jeweiligen persönlichen Einschätzungen des Tierhalters, unterworfen sind. All dies hat zu modernen Haltungssystemen geführt, welche in deren Beschaffenheit und in deren Aufbau variieren, aber sich trotz dessen in ihren grundsätzlichen systematischen Ausrichtungen ähneln.

Um mögliche negative Eigenschaften von verschiedenen modernen Haltungssystemen, bezüglich des multidimensionalen Konzeptes „Tierwohl“ zu identifizieren und daraufhin ggf. zu korrigieren, werden tierbezogene Indikatoren benötigt, um physische und psychologische Schäden an den Tieren zu erfassen und auf ihren Ursprung zurückzuführen (Brinkmann et al., 2020). Da die Tiere ihre Bedürfnisse nicht direkt vermitteln können und die Expression ihrer Bedürfnisse in Form des Verhaltens langwierige Beobachtung beinhaltet (Anderson und Perona, 2014), ist es sehr aufwändig negative Einflüsse auf die psychische Gesundheit der Tiere klar zu identifizieren. Da nun das Verhalten der Tiere, als Ausdruck der Psyche der Tiere wahrgenommen werden kann, besteht dennoch die Hoffnung durch eine detaillierte Kenntnis von Verhaltenseigenschaften Rückschlüsse auf das Tierwohl und die Eigenschaften der Haltungsumwelt zu generieren (Banhazi und Tschärke, 2016).

Wenn das Verhalten beobachtet wird, werden Verhaltensweisen von Tieren in der Verhaltensforschung, systematisch und anhand von zuvor festgelegten grundlegenden Kriterien, beschrieben (Anderson und Perona, 2014). Die resultierende numerische Beschreibung erlaubt den Einsatz von verschiedenen statistischen Werkzeugen. In dieser Form und speziell auch in der Kombination mit weiteren Daten, können so bisher verdeckte Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Verhaltensausrägungen und der Umwelt aufgeklärt werden (Anderson und Perona, 2014).

In der wissenschaftlichen Forschung wird seit vielen Jahren mit Videos an der Verhaltensanalyse gearbeitet. Derzeit ist es noch ein sehr großer Aufwand verbunden, Tiere mit ausreichender Genauigkeit einer längerfristigen ethologischen Untersuchung zu unterziehen, (Banhazi

und Tschärke, 2016; Anderson und Perona, 2014). Dies hat eine Reihe von Ursachen, welche sich nach Anderson und Perona (2014) wie folgt zusammenfassen lassen. Die Bewertung von Verhalten durch menschliche Beobachter ist auch unter Verwendung von Computern und Computerprogrammen langsam, ungenau und subjektiv, außerdem eindimensional sowie durch das menschliche visuelle System und durch Sprache begrenzt (Anderson und Perona, 2014). Besonders das Auftreten von einer starken Variabilität zwischen verschiedenen Beobachtern bei der tendenziell intuitiven Bewertung von Bewegungen und dem Verhalten stellt sich hier als große Hürde dar (Banhazi und Tschärke, 2016; Anderson und Perona, 2014). Auswertungen von komplexen Verhaltensweisen erweisen sich auch bei gleichbleibendem Beobachter als fehleranfällig. Zusammenfassend bringt die Abhängigkeit von menschlicher Beobachtung zur Bewertung von Verhalten signifikante Einschränkungen mit sich.

Auch in der landwirtschaftlichen Praxis haben daher digitale und teilweise digitale, automatische Systeme (sogenannte Assistenzsysteme) Einzug gehalten, welche den Menschen bei der Verhaltensbeobachtung bei Tieren entlasten. Ein klassisches und auch weit verbreitetes Beispiel stellen Aktivitätssensoren an den Tieren dar, welche es dem Anwender anhand der Analyse von Daten aus den eingebauten dreidimensionalen Beschleunigungssensoren, beispielsweise die Brunsterkennung von weiblichen Tieren in einer Herde erleichtern (Noack, 2024). Eine andere Form der digitalen Assistenzsysteme in der Rinderhaltung stellen Ortungssysteme dar. Diese können in großen Betrieben zur Lokalisierung von einzelnen Tieren genutzt werden, ermöglichen aber zum Teil auch eine Verhaltensanalyse. Bei den am Tier befestigten Ortungssystemen bestehen im Sinne der Verhaltensforschung je nach System gewisse technikbedingte Auflösungseinschränkungen, welche sich temporal, räumlich und in der Detailerkennung manifestieren und so Limitierungen bei Auswertungen aufweisen. Beispielsweise ermöglicht eine Ortung oft keine Aussagen über physischen Kontakt, schnelle Reaktionen und spezielle aussagekräftigen Verhaltensweisen wie trinken und fressen. In der Praxis ist es darüber hinaus schwierig solche Sensoren beispielsweise an schnell wachsenden Mastbullen sicher anzubringen und diese kontinuierlich in einem funktionstauglichen Zustand zu bewahren und Verletzungen bei den Tieren (z. B. durch Einschneiden von Halsbändern und Pedometerbändern) zu vermeiden.

Vor diesem fachlichen Hintergrund, also der Tiergesundheit, dem Tierwohl, dem aktuellen Stand der Technik in der verhaltensbiologischen Forschung, besteht ein Bedarf für moderne Technologie, welche es ermöglicht deutlich größere Datenmengen zu analysieren und ein tieferes Wissen über das Verhalten von Tieren in unterschiedlichen Haltungssystemen über einen längeren Zeitraum zu gewinnen.

Computer Vision, auch Maschine Vision genannt, ist der englische Überbegriff für das sogenannte computerbasierte Sehen. Computer Vision ist als wissenschaftliches Feld dem Bereich Artificial Intelligence, (AI) und Deep-Learning (DL) zuzuordnen (Alsakka et al., 2023). Ziel der Computer Vision ist es, die von Kameras aufgenommenen Bilder so zu verarbeiten, dass Informationen extrahiert werden können.

Computer Vision wird im ethologischen Kontext bereits in Bereichen wie zum Beispiel in Laboren der Medizinforschung und seit einigen Jahren auch in der ethologischen Forschung erprobt und eingesetzt (Banhazi / Tschärke 2016; Branson et al. 2013).

Im Kontext vom Verbundprojekt „InnoRind“ wurde angestrebt den Bildinhalt von Videoaufnahmen der Tiere aus dem Bullenmaststall in Grub Verhaltenskategorien zuzuordnen und tierbezogene geometrische Informationen aus dem Bildmaterial zu erheben, zu verarbeiten und darzustellen. Des Weiteren sollten erste Kenndaten hinsichtlich der Präzision des Systems erhoben werden und Haupteinflussfaktoren auf diese Genauigkeit herausgearbeitet werden. In der konkreten Entwicklung sollten verschiedene technische Hürden ausgelotet und verschiedene Lösungsmöglichkeiten auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden.

Ursprünglich war es vorgesehen, das ganze System zur Videoanalyse an der LfL aufzubauen, um Kompetenzen in diesem Bereich zu fördern und auszubauen. Aus IT-Sicherheitsgründen war es jedoch leider nicht möglich, dieses System mit allen Bestandteilen im IT-Konzept der LfL zu integrieren. Daher sollten nur das Kamera- und Speichersystem an der LfL betreiben werden, während die Rechenarbeiten an einem externen Dienstleister vergeben werden sollten. Anhand eines Vergabeverfahrens wurde die Fa. Wolution GmbH als geeigneter Dienstleister identifiziert und mit der Entwicklung eines Algorithmus zur automatischen Verhaltensanalyse bei Mastbullen beauftragt.

Die Wolution GmbH & Co. KG wurde 2016 in München gegründet und unterstützt seitdem wissenschaftliche Einrichtungen bei der Auswertung von Bild- und Videodaten. Der fachliche Schwerpunkt liegt dabei auf Anwendungen im landwirtschaftlichen und medizinischen Umfeld. Zu den Kunden im landwirtschaftlichen Bereich zählen unter anderem das Friedrich-Loeffler-Institut, die Universität Hohenheim, die Hochschule Osnabrück, das FBN Dummerstorf sowie das Julius-Kühn-Institut. Darüber hinaus arbeitet Wolution seit 2016 in verschiedenen Projekten mit dem Bayerischen Landesamt für Landwirtschaft zusammen.

Ziel der Wolution GmbH & Co. KG ist es, aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Bereich der maschinellen Lernverfahren und der computerbasierten Bildverarbeitung in praxisnahe Anwendungen zu überführen. Begünstigt wird dies durch die enge Anbindung an die Wissenschaft, insbesondere durch den Gründer Prof. Dr. Moritz Münchmeyer und seine Forschungstätigkeit an der University of Wisconsin (USA).

Im Bereich der automatisierten Tiererkennung entwickelt Wolution seit 2021 das System *AnimalVision*, ein kamerabasiertes Überwachungssystem für die kontinuierliche Analyse von Stallumgebungen. In diesem Kontext wurden Projekte in der Schweine-, Geflügel- und Rinderhaltung realisiert, bei denen Ställe mit Kamerasystemen von bis zu 33 Einzelkameras ausgestattet wurden. Der Fokus der Auswertung liegt auf der Echtzeit-Bewegungsanalyse, um belastbare Indikatoren zur objektiven Bewertung und Verbesserung des Tierwohls bereitzustellen.

Das Ziel war eine automatisierte Einzeltiererkennung mit stabiler Identifikation der Tiere über die Zeit. Das System setzte sich weiterhin aus drei Bausteinen zusammen: der örtlichen Tiererkennung inkl. Haltungsklassifizierung (im Falle dieses Versuches „stehen“ oder „liegen“), der Tieridentifikation und der Tierverfolgung über die Zeit.

Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurden Verhaltensbeobachtungen durchgeführt, die vor allem darauf ausgerichtet waren, die besonders komplexen Interaktionen zwischen den Tieren zu beschreiben und zu dokumentieren. Anhand der Auswertungen wurden relevante Verhaltensweisen (beispielsweise Aggressionsverhalten und andere soziale Interaktionen) identifiziert, definiert und kategorisiert. Obwohl die Definition und Untersuchung solcher Verhaltensweisen wichtig für den Entwicklungsprozess waren, konnten aus Zeitgründen nur die Grundverhalten „stehen“ und „liegen“ im Algorithmus als Ausgangswerte aufgenommen werden. Die weiteren beobachteten und definierten Verhaltensweisen könnten allerdings bei einer möglichen zukünftigen Weiterentwicklung des Systems eingesetzt werden, um das Wissen über komplexere soziale Interaktionen zwischen Mastbullen zu erweitern.

Nachdem die Konzeptentwicklung abgeschlossen war, wurden die parallel dazu entwickelten Systemteile der Computer-Vision mit der Fa. Wolution gemeinsam validiert bzw. auf Fehler überprüft. Gefundene Fehler bzw. Schwächen des Algorithmus wurden daraufhin ausgewertet, deren individuellen Ursachen möglichst identifiziert und in einem kontinuierlichen Austausch nachgebessert. Dieser Vorgang wurde bis zur Fertigstellung des austrainierten Systems Ende des Jahres 2025 kontinuierlich weiterverfolgt.

Um die Genauigkeit des Systems bezüglich der Unterscheidung zwischen dem Verhalten „liegen“ und dem Verhalten „stehen“ in beiden Versuchsställen zu validieren, wurden durch manuelle Verhaltensbeobachtung Annotationstabellen über die zwei Verhaltensweisen über einen Zeitraum von insgesamt 48 Stunden für die Tiere in den Vollspaltenbuchten sowie die in den Tretmistbuchten angefertigt. Hierzu wurden die Verhalten erst definiert, um eine möglichst objektive Beurteilung zu ermöglichen. In einem zweiten Schritt wurden die Annotationen dem automatisch erzeugten Datensatz gegenübergestellt und die zeitliche Überlappung der einzelnen Verhalten überprüft.

Stallklima

Um Unterschiede der Bauweise der Stallsysteme aus stallklimatischer Sicht zu beleuchten, wurde angestrebt, Stallklimadaten aus allen im Projekt bearbeiteten Versuchsdurchgängen zu erheben. Es wurden zu diesem Zweck über die Projektphase entsprechende Klimasensoren zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, im Stallgebäude installiert.

Arbeitswirtschaft

Im Rahmen des Verbundprojektes wurde eine Zusammenarbeit mit dem Thünen-Institut zum Thema Arbeitswirtschaft vereinbart. Daten aus den Versuchen im Mastbullenstall in Grub wurden an das ansässige Institut für Betriebswirtschaft übermittelt. Da es bei einer probeweisen Aufzeichnung im Gruber Bullenstall zu erheblichen täglichen Schwankungen der Arbeitszeit kam wurde je Datenaufzeichnung ein Zeitraum von einer Woche gewählt, um die Arbeitszeiten eines Versuchsbetriebs realistisch abbilden zu können.

Arbeitssicherheit

Im Zuge der Stallbauplanung wurde deutlich, dass Fragestellungen zum Thema Arbeitssicherheit beim Vergleich der zwei Haltungssysteme (Vollspalten und Tretmist) ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

Das BMAS (2024) gab im „Unfallverhütungsbericht Arbeit“ für das Jahr 2023 an, dass die landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft mit 45 Unfällen je 1.000 Personen die höchsten Arbeitsunfallraten verzeichnete, wobei die Zahlen nach den verschiedenen Unfallversicherungsträgern differenziert wurden. Die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) meldete für das Jahr 2023 insgesamt 124.895 Arbeitsunfälle, von denen 57.608 zu mehr als drei Tagen Arbeitsunfähigkeit oder zum Tod führten (SVLFG 2024; dass. 2025).

Im direkten Kontakt zu Bullen, sind in Jahr 2023 insgesamt 337 meldepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet worden (dass. 2025). Weitere 404 meldepflichtige Arbeitsunfälle sind 2023 in Verbindung zu der Kategorie „Rindvieh ohne nähere Angabe, auch Mastvieh“ verzeichnet worden, welches ebenfalls Unfälle mit Mastbullen beinhalten kann (dass. 2025).

Im Jahr 2023 wurden vier Personen durch Bullen tödlich verletzt (dass. 2025). Von diesen vier Personen wurden zwei in einem Laufstall und je eine Person in Boxen für Zucht-/Deckbullen und im Rinderstall (ohne näheren Hinweis) tödlich verletzt (dass. 2025).

Im Umgang mit Rindern in der Praxis wird die Gefährdungs- und Risikobeurteilung, sowie das anschließende Risikomanagement in der Regel intuitiv und auf der Basis von Erfahrung durchgeführt (Tone / Irwin 2022). Neben der individuellen Gefährdungs- und Risikobeurteilung spielt auch die Bereitschaft Risiken einzugehen eine große Rolle (Elkind 2007; Lindahl et al. 2012). In einem komplexen Arbeitsumfeld, das von Stress, sich schnell ändernden Bedingungen und

unvorhersehbarem Tierverhalten geprägt ist, können Augenscheinlich kleine Fehleinschätzungen ernste Konsequenzen für Betroffene haben (Elkind 2007; Lindahl et al. 2012; Tone / Irwin 2022). Nach Aussagen der SVLFG (2021) berichten Betroffene häufig, dass der Bulle bis zum Unfall unauffällig gewesen sei, welches die unvorhersehbare Natur solcher Situationen und auch besonders die unvorhersehbare Natur der Bullen deutlicher macht.

Um einen Eindruck zum Thema Arbeitssicherheit im Gruber Mastbullenstall zu gewinnen, wurde die subjektive Wahrnehmung der Mitarbeiter zu den verschiedenen Buchtentypen abgefragt und ausgewertet. Ziel dieser Erhebung war es, sowohl die Wahrnehmung der Stallmitarbeiter als auch die objektiven Gefährdungen in der Arbeitsumgebung in den zwei Stallsystemen zu erfassen und zu bewerten.

Im Rahmen eines Projektes der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) zum Thema Arbeitssicherheit konnte eine Augmented-Reality-Brille (AR-Brille, auch Kuh-Brille genannt) im Stall verwendet werden. Erkenntnisse aus der Verwendung der AR-Brille und Erfahrungen aus dem Projektverlauf selbst flossen ebenfalls in die Bewertung der Arbeitssicherheit mit ein.

b) Material und Methoden

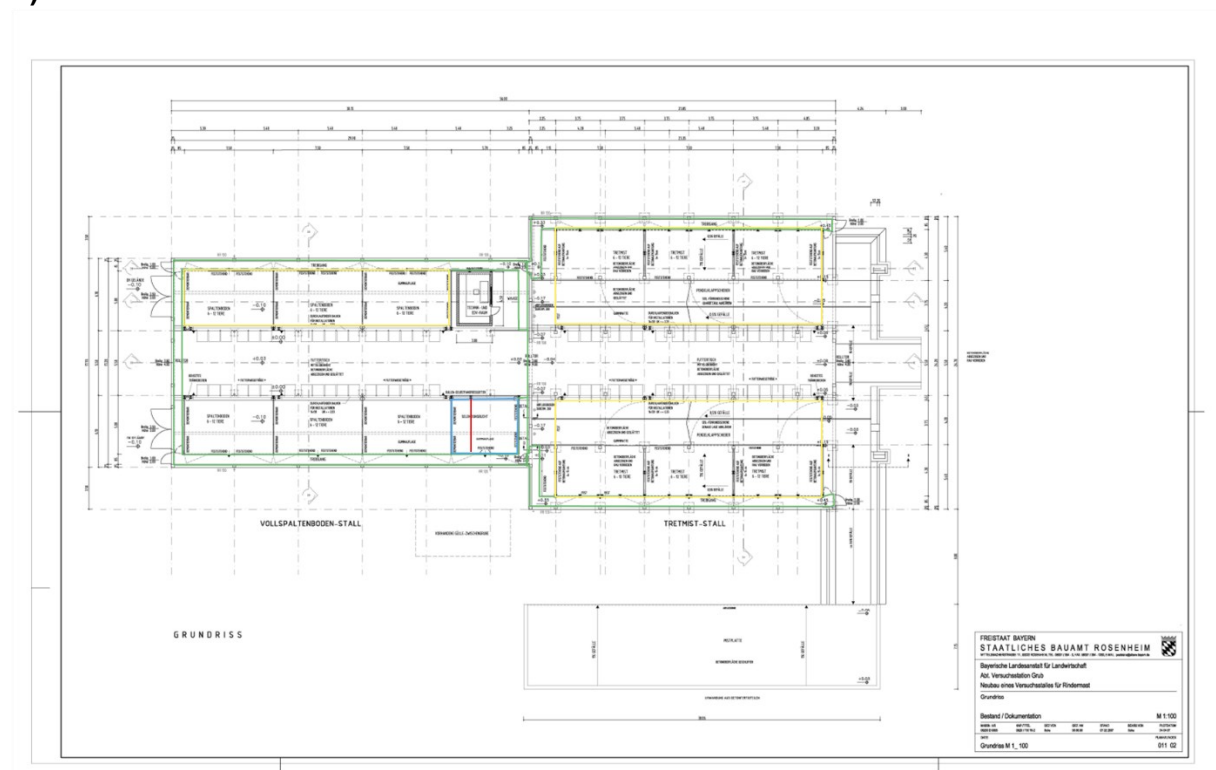


Abbildung 74: Bauplan des Gruber Mastbullenstalls. Grün – Treibgänge, Gelb – Buchtenbereiche, Blau – Krankenbucht, Rot – Trenngatter Krankenbucht.

Der Mastbullenstall in Grub befindet sich auf dem Betriebsgelände des Versuchs- und Bildungszentrums für Rinderhaltung der Bayerischen Staatsgüter. In westlicher Richtung (S-W-W) befindet sich der Tretmiststall mit integriertem Auslauf (siehe Abb. 75). Die Dachfläche ist oberhalb des innenliegenden integrierten Auslaufs auf voller Länge geöffnet. Entmistet wird der Tretmiststall über den planbefestigten, vollgummierten Auslauf mit einem automatisch laufenden, asymmetrischen Schiebersystem. Der Abtransport des Mists auf die anliegende Mistplatte südlich des Stalls erfolgt über einen giebelseitig verbauten Kettenförderer-Schacht. In dem Stallteil befinden sich wie auch im Vollspaltenbereich sechs Buchten. Die Buchten im Tretmistbereich verfügen über eine halbseitige Buchtentrennung zwischen den zwei Funktionsbereichen (Auslauf/Futtergang und Liegebereich) verfügen.



Abbildung 75: Eine Bucht im Tretmiststall mit integriertem Laufhof

In östlicher Richtung (N-O-O) befindet sich der unterkellerte Vollspaltenbuchtenstall (siehe Abbildung 76). Die Dachfläche ist über die Stallfläche geschlossen. Der Spaltenbereich ist vollständig gummiert. In diesem Bereich befindet sich auch das Stallbüro und die fest verbaute Tierwaage in Richtung Stallmitte auf der Nordseite. Auf gleicher Höhe befinden sich auf der Südseite die Krankenabteile für den gesamten Stall.



Abbildung 76: Vollspaltenbucht im Gruber Mastbullenstall

In beiden Stallsystemen sind die Seitenwände halb offen und verfügen über einen Witterungsschutz, welcher sich über eine zentrale Steuerung schließen lässt. Jede Bucht ist mit einem Treibgang versehen sowie zwei Tränken, zwei Personenschlüssen und jeweils sechs Wiegetrögen.

Der Gruber Mastbullenstall ist durch seine spezielle Ausstattung (automatische Wiegetröge und Tierwaage) hauptsächlich für die Beantwortung von Versuchsfragen zur Tierernährung optimiert. Die Planung und Verteilung der Rationen sowie die Beschaffung der Tiere ist daher durch die Arbeitsgruppe „Rinderfütterung“ des Instituts für Tierhaltung, Tierernährung und Futtermittelwirtschaft vorgenommen worden.

Versuchsdurchgänge

In Tabelle 36 ist eine Übersicht der Angaben zu den Mastdurchgängen im Versuch dargestellt.

Tabelle 36: Übersicht der einzelnen Mastdurchgänge im Versuch

Durchgangsnummer	Bucht-nummer	Haltungsform	Mast von	Mast bis	Anzahl Tiere
R563	7-12	Vollspalten	12.2022	12.2023	60
R565	1-6	Tretmist	07.2023	05.2024	72
R570	7-12	Vollspalten	12.2023	03.2025	60
R573	1-6	Tretmist	12.2024	11.2025	72

Durchgang R563:

Die Tiere im Durchgang R563 waren nicht nur Teil des Versuchs im Rahmen vom Projekt „InnoRind“, sondern waren gleichzeitig Teil des Versuchs der Arbeitsgruppe „Rinderfütterung“ zum Einsatz von Futterharnstoff bei Mastbullen bei unterschiedlicher Belegungsdichte der Buchten.

Die erste Kontrollgruppe R563 bestehend aus 60 Fleckviehtieren wurde in insgesamt sechs Buchten mit unterschiedlicher Belegungsdichte zwischen dem 20.12.2022 und dem 15.11.2023 untersucht. Die Aufteilung auf 6 Untergruppen (2 Futtergruppen mit je 8 bzw. 10 oder 12 Tieren pro Bucht) erfolgte nach Alter, Lebendmasse, Zuwachs und Futteraufnahme unter Einbindung der Herkunft (Vater bzw. Fleischwert). Im Versuch R563 wurden die zwei Rationstypen, „Kontrolle“ und „Harnstoff“, verfüttert. Alle Fütterungsgruppen wurden über totale Mischrationen versorgt, die täglich einmal angemischt und vorgelegt wurden. Die Rationsgestaltung erfolgte nach den LfL-Empfehlungen zur dreiphasigen Mast. Die Ration der Kontrollgruppe enthielt Rapsextraktionsschrot. Diese wurde in der Versuchsgruppe durch Harnstoff und Trockenschnitzel ersetzt. Für den Versuch wurde der Kraftfutteranteil der Rationen auf 40 % der TM beschränkt. Der Energiegehalt der Rationen (Anfangsmast) lag deshalb auf Grund der damaligen Maissilage-Qualität mit 11,5 MJ ME/kg TM niedrig.

In Tabelle 37 ist die Zusammensetzung der verschiedenen Rationen für den Mastdurchgang R563 dargestellt.

Tabelle 37: Zusammensetzung der verschiedenen Rationen für die Versuchs- und Kontrollgruppe des Mastdurchgangs R563

	Anfangsmast		Mittelmast		Endmast	
Anteil TM %:	Kontrolle	Harnstoff	Kontrolle	Harnstoff	Kontrolle	Harnstoff
Maissilage	51,9	51,9	57,8	57,1	74,3	74,4
Maiskornsilage	5,54	5,53	9,95	9,83	-	-
Weizen	2,64	2,64	2,69	2,66	1,86	1,86
Körnermais	8,55	8,54	8,7	8,6	2,79	2,79
Trockenschnitzel	2,69	11,4	2,74	11,5	1,81	9,86
Rapsöl	2,08	2,28	2,11	2,3	0,46	0,79
Mineral/Salz/CaCO ₃	1,63	1,63	1,66	1,64	1,09	1,09
Rapsextraktionsschrot	24,9	15,2	19,3	10,4	17,7	8,4
Futterharnstoff	-	0,9	-	0,83	-	0,86
	*in % der TM					
Inhaltsstoff, je kg TM						
XP, g	139	139	126	126	121	121
ME, MJ	11,6	11,6	11,4	11,4	11,5	11,5
ADFom, g	198	192	222	216	188	182
aNDFom, g	326	322	351	348	338	334
Stärke + Zucker, g	315	321	335	338	356	362

Durchgang R565:

Die Tiere im Durchgang R565 waren nicht nur Teil des Versuchs im Rahmen vom Projekt „InnoRind“, sondern waren gleichzeitig Teil des Versuchs „Einfluss variierender Anteile von siliertem Birtreber in der Ration auf Futteraufnahme und Leistung in der Mast von Fleckviehbullen, im Tretmiststall mit integriertem Auslauf“.

Die Versuchsgruppe des Versuchs R565 mit seinen 72 Versuchstieren war zwischen dem 08.07.2023 bis zum 15.05.2024 im Tretmiststall mit integriertem Auslauf aufgestellt. Die sechs Buchten waren jeweils mit 12 Versuchstieren belegt. Das durchschnittliche Anfangsgewicht der Tiere betrug 231 kg. In zwei der Buchten waren jeweils zwei Videokameras zur Aufzeichnung des Tierverhaltens im Einsatz.

Die Aufteilung auf 3 Fütterungsgruppen erfolgte nach Alter, Lebendmasse und Herkunft (Vater, bzw. Fleischwert). Alle Fütterungsgruppen würden über totale Mischrationen versorgt, die täglich einmal angemischt und vorgelegt wurden. Die Fütterungsgruppe 1 erhielt eine Ration ohne Birtrebersilage. Die TMR der Gruppen 2 und 3 enthielten im Mittel der Mast 10,6 bzw. 18 % der TM Birtrebersilage. Die Rationen wurden in 3 Phasen an den Bedarf der Tiere angepasst, im Mastverlauf stieg der Anteil an Birtreber an den Rationen an.

Der Anteil an Birtreber wurde in der ersten Versuchswoche schrittweise angehoben. In Tabelle 38 ist eine Übersicht der Rationen von Mastdurchgang R565 dargestellt.

Tabelle 38: Zusammensetzung der Ration der Kontroll- und Versuchsgruppen des Mastdurchgangs R565 im Gruber Mastbullenstall.

	Rationen		
Futtermittel	Kontrolle	Biertreber I	Biertreber II
Maissilage	54,7	54,8	55
Biertrebersilage	0	10,6	18
Körnermais	10	8,2	7
Maiskornsilage	8,3	8,3	8,3
Rapsöl	0,8	1	0,9
Trockenschnitzel	8,6	7	5,8
Rapsextraktionsschrot	16,4	8,9	3,8
Futterharnstoff	0	0,02	0,03
Mineralfutter	1,2	1,2	1,2
	*in % der TM		

Durchgang R570:

Die Tiere im Durchgang R570 waren nicht nur Teil des Versuchs im Rahmen vom Projekt „InnoRind“, sondern waren gleichzeitig Teil des Versuchs „Mast- und Schlachtleistung von Bullen der Rassen Fleckvieh und Deutsch-Holstein bei variierendem Energiegehalt der Ration, im Spaltenbereich des Gruber Mastbullenstalls“.

Der Versuch wurde mit 30 Fleckviehbullen und 30 Deutsch-Holsteinbullen und jeweils einem Reservetier je Rasse begonnen. Der Versuch wurde mit einem Anfangsgewicht von durchschnittlich 218 kg Lebendmasse pro Tier durchgeführt. Der Einstellungstermin des Mastdurchgangs R570 war der 30.04.2024. Die letzte Gruppe verließ den Mastbullenstall am 09.04.2025.

Die Aufteilung auf 2 Fütterungsgruppen erfolgte nach Rasse, Alter, Lebendmasse und Herkunft (Vater, bzw. Fleischwert). Alle Fütterungsgruppen werden über totale Mischrationen versorgt, die täglich einmal angemischt und vorgelegt wurden. Fütterungsgruppe 1 sollte eine Ration mit einem Kraftfutteranteil von rund 20 % der TM erhalten. Fütterungsgruppe 2 sollte eine Ration mit einem Kraftfutteranteil von rund 60 % der TM erhalten. Auf Grund der niedrigen Stärke- und Energiegehalte der verfügbaren Maissilagen wurde diese durch Maiskornsilage „aufgewertet“. Die Rationen wurden in 3 Phasen an den im Mastverlauf sinkenden Proteinbedarf der Tiere angepasst. Die Bullen wurden getrennt nach Fütterungsgruppe auf die Boxen verteilt. Innerhalb der Boxen waren die beiden Rassen gleichverteilt. In diesem Versuch wurde neben der 4-wöchentlich erfassten Lebendmasse auch die Rückenfettdicke ab ca. 400 kg Gewicht in einem 3-monatigem Rhythmus gemessen. In Tabelle 39 ist eine Übersicht der Rationen von Mastdurchgang R570 dargestellt.

Tabelle 39: Zusammensetzung der Rationen der zwei Versuchsgruppen des Mastdurchgangs R570 im Gruber Mastbullenstall

	Gruppe	
	ME niedrig	ME hoch
Maissilage, % der TM	77,9	52
Maiskornsilage, % der TM	2,27	7,37
Rapsextraktionsschrot, % der TM	16,9	13,9
Weizen, % der TM	0	7,17
Körnermais, % der TM	0	13,36
Trockenschnitzel, % der TM	0,89	3,83
Rapsöl, % der TM	0,2	0,59
Futterharnstoff, % der TM	0,39	0,39
Mineralfutter, % der TM	1,28	1,38
Konzentrat, % der TM	22	48
Energie- und Nährstoffgehalte:		
ME, MJ/kg TM	11,3	11,9
CP, % der TM	12,7	13
aNDFom, % der TM	33,8	27,7
ST + Zu, % der TM	36,6	44,7

Durchgang R573:

Die Tiere im Durchgang R570 waren nicht nur Teil des Versuchs im Rahmen vom Projekt „InnoRind“, sondern waren gleichzeitig Teil des Versuchs „Einfluss einer variierenden ruminalen N-Bilanz (RNB) der Ration auf Futteraufnahme und Leistung in der Mast von Fleckviehbullen im Tretmiststall mit integriertem Auslauf“.

Der zweite Mastdurchgang, R573 startete im Tretmiststall im am 21.10.2024. Die letzten Tiere des Versuchs haben den Stall am 19.11.2025 verlassen. Die Auswertungen zu den im Versuch bearbeiteten Fragestellungen zur Fütterung und Leistung der Tiere stehen derzeit (Stand 01.2026) noch aus. Insgesamt wurden 72 Fleckviehbullen mit einem Anfangsgewicht von etwa 220 kg Lebendmasse pro Tier aufgestallt.

Die Aufteilung auf 3 Fütterungsgruppen erfolgte nach Alter, Lebendmasse und ggfs. Genotyp. Die TMR wurden in 3 Phasen an den sinkenden CP-Bedarf der Bullen im Mastverlauf angepasst. Fütterungsgruppe 1 erhielt eine „Standardration“ mit Rapsextraktionsschrot (RES) als Hauptproteinträger. Für diese Ration ergab sich bei einem bedarfsorientierten Rohproteingehalt von 14 % der TM in der Anfangsmast eine RNB im Bereich von -20 g/Tag. In der zweiten Fütterungsgruppe wurde RES gegen geschützten RES ausgetauscht. Bei gleichem CP-Gehalt der Ration ergab sich eine RNB im Bereich von -40 g/Tag. In der 3. Gruppe wurde die Ration der Gruppe 1 mit Futterharnstoff bis zum Erreichen einer RNB von 0 g/Tag ergänzt. Diese ergab sich bei einem CP-Gehalt der Ration von 15,7 % der TM. Der Anteil an Futterharnstoff an der Ration wurde in der ersten Versuchswoche schrittweise durch Verschneiden der Kraftfuttermischungen der Gruppen 1 und 3 bis zum Erreichen des endgültigen Anteils gesteigert.

Erfassung von Leistungs-, Gesundheits-, Klima-, Fütterungs- und Ökonomiedaten bei Mastbullen

Futteraufnahme

Die tierindividuelle Futteraufnahme (Menge und Dauer mit Zeitstempeln) im Gruber Mastbullenstall wird durch die am Institut für Landtechnik der LfL entwickelten und im Versuchsstall verbauten automatischen Wiegetröge erfasst. Insgesamt befinden sich im gesamten Stall 72 Wiegetröge. Jede der zwölf Buchten ist mit jeweils sechs Wiegetrögen ausgestattet. Jeder

Wiegetrog verfügt über einen RFID-Scanner, ein automatisch öffnendes und schließendes Tor, einen an wiegearmen aufgehängten Trog aus Glasfaser-kunststoff und eine Steuerungs- und Speichereinheit, welche Oberhalb des Systems verbaut ist. Das System wird zentral vom Stallbüro von einem Hauptrechner gesteuert. Befüllt, entleert und gewartet werden die Wiegetröge vom Stallpersonal der Bayerischen Staatsgüter. Die Daten aus den Wiegetrögen werden in der Form einer CSV-Datei in regelmäßigen Abständen in die InnoRind-Datenbank eingepflegt. Erfasst werden so für jeden Fressvorgang die Tiernummer, der Beginn und das Ende des Besuchs mit Anfangs- und Endgewicht des Futters im Wiegetrog.



Abbildung 77: Automatische Wiegetrögen im Gruber Mastbullenstall

Lebendmassezunahme

In jedem Versuch wird die Lebendmasse der Tiere regelmäßig durch die fest in den Stall integrierte Tierwaage erhoben. Eine Wiegung findet bei der Einstallung statt, sowie zwei Wochen später. Mithilfe dieser Zahlen wird die Aufteilung der Tiere in den Buchten für den Versuch festgelegt. Danach wird die Lebendmasse aller Versuchstiere in einem vierwöchigen-Rhythmus erhoben. Beim Verlassen des Betriebs werden die Tiere zum letzten Mal gewogen, woraufhin die nächsten Wiegunen im Schlachtbetrieb nach der Schlachtung durchgeführt werden.



Abbildung 78: Bulle beim Wiegen während der Versuchsphase

Gesundheitsdaten

Auffälligkeiten bezüglich der Tiergesundheit wurden durch das Stallpersonal zeitnah in ein einem zu diesem Zweck angelegten Stallbuch eingetragen. Wenn Tiere tiermedizinisch behandelt wurden, wurden die einzelnen Behandlungen im Bestandsbuch dokumentiert. Der Arzneimitteleinsatz wurde außerdem mittels der Anwendungs- und Abgabebelege festgehalten. Die Daten wurden zur weiteren Auswertung im Rahmen des „Querschnittthemas Tierhygiene und Antibiotikareduktion“ an das Institut für Tierzucht und Tierhaltung der CAU-Kiel übermittelt.

Stallklimadaten

Sämtliche Bauteile der Klimastation wurden von der Firma Ecowitt bezogen und am 16.10.2024 in Betrieb genommen. Das solarbetriebene Anemometer mit Licht- und UV-Sensor (Typ WS68) wurde in südlich des Bullenstalls auf einem Zaunpfahl fern von Hindernissen und Beschattung angebracht, um die Anströmungsrichtung des Stallgebäudes und die Sonneneinstrahlung zu messen. Außerdem wurden je Stallbereich drei Außenlufttemperatur- und Feuchtigkeitssensoren für Außendaten (Typ WN32) in regelmäßigen Abständen auf einer Höhe von 2,5 m aufgehängt. In der Stallmitte wurde der 5-in-1 Luftqualitätssensor (Typ WH45) in einer Höhe von ebenfalls 2,5 m aufgehängt, welcher PM2.5, PM10, CO₂, Temperatur und Feuchtigkeit misst. Der WLAN- oder LAN-Wi-Fi-Gateway wurde im Stallbüro mit dem Zwischenspeicher verbunden. Eine Funktions- und Plausibilitätsprüfung der Daten erfolgte wöchentlich. Die Daten haben eine zeitliche Auflösung von fünf Minuten. Die Daten der Klimastation wurden auf einer Festplatte am Stall gespeichert und anschließend in die InnoRind-Datenbank übertragen.

Arbeitswirtschaft

Arbeitszeiterfassung

Die Arbeitszeiterfassung wurde anhand vom in Tabelle 40 dargestellten Grundschema durchgeführt, welches grob an die „Neuentwicklung der Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeiten“ der (KTBL-Schrift 11528) angelehnt wurde.

Tabelle 40: Zeitgliederungsschema zur Arbeitszeiterfassung im Projekt InnoRind. Die Codierung der 1. Spalte ist die Finale Form. Sie setzt sich aus der zweiten, dritten und vierten Spalte zusammen.

Codierung				Hauptkategorien	Unterkategorien
110	1	1		Stallmanagement	Tierkontrolle
121	1	2	1	Stallmanagement	Tierbehandlung _ Ohne Tierkontakt
122	1	2	2	Stallmanagement	Tierbehandlung mit Tierkontakt Krankenbucht
123	1	2	3	Stallmanagement	Tierbehandlung mit Tierkontakt Vollbesetzte Bucht
130	1	3		Stallmanagement	Tränken Kontrolle und Reinigung
140	1	4		Stallmanagement	Stallbüro/Organisation
150	1	5		Stallmanagement	Sonstige Arbeiten (Spezialarbeiten)
210	2	1		Vollspalten	Güllemanagement
220	2	2		Vollspalten	Sonstige Arbeiten
310	3	1		Tretmist	Auslaufmanagement (Beton und Schieber)
320	3	2		Tretmist	Einstreuen und Tretmistpflege
330	3	3		Tretmist	Sonstige Arbeiten (Spezialarbeiten)
410	4	1		Wartungsarbeiten [ohne Gülle und Misttechnik]	Allgemeine Arbeiten
420	4	2		Wartungsarbeiten [ohne Gülle und Misttechnik]	Reparaturen
430	4	3		Wartungsarbeiten [ohne Gülle und Misttechnik]	Wartung
510	5	1		Fütterung	Füttern
520	5	2		Fütterung	Wiegetröge Entleeren
530	5	3		Fütterung	Futteranschieben
541	5	4	1	Fütterung	Sonstige Fütterungsarbeiten (Spezialarbeiten)
542	5	4	2	Fütterung	Sonstige Fütterung: Reinigung Futtertisch
543	5	4	3	Fütterung	Sonstige Fütterung: Fütterung Krankenbucht.

Die Datenaufnahme beinhaltete für jeden Arbeitsablauf einer bestimmten Kategorie den Start und die Endzeit, sowie die Erfassung der am Arbeitsgang beteiligten Personenanzahl, ein Beschreibungsfeld, in dem spezielle Arbeiten beschrieben werden konnten und zuletzt auch ein Beschreibungsfeld für Maschinen.

Arbeitssicherheit

Zur Erhebung von Daten zur Arbeitssicherheit im Mastbullenstall wurde die subjektive Wahrnehmung der Arbeitssicherheit anhand eines Fragebogens erfasst, welches im Nachgang einer direkten Bewertung der Gefährdungen in der Arbeitsumgebung gegenübergestellt wurde. Diese Ansätze wurden durch Erfahrungswerte, welche durch den Einsatz einer durch die Hochschule-Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) zur Verfügung gestellten AR-Brille generiert wurden, ergänzt. Zuletzt wurden durch die HSWT und die LfL im Gruber Bullenstall während der monatlichen Wiegungen eine noch nicht veröffentlichte Evaluationsstudie zu einer innovativen Treibhilfe für Mastbullen durchgeführt.

Einsatz eines Computer-Vision-Systems zur automatischen Erfassung des Verhaltens von Mastbullen in Spalten- und Tretmistbuchten

Infrastruktur zur Datenerfassung und -verarbeitung

Für die Datenerfassung wurde ein Netzwerk-Überwachungssystem eingerichtet. Zur visuellen Erfassung der Untersuchungsbereiche wurde ein Videosystem des Herstellers Mobotix AG,

bestehend aus zunächst 8 und später 10 identischen IP-Kameras des Typs MOBOTIX Mx-Q71A-12DN016 eingesetzt. Die Speicherung und Verwaltung der aufgezeichneten Videodaten erfolgte über einen Netzwerk-Speicher-Server (NAS) DS923+ der Firma Synology. Die Mx-Q71 Kameras sind hochauflösende, hemisphärische Netzwerk-Kameras, die kontinuierliche Videoaufnahmen ermöglichen und eine robuste Bildqualität bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen liefern. Jede Kamera unterstützt lokale Speicherung und flexible Netzwerk-Integration. Die Kameras verfügen über die IP-Schutzklasse IP66, welche vollständigen Staubschutz und Schutz gegen starkes Strahlwasser bietet. Sie verfügen über einen horizontalen und vertikalen Bildwinkel von jeweils 180° in dem Hemisphären-Objektiv.

Im Spaltenbereich erhielt jede der sechs Buchten eine Kamera. Die Montage erfolgte jeweils mittig oberhalb der zu erfassenden Bereiche. Die Aufhängungshöhe betrug in allen Spalten-Buchten 4,75 m über dem Boden. Im Tretmistbereich wurden in den zwei Buchten zunächst jeweils eine Kamera und zu einem späteren Zeitpunkt jeweils zwei Kameras je Bucht angebracht, da die zu Beginn der Versuche festgelegte Kameraposition im Integriertem Auslauf des Tretmistbereichs aufgrund des Kamerawinkels und der Bildverschneidung nicht beibehalten werden konnten. Es wurde daraufhin eine Halterung für die Kamera angefertigt, welche die Kamera mittiger und hoch genug über der Bucht positionierte, um die aufgetretenen Probleme bei der Bildverschneidung zu korrigieren. Im Tretmistbereich lag die finale Montagehöhe über dem Tretmist bei 5,85 m und im Auslauf bei 6,10 m zu der Bodenoberfläche des integrierten Auslaufs.

Insgesamt waren vier Synology NAS im Einsatz. Jedes NAS verfügt über vier Laufwerkseinschübe, Gigabit-Ethernet-Konnektivität und unterstützte den Aufbau eines RAID-5 geschützten Speichers. Jede der Seagate Festplatten hat eine Speicherkapazität von 6TB um die großen Datenmengen, welche durch die Videoaufnahmen der 10 Kameras generiert werden, speichern zu können.

Netzwerkinfrastruktur, Software und Konfiguration

Alle Komponenten waren mit dem Behördennetz und dem NAS verbunden. Die Netzwerkverbindung erfolgte über einen im Stallgebäude installierten zentralen Switch, der die Kommunikation zwischen den Kameras und dem NAS sicherstellte. Die IP-Adressen wurden statisch vergeben, um den Zugriff zu erleichtern, eine zuverlässige Zuordnung und einfache Automatisierung in der Videoaufzeichnung zu ermöglichen.

Auf dem NAS wurde ein umfangreicher Network-Video-Recorder (NVR) (Synology Surveillance Center) von der Firma Synology installiert, um die Kameras zu konfigurieren, die Aufnahmeparameter festzulegen und die Speicherung zu verwalten. In der Surveillance-Plattform wurden alle 10 Kameras registriert, eindeutige Speicherpfade auf dem NAS zugewiesen, sowie die Konfiguration von Aufzeichnungsprofilen inklusive Auflösung und Framerate vorgenommen.

Datenerfassung und Speicherung

Vor Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 2023 wurde entschieden, dass von Mobotix bereitgestellte Video-Kompressions- und Containerformat MxPEG zu verwenden. Dieses proprietäre Format basiert auf JPEG-Einzelbildern mit zusätzlicher Interframe-Kompression und ist auf geringe Latenz sowie eine effiziente Nutzung von Bandbreite und Rechenleistung ausgelegt. Das MxPEG-Format ist ein ereignisbasiertes, frameorientiertes Videoformat, bei dem Videoinhalte als zeitlich sequenzierte Folge einzelner, vollständig kodierter Frames gespeichert oder übertragen werden. Die Zeitinformationen bei der Konvertierung der Einzelbilder in Videos konnten nicht aus den Dateien extrahiert werden. Dies führte, durch die OCR-Erkennung der

Uhrzeiten zu einem erhöhtem Rechenaufwand. Es wurde daher ein anderes Videoformat gewählt und die vor der Umstellung aufgezeichneten Daten konnten nur noch mit unverhältnismäßig hohem finanziellem und personellem Aufwand weiterverarbeitet werden und mussten daher größtenteils von der Auswertung ausgeschlossen werden. Das ab der Umstellung der Videos verwendete AVI-Format, segmentiert den Videostream in 30-Minuten lange Dateien und verwendet eine Zeitkodierung, welches zu einer deutlichen Steigerung der Effizienz bei der automatisierten Auswertung führte.

Automatisierte Tiererkennung, -identifikation und -verfolgung mittels Videoanalyse und RFID

Die Auswertung der Videodaten basiert auf einer automatisierten Einzeltiererkennung mit stabiler Identifikation der Tiere über die Zeit. Hierfür wurde eine speziell für diesen Anwendungsfall entwickelte Softwarepipeline eingesetzt. Funktional lässt sich das System in die folgenden drei aufeinander aufbauenden Komponenten gliedern: Tiererkennung, Tieridentifikation und Tiertracking. Die Tiererkennung beinhaltet die direkte visuelle Detektion der Tiere im Bild sowie die Unterscheidung der Körperhaltung liegend und stehend. Die Identifikation der Tiere wird durch die Zuordnung der erkannten Tiere zu einer eindeutigen Tier- bzw. Stallnummer über RFID-Daten der Wiegetröge im Zusammenspiel mit automatisch generierten Positionsdaten realisiert. Die dritte Komponente ist das Tiertracking. Bei dem Tracking soll über aufeinanderfolgende Frames hinweg eine zeitlich konsistente Verfolgung der Tiere generiert werden, welche auch kurzzeitige Verdeckungen oder auch gänzlich fehlenden Detektionen kompensieren soll. Durch das Zusammenspiel dieser drei Komponenten sollte ein robustes System zur automatisierten, framegenauen Erfassung von Tierpositionen, Bewegungen und Identitäten im Stall entstehen.

Tiererkennung

Trainingsdaten und Annotation

Zur Detektion der Tiere wurde ein neuronales Netzwerk für Objekterkennung (Object-Detection) eingesetzt, das mit Videodaten aus der realen Zielumgebung trainiert wurde. Das Trainingsdatenset umfasst 1.742 manuell annotierte Einzelbilder, die aus Videosequenzen unterschiedlicher Tage, Kameras und Beleuchtungssituationen (Tag/Nacht) extrahiert wurden. Pro Bild sind 10-12 Tiere enthalten. Alle relevanten Objekte wurden vollständig manuell annotiert. Als Annotationstool kam das frei verfügbare CVAT (Computer Vision Annotation Tool) zum Einsatz. Annotiert und vom Modell erkannt werden Objektklassen, Körper liegend, Körper stehend, Kopf und das Hinterteil. Die getrennte Erkennung dieser Klassen erlaubt neben der reinen Lokalisierung der Tiere auch die Ableitung zusätzlicher Zustands- und Geometriemerkmale (z. B. Haltung, Orientierungen), die für die nachgelagerte Verarbeitung genutzt werden.

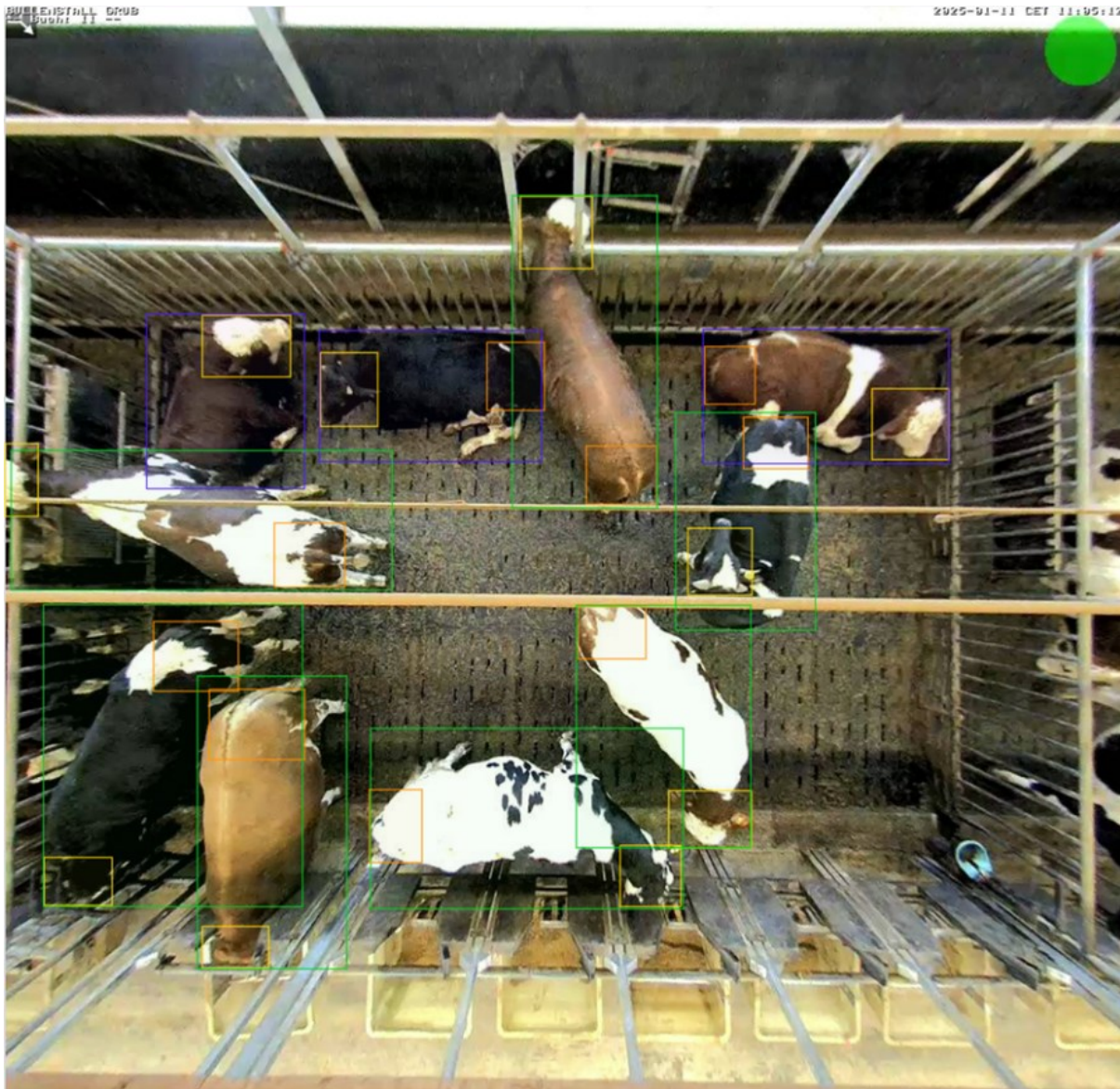


Abbildung 79: Beispielbild der Tiererkennung von 10 Tieren durch das automatische Erkennungssystem in Buch 11 des Gruber Mastbullenstalls. Grünes Quadrat – stehend Körper-Box, violettes Quadrat – liegende Körper-Box, gelbes Quadrat – Kopf-Box, oranges Quadrat Hinterteil-Box.

Modelltraining und Metriken

Das Detektionsmodell wurde mit dem Machine-Learning-Framework PyTorch trainiert. Das Training erfolgte auf einer GPU mit 24 GB VRAM und erstreckte sich über eine Dauer von etwa 30 Stunden. Typische Herausforderungen der ML-basierten Tiererkennung ergaben sich insbesondere durch wechselnde Lichtverhältnisse, Bildverzerrungen und Unschärfen, verdeckte oder überlappende Tiere sowie unterschiedliche Körperhaltungen und Perspektiven. Diese Probleme wurden durch den Einsatz eines repräsentativen Trainingsdatensatzes und einen iterativen Hard-Example-Mining-Ansatz adressiert, bei dem problematische Szenen gezielt nachannotiert und erneut für das Training verwendet wurden.

Inferenzbetrieb

Für die Anwendung des Modells auf das Videomaterial (Inference) werden ebenfalls GPUs eingesetzt. Im Gegensatz zum Training ist der Speicherbedarf hierbei geringer, da keine Gradienten berechnet werden. In der praktischen Umsetzung zeigte sich, dass die reine Inferenz des neuronalen Netzes zeitlich nicht limitierend ist. Der Hauptanteil der Rechenzeit entfällt auf die nachgelagerte Zusammenführung, das Tracking, die RFID-Zuordnung sowie die Datenbankschreibvorgänge.

Algorithmische Zusammenführung zu vollständigen Tierobjekten

Da Körper, Kopf und Hinterteil unabhängig voneinander detektiert werden, erfolgt anschließend eine algorithmische Zusammenführung zu konsistenten Tierobjekten. Die Verknüpfung basiert auf einer geometrischen Überdeckungslogik (Overlap-/IoU- bzw. Flächenanteils-Heuristik). Für jeden detektierten Kopf bzw. jedes Hinterteil wird derjenige Körper gesucht, mit dem die räumlich plausibelste Überschneidung besteht. Zusätzlich wird eine zeitliche Konsistenz über mehrere aufeinanderfolgende Frames berücksichtigt. Zuordnungen aus vorherigen Frames werden bevorzugt beibehalten, sofern keine eindeutig bessere Alternative vorliegt. Kurzzeitige Fehl- oder Nichtdetektionen sowie unplausible Sprünge werden auf diese Weise geglättet und verworfen. Zusätzlich werden aus Kopf- und Hinterteilpositionen Orientierungsmerkmale relativ zum Körperzentrum berechnet. Diese dienen primär der Zustandsbeschreibung und Plausibilitätsprüfung.

Tieridentifikation mittels RFID

Synchronisation von Video- und RFID-Daten

Die RFID-Daten liegen als Zeitintervalle (Beginn/Ende) in einer CSV-Datei vor. Die Videozeit wird deterministisch aus dem Dateinamen (bevorzugt Epoch-Millisekunden) und der Frame-rate berechnet. Pro Frame wird ein exakter Zeitstempel bestimmt und mit den RFID-Intervallen abgeglichen. Nur wenn ein RFID-Ereignis den aktuellen Framezeitpunkt abdeckt, wird eine Identifikationszuordnung durchgeführt.

RFID-Matching-Logik

Für jeden RFID-Scanner ist eine feste, kamerabezogene Bildposition (Scanner-ROI) hinterlegt. Daraus wird ein Scanner-Referenzpunkt berechnet. Für die Zuordnung werden ausschließlich stehende Tierkörper berücksichtigt, da RFID-Lesungen praxisnah typischerweise beim Stehen am Scanner erfolgen. Für jeden Kandidaten wird darüber hinaus die geometrische Distanz zwischen Scanner-Referenzpunkt und Tier-Bounding-Box des Körpers berechnet. Zur Robustheit wird nicht nur der Mittelpunkt, sondern eine Distanzmetrik über die Box-Ecken verwendet (Mittelwert der zwei kleinsten Eckabstände). Das Tier mit der minimalen Distanz wird als plausibelster Träger des RFID-Ereignisses ausgewählt.

Konflikt- und Konsistenzlogik

Wird eine Stall- bzw. Tiernummer neu zugeordnet, prüft das System, ob diese Nummer bereits einem anderen Tierobjekt zugewiesen ist. In Konfliktfällen wird eine konsistente Belegung hergestellt, sodass pro Zeitpunkt eine eindeutige Zuordnung gewährleistet bleibt. Zusätzlich wird der Zeitpunkt des letzten RFID-Ereignisses pro Tier in finalen Datensatz in der Datenbank gespeichert.

Tiertracking

Zur Stabilisierung der Identität über die Zeit kommt das ByteTrack-Verfahren zum Einsatz. Dieses Verfahren verknüpft Detektionen zwischen aufeinanderfolgenden Frames auf Basis

von einer Intersection over Union (IoU) der Bounding Boxes der Körper und einem Kalman-Filter zur Modellierung von Position und Bewegung. Für den Einsatz in diesem Anwendungsfall wurde ByteTrack so konfiguriert, dass ein an Erwartungswerten orientierter Pool an Tieren verwendet wird. Anstelle eines expliziten Re-Identification-Moduls wird die a priori bekannte Anzahl an Tieren sowie die erwartete Boxbelegung zur Stabilisierung genutzt. Zwischen RFID-Ereignissen wird die Identität eines Tieres vollständig über das Tracking fortgeschrieben.

Speicherung der Computer Vision-Daten

Für jedes verarbeitete Frame und jedes eindeutig identifizierte Tier wird ein separater Datensatz in einer PostgreSQL-Datenbank erzeugt. Die Ausgaben des Gesamtsystems, bestehend aus Tiererkennung, Tieridentifikation und Tiertracking, wurden systematisch in einem strukturierten Datensatz gespeichert. Dieser Datensatz umfasst insgesamt 15 Parameter (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Parameter eines Datenbankeintrags, generiert durch die automatisierte Tiererkennung mit Beispielwert, der respektiven Skala oder Alternativwerten sowie einer Kurzbeschreibung des Spalteninhalts.

Spaltenname	Beispielwert / Alternative Werte / Skala	Inhaltsbeschreibung
id_wolution_daten2	99782 ; 1 bis Kapazitätsgrenze des Systems	Interne eindeutige Datensatz-ID im Wolution-System
Id	1 ; 1 bis Anzahl der Tiere im Sichtfeld der Kamera	Durch das Computer-Vision-System (CV) vergebene Objekt- bzw. Tier-ID
Stallnr	8521 ; Abhängig von der Anzahl der Tiere; jede Stallnummer eindeutig einem Tier zugeordnet	Stall- bzw. Tiernummer, über RFID eindeutig zugeordnet
letzte_rfid	2024-06-14 09:11:21.000 ; Zeitstempel; Nullwert = 1970-01-01 00:00:00.000 (bedeutet: Tier wurde während des Auswertungszeitraums noch nie registriert)	Letzter Zeitpunkt, zu dem das Tier per RFID am Wiegetrog identifiziert wurde
box_koerper	[486.32, 80.11, 208.83, 113.63] ; Bounding Box [x, y, Breite, Höhe] in Pixeln	Bounding Box des gesamten Tierkörpers im Bild
videodatei	10_32_129_104_01.avi ; Text/String; beliebiger Name der Videodatei	Name der analysierten Videodatei
Frame	9072 ; Ganzzahl; 0 bis maximale Frame-Anzahl der Videodatei	Frame-Nummer innerhalb der Videodatei
Datum	2024-06-14 09:21:44.000 ; Zeitstempel; beliebig innerhalb der Videoaufzeichnung	Zeitpunkt des Frames bzw. der Bildaufnahme
Kamera	10_32_129_104 ; Text/String; eindeutige Kamera-Kennung	Eindeutige Kennung der verwendeten Kamera
Haltung	stehend ; Kategorisch; z. B. stehend, liegend, gehend	Erkannte Körperhaltung des Tieres
ausrichtung_kopf	161 ; Winkel in Grad relativ zum Zentroid der Körpermitte; typischerweise -180 bis +180	Orientierung des Kopfes bezogen auf den Körpermittelpunkt
ausrichtung_hinterteil	-20 ; Winkel in Grad relativ zum Zentroid der Körpermitte; typischerweise -180 bis +180	Orientierung des Hinterteils bezogen auf den Körpermittelpunkt
box_kopf	[482.24, 128.26, 46.41, 73.78] ; Bounding Box [x, y, Breite, Höhe] in Pixeln; {} = Nullwert (Objekt nicht erkannt)	Bounding Box des Kopfes im Bild
box_hinterteil	[636.61, 73.97, 56.02, 68.53] ; Bounding Box [x, y, Breite, Höhe] in Pixeln; {} = Nullwert (Objekt nicht erkannt)	Bounding Box des Hinterteils im Bild
colormode	day ; Kategorisch; z. B. day, night,	Farb- bzw. Belichtungsmodus der Kamera

Technische Leistungsdaten

Das Training des Detektionsmodells erfordert GPUs mit ausreichend Video Random Access Memory (VRAM). Für diesen Arbeitsschritt wurden 24 GB VRAM genutzt. Für die laufende Videoverarbeitung ist der Speicherbedarf geringer.

Validierung und Auswertungsansatz

Da eine vollständig kontinuierliche Identifizierung einzelner Tiere noch nicht zuverlässig möglich war, wurde für die Auswertung ein Ansatz auf Buchtenebene gewählt. Dabei wurde pro Frame die Anzahl der liegenden bzw. stehenden Tiere bestimmt. Sobald in einem Frame auch ein Tier durch die Säuberung des Datensatzes fehlte, oder fehlerhaft einer Haltung zugeordnet wurde, wurde der gesamte Frame als fehlerhaft klassifiziert.

Da im Projekt der Tretmiststall mit integriertem Auslauf und der Spaltenstall betrachtet wurden, sind beide Systeme mit Ihren unterschiedlichen Bedingungen Einzel validiert worden. Zu diesem Zweck wurden sekundengenaue Annotationstabellen angefertigt. Dazu wurde bei jedem Auf- und Ablege Vorgang die Startzeit des Vorgangs notiert und die Gesamtzahl der nach dieser Aktion liegenden und stehenden Tier ausgezählt. Der Startpunkt des Aufstehens wurde als der Zeitpunkt definiert, an dem eine charakteristische Verlagerung des Körperschwerpunkts auf die Vorderbeine einsetzt, häufig begleitet von einer initialen Kopf- und Halsbewegung. Der Startpunkt des Abliege Vorgangs wurde als der Zeitpunkt des **Knickens eins Karpalgelenks** definiert.

Die Haltungsdaten der Tiere wurden aus der Datenbank extrahiert und in zusammenhängende Haltungsphasen gruppiert, wobei Start- und Endzeitpunkte sowie Dauer berechnet wurden. Parallel wurden manuell annotierte Verhaltensdaten (stehend, liegend) in Ein-Sekunden-Schritten aufbereitet und Übergangsphasen als unbestimmt markiert. Da bei Unsicherheit des Systems die Tendenz besteht, dass Haltungswerte unplausibel rapide von stehend zu wechseln, erfolgte anschließend eine Schwellenwertanalyse. Bei dieser Analyse wurden kurze Haltungsblöcke geglättet und drei Korrekturvarianten angewendet. Die automatisch ermittelten Haltungszeitreihen wurden mit den Annotationen zusammengeführt und auf Genauigkeit und Übereinstimmung geprüft, inklusive Berechnung von Fehlerarten. Sämtliche Ergebnisse wurden in strukturierten Excel-Dateien gespeichert, die sowohl aggregierte Tagesstatistiken als auch die vollständigen zeitlichen Haltungs- und Vergleichsdaten enthalten.

3.1.13. Ergebnisse und Erkenntnisse (LfL)

a) Haltungsanpassung der intensiven Mastrinderhaltung zur Verbesserung des Tierwohls

Der bestehende Rindermaststall in Grub ist in 2 Abteile gegliedert. Abteil 1 ist eine mehrhäusige Anlage mit überdachtem Futtertisch und beiderseitig anschließenden Zweiflächen-Tretmistbuchten. Die Liegeflächen sind überdacht, der nicht überdachte Fressgang dient gleichzeitig als himmeloffener, innenliegender Auslauf. Abteil 2 ist als einhäusige Anlage mit einem gleichfalls zentralen Futtertisch und beiderseitig angrenzenden Vollspaltenbodenbuchten. Beide Abteile sind baulich nicht voneinander getrennt angeordnet, sondern direkt aneinandergebaut.

Ursprünglich sollte Abteil 2 mit den Vollspaltenbuchten so umgebaut werden, dass die Tiere jeweils einen, der eigenen Bucht zugeordneten in dem Fall außenliegenden, teilüberdachten Auslauf nutzen können. Es sollten je 3 Buchten im Stall auf der Nord- und Südseite umgebaut werden und die Auslaufflächen als zusätzliches Platzangebot sowie für den direkten Witterungskontakt (Regen, Sonne, usw.) dienen.

Hierzu waren Planungen für technische und bauliche Anpassungen in folgenden Bereichen zu erstellen:

Umbau der Aufstallung bzw. Buchtentrennwände:

- Rückbau des Treibgangs und aller Buchtenabtrennungen mit Ausnahme der Trogseite
- Einbau von Raumteilern in der Buchtenmitte
- Einbau von Doppel-Schwenktoren zwischen den Buchten, sodass ein Abschluss zu den Raumteilern entsteht

Durch diese Maßnahme sollte eine Buchtenstrukturierung entstehen und die vordere oder hintere Buchtenhälfte hätten als Treibgang nutzbar sein können. Der Übergang zum Treibgang bei der Selektionsbucht hätte durch die geeignete Anordnung eines Schwenktors sichergestellt werden sollen.

Umbau der Stallwand:

- Schaffung einer Wandöffnung je Bucht zur Erschließung bzw. als Zugang zu den neu errichteten Auslaufflächen (Breite 1,5 m, Höhe 2,0 m)
- Stabile Tür zum Verschluss der Wandöffnung; aus Gründen der Arbeitswirtschaft und Arbeitssicherheit optimal in Kombination mit elektrisch betriebenem Obentürschließer und Fernbedienung
- Einbau eines zusätzlichen Schutzes der Windverstreubungen vor Tiereinwirkung
- Außen: Anpassen der vollflächig nach unten verschiebbaren bzw. zu öffnenden transparenten Doppelstegplattenelemente im Türbereich (Ersatz gegen ein festes, nicht verschiebbares Element im Türbereich; restliche Elemente wie bisher)
- Außen: Schutz der nach unten verschiebbaren Doppelstegelemente vor Einwirkung der Tiere von den Auslaufflächen aus (z.B. durch wasserfeste Holzwerkstoffplatten oder durch genügend Abstand mittels Einbau einer Buchtenabgrenzung als Stahlrohrkonstruktion)

Erstellen einer Auslauffläche:

- Abmessungen: 7,5 m x 5,0 m = 37,5 m² verfügbare Fläche
- Im Zuge der Errichtung der Auslaufflächen wäre eine Verlagerung des betonierten Schachtes für eine Güllepumpe (zzgl. Infrastruktur) in einen Bereich außerhalb der festgelegten Ausläufe notwendig gewesen.
- Boden: Betonierte planbefestigte Fläche mit einem Gefälle von 2 % vom Stallgebäude weg. Antritt (Breite ca. 0,30 m; Höhe 0,15 cm) vor Fress-/Sperrgitter an der, dem Stallgebäude gegenüberliegenden Seite. Die Oberfläche sollte profiliert sein, so dass die Griffbarkeit der Fläche über längere Zeit erhalten bleibt.
- Zu-/Abfahrten der Auslauffläche mit keilförmigen Aufkantungen, so dass Flüssigkeiten nicht unkontrolliert in die angrenzenden Flächen auslaufen können, ein Befahren aber gut möglich ist.
- Entmistung der Fläche:
 - Fester Teil der Exkreme: Abschieben mit einem Mobilgerät und Transport zum Mistlager
 - Flüssiger Teil der Exkreme: Ableitung über Hofeinfälle in den Bodenplatten zur Vorgrube auf der Südseite bzw. auf der Nordseite in die Güllekanäle im Stall oder zum neuen Jungviehstall.

Buchtenabtrennungen im Auslauf mit Fressgitter/Trenngitter/Schwenkgitter:

- Fressgitter an der, dem Stall gegenüberliegenden Längsseite; Auslegung für Tiere mit einem Gewicht von 200 kg; Fressplatzbreite für Tiere (mit 750 kg): ca. 70 cm; Durchstieg für Personen von ca. 50 cm in jeder Bucht.

- Stabile Abtrennungen, die für Bullen geeignet sind. Anzahl Stäbe/Rohre und Abstand wäre zu prüfen gewesen.
- Als Treibhilfe, um die Tiere vom Auslauf in den Stall zu treiben, hätte ein fest eingebautes schwenkbares Treibgitter (ca. 5,00 m) vorgesehen werden können. Das Gitter würde sich an der Buchtabtrennung stallseitig befinden und könnte mit einem Zugseil von Hand außerhalb der Bucht bedient werden.
- Während des Entmistens befinden sich die Tiere im Stall und die jeweilige Tür zum Auslauf wäre geschlossen. Die Fläche kann dann abgeschoben werden. Für das Befahren der Auslaufläche sind Schwenkgitter zwischen den Buchten erforderlich. Zu prüfen war, ob ein Gitter über die ganze Breite (ca. 5,00 m) bedient werden könnte oder ob zwei Gitter mit je 2,50 m erforderlich sind. Hier war insbesondere auf die Stabilität der Außengitter zu achten (Ausbruchssicherheit).

Teilüberdachung des Auslaufs:

- Für einen Witterungsschutz sollte ein Teil des Auslaufs (ca. 3,00 m) überdacht werden. Nach Möglichkeit sollte dies durch PV-Module erfolgen. Planerisch zu berücksichtigen war die Möglichkeit der Nachrüstung von Windschutznetzen als Sonnenschutz auf der übrigen, nicht überdachten Fläche.
- Die Vorgaben an eine max. Überdachung der Auslauflächen sind uneinheitlich und z.T. nicht eindeutig geregelt:
 - Im Ökolandbau sind mindestens 0,75 m²/100 kg Auslauf erforderlich, davon dürfen max. 25 % überdacht sein. Es dürften somit maximal 6 Tiere pro Bucht aufgestellt werden und die für Tiere nutzbare Auslauftiefe sollte mindestens 4,2 m bei einer Breite von 7,5 m betragen
 - Beim Label des Programms „Initiative Tierwohl“ Haltungsform 3 sollte die Stallfläche über 4 m² betragen. Somit könnten maximal 10 Tiere pro Bucht aufgestellt werden. Die Auslauflächen sollten mehr als 3 m² pro Tier betragen und die Mindestauslauftiefe 4 m. In dem Kontext gibt es keine Aussagen zur maximalen Überdachungsfläche
 - Beim Label des Programms „Initiative Tierwohl“ Haltungsform 4 sollte die Stallfläche über 5 m² betragen, somit könnten maximal 8 Tiere pro Bucht aufgestellt werden. Die Auslauflächen sollten mehr als 3 m² pro Tier betragen und die Mindestauslauftiefe 3,2 m. Hier werden auch keine Aussagen zur maximalen Überdachungsfläche gemacht
- Um eine ausreichende Beschattungsfläche zu erreichen, sollten also mindestens 50 % der Auslaufläche überdacht werden
- Bauliche Anforderungen:
 - Die Tiefe der Auslaufläche richtete sich nach dem Mindestabstand zum geplanten Jungviehstall in Grub und stellte somit das Maximum dar. Die Auslaufläche auf der Süd- und Nordseite des Rindermaststall sollten dabei wegen der Vergleichbarkeit in Versuchen die gleichen Abmessungen haben.
 - Die Durchfahrtshöhe der Überdachung richtete sich nach der mobilen Entmistungstechnik. Die Entmistung sollte mit einem Hoflader durchgeführt werden können.
 - Die erforderliche Neigung der Überdachung hing von der angestrebten Selbstreinigung der PV-Module ab. Ab einer bisher geltenden Mindestneigung von 10° gilt, dass die Reinigungswirkung umso besser ist, je steiler die PV-Module ausgerichtet sind. Das Dach des Rindermaststalles hat eine Dachneigung von ca. 20°, was noch zu einer ausreichenden Reinigungswirkung führt. Hinzu kommt, dass bei einer Aufständigung ein optimaler Neigungswinkel hinsichtlich des Energieertrags gewählt werden kann. In Kombination wäre dann auch eine

Flachdachvariante möglich. Hinsichtlich der Ausrichtung der PV-Module ist die Nordseite getrennt zu behandeln.

- Die Windkanaluntersuchungen von J. Simon und Mitarbeiter (LfL, Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft) sowie Erfahrungen aus umgesetzten Stallbaubeispielen mit höhenversetzter überlappender Laufgangüberdachung haben ergeben, dass der Bereich um die Traufe zu Schneeverwirbelungen und Ablagerungen führen kann, was wiederum zu einer gestörten Wasserableitung über die Dachrinnen führen kann. Deshalb sollte dieser Bereich möglichst freigehalten werden. Als Konsequenz sollten die PV-Module – im Gegensatz zur Planung in Abb. 40 – an der dem Stall abgewandten Dachseite des Auslaufs angebracht werden.
- Regenwasser von der Auslaufüberdachung sollte getrennt über Dachrinnen und Fallrohre abgeführt werden.
- Der Einbau einer automatischen Nachtreibhilfe, um die Tiere vom Auslauf in den Stall zu bewegen, hat evtl. Auswirkungen auf die Konstruktion der Überdachung. Dieser Aspekt sollte mit Stallbaufirmen besprochen werden.

Vorteile des Umbaus der Buchten inkl. Treibhilfen:

- Der Treibgang wäre ab der Selektionsbucht wie bisher nutzbar
- Witterungsschutz beim Umtreiben bleibt erhalten, da Treibgang weiterhin im Stall liegt
- Eine Haltung der Tiere wäre auch ohne Auslauf möglich
- Keine Zusatzflächen für Umtrieb im Außenbereich (Reinigung)
- Einfassung der Auslaufflächen kann stabiler/ausbruchsicherer gebaut werden
- Entmistung wäre über mobile Variante leichter und funktionssicherer umzusetzen.

Die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Baumaßnahme waren, dass alle vom Stallpersonal auszuführenden Arbeiten (z.B. Tiere aus der Bucht selektieren, Tiere vom Innen- in den Außenbereich bringen und umgekehrt) möglich sein sollten, ohne die Bucht mit Tieren betreten zu müssen.

Die Skizzen der geplanten Umbaumaßnahmen sind in Abbildung 80 und 81 dargestellt.

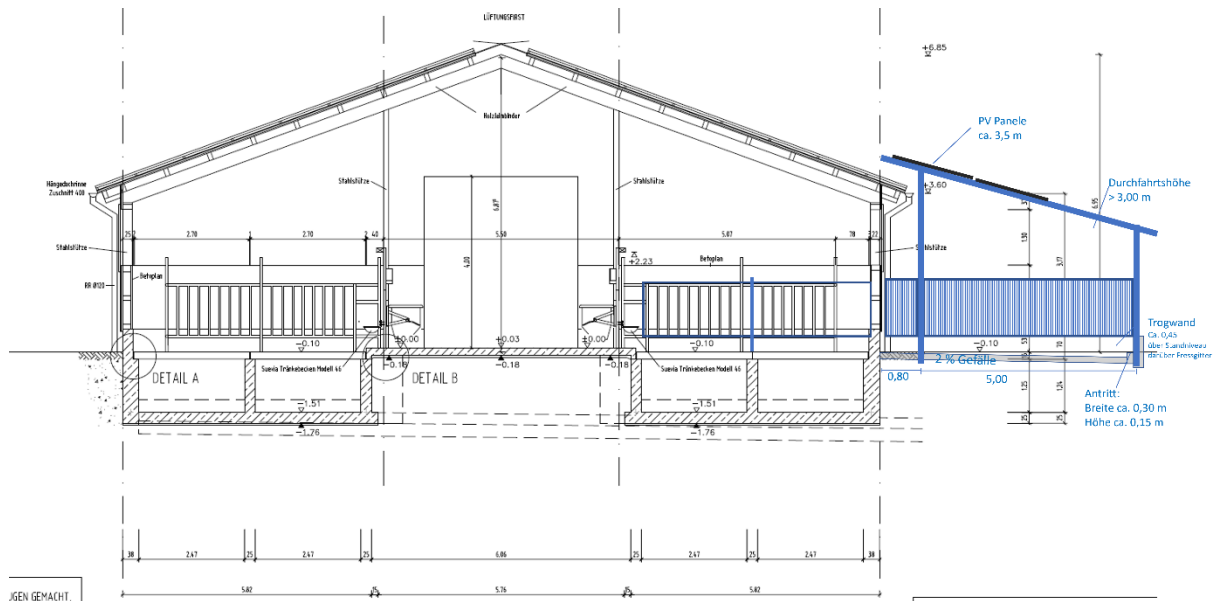


Abbildung 81: Querschnitt der Skizze für die Auslaufplanung für den Mastbullenstall in Grub

Die Planung der Ausläufe und Schätzung der voraussichtlichen Kosten konnte im Juni 2023 durch ein externes Planungsbüro abgeschlossen werden. Der letzte Stand der Pläne ist in Abbildung 80 und 81 dargestellt. Bei der Planung wurde insbesondere darauf Wert gelegt, dass der Tierverkehr zwischen den verschiedenen Funktionsbereichen und beim Wiegen für Arbeitspersonen möglichst sicher erfolgen kann. Darauf folgend wurde eine Baugenehmigung durch die zuständige Genehmigungsbehörde erteilt. Aufgrund von allgemeinen Kostensteigerungen und von, vor der Planungsphase nicht abschätzbaren Umbaumaßnahmen der abgedeckten Güllegrube wäre eine Aufstockung von Projektmitteln zur Realisierung des Projekts notwendig gewesen, da die geschätzten Kosten die im Zuwendungsbescheid genehmigten Kosten etwa um das Fünffache überstiegen hätten. Aus haushälterischen Gründen war eine Mittelaufstockung nicht möglich, weshalb die Umbaumaßnahmen leider nicht weiterverfolgt und die Ausläufe in Folge nicht realisiert werden konnten.

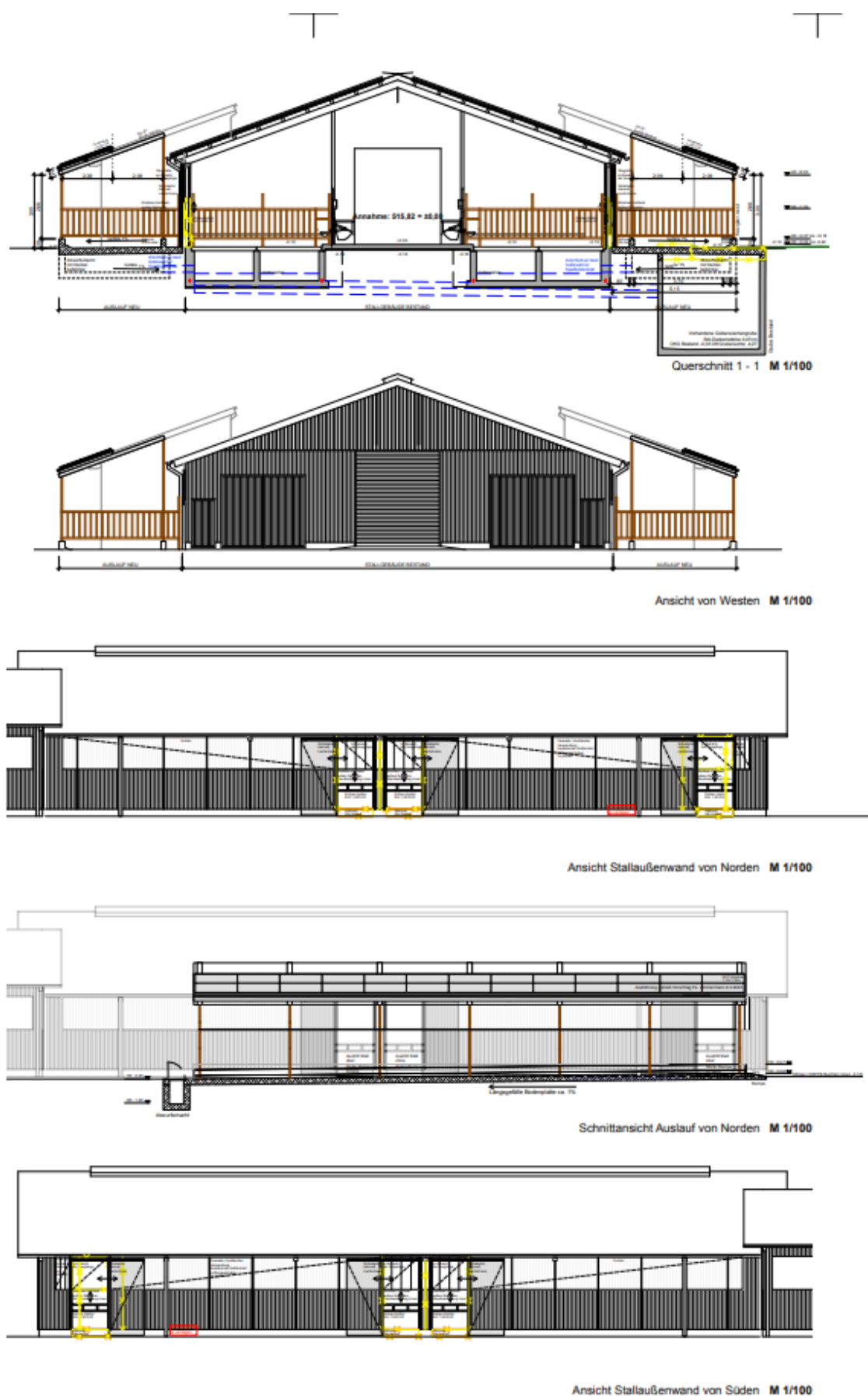


Abbildung 82: Außenaussichten der geplanten Umbaumaßnahmen

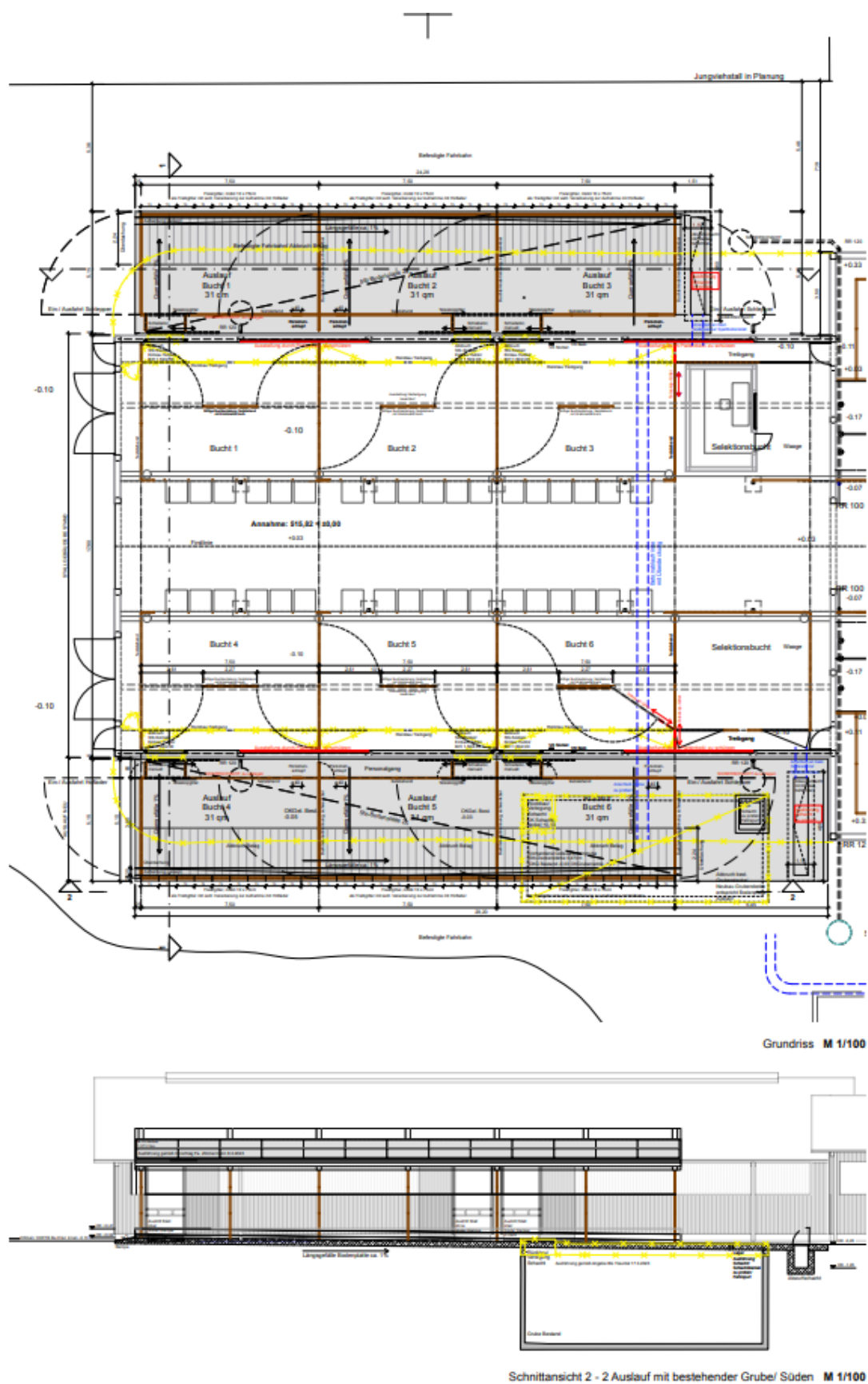


Abbildung 83: Grundriss der geplanten Umbaumaßnahme

- b) Einsatz eines Computer-Vision-Systems zur automatischen Erfassung des Verhaltens von Mastbullen in Spalten- und Tretmistbuchten

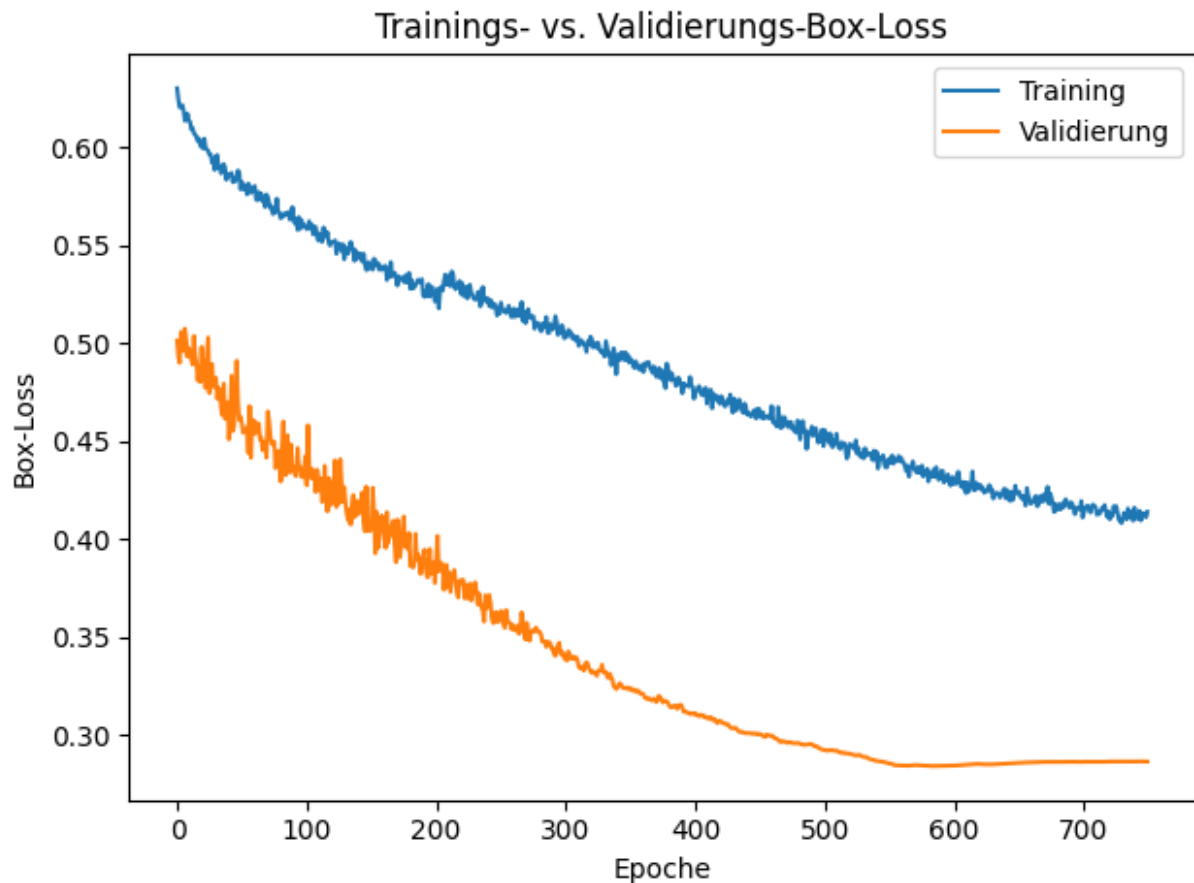


Abbildung 84: Verlauf des Box-Loss während des Trainings. Der Box-Loss ist ein Maß dafür, wie stark die vom Modell vorhergesagten Objektbereiche von den tatsächlichen Objektbereichen abweichen – ein niedriger Wert bedeutet eine genauere Vorhersage. Auf der x-Achse sind die Epochen dargestellt, also die Durchläufe des gesamten Trainingsdatensatzes durch das Modell. Gezeigt werden die Werte für die Trainingsdaten (blaue Linie) und die Validierungsdaten (orange Linie). Dass beide Linien ähnlich verlaufen, deutet auf ein stabiles Lernverhalten hin und zeigt, dass das Modell die Trainingsdaten nicht übermäßig auswendig gelernt hat.

Ein maximaler mAP@50-Wert von 0,995 wurde bei einer IoU-Schwelle von mindestens 50 % erreicht, was eine sehr hohe durchschnittliche Präzision unter großzügigen Übereinstimmungsanforderungen widerspiegelt. Der zusätzlich betrachtete Kennwert mAP@50–95 berücksichtigt mehrere, zunehmend strengere IoU-Schwellen zwischen 50 % und 95 % und erreichte einen Wert von 0,920.

Zusammenfassend deuten diese Ergebnisse auf eine sehr zuverlässige Objektdetektion hin, sowohl unter weniger strengen als auch unter anspruchsvolleren Anforderungen an die räumliche Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Referenz. Dies konnte während der Sichtung der mit den Daten verschnittenen Videos bestätigt werden.

Die Präzision und der Recall lagen über weite Teile des Trainings auf hohem Niveau, was auf eine ausgewogene Klassifikationsleistung mit geringer Fehlerrate schließen lässt. Gleichzeitig zeigten die Trainings- und Validierungsverluste einen ähnlichen Verlauf ohne ausgeprägte Divergenz, was auf ein stabiles Lernverhalten und ein geringes Maß an Overfitting, oder in anderen Worten, zu starkes „auswendig lernen“ des Modells, hindeutet.

Systemleistung:

Im produktiven Betrieb erreichte das Gesamtsystem pro eingesetzter GPU – einschließlich Detektion, Identifikation, Tracking und Datenbankschreibung – eine effektive Framerate von etwa 12 FPS.

Zentrale Eigenschaften des Datensatzes

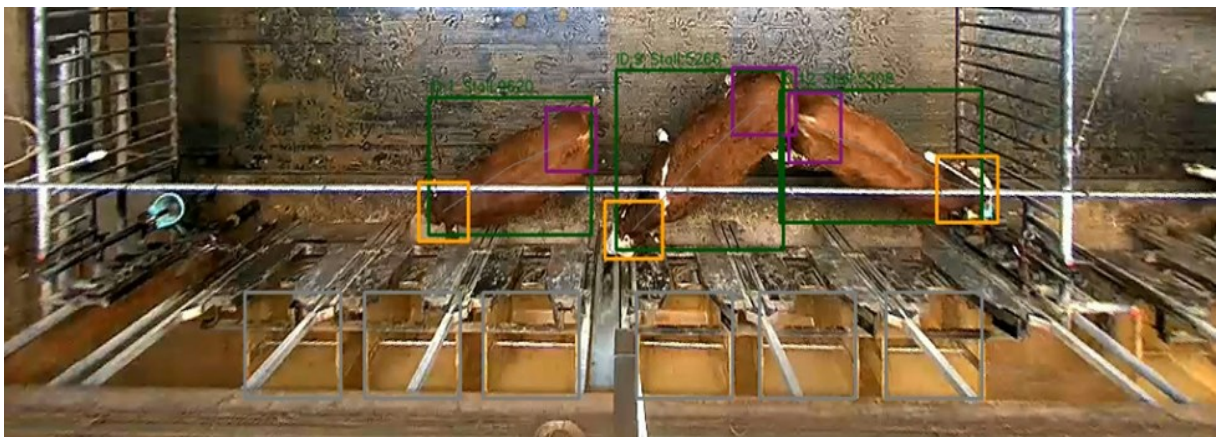
Der Datensatz ist framebasiert aufgebaut. Befinden sich beispielsweise 12 Tiere bei einer Videoframerate von 5 fps in der beobachteten Bucht, werden in jedem Frame 12 Körperboxen detektiert und jeweils einer eindeutigen ID zugeordnet. Entsprechend werden pro verarbeitetem Frame 12 Einträge in der Datenbank erzeugt, die denselben Zeitstempel (Datum und Uhrzeit) tragen. Mit jedem weiteren Frame werden erneut 12 Einträge geschrieben, deren Zeitstempel um genau eine Framelänge fortgeschrieben ist. Bei einer Framerate von 5 fps entspricht dies einem Zeitabstand von 200 ms.

Die Position der Tiere wird in jedem Frame neu bestimmt. Die Zuordnung der IDs sowie der Stallnummer erfolgt über das im Methodenteil beschriebene Tracking-Verfahren, bei dem erkannte Objekte mit ihren Vorgängerobjekten verknüpft werden. Nach Eintragung einer 30-minütigen Videodatei beginnt die Zählung der Frames erneut bei 1 und wird in Verbindung mit der jeweils neuen Videodatei fortgeführt. Die Körperbox stellt das zentrale visuelle Objekt dar und ist der primäre Träger der Tieridentität (ID). Alle weiteren Informationen, wie Haltung, Kopf- und Hinterteillage sowie RFID-Zuordnungen, werden diesem Objekt zugeordnet.

Nach dem Start des Systems können die Tiere in diesem Versuchsaufbau ihrer korrekten Stallnummer erst dann zugeordnet werden, wenn sie erstmals den automatischen Wiegetrog aufsuchen.

Tieridentifikation, Stallnummer-ID-Zuordnung, Tracking

Abbildung 85: Exemplarischer Bildausschnitt aus dem Auslauf-Bereich von Bucht 6, überlagert mit den durch die KI verwendeten Boxen für Körper, Kopf und Hinterteil sowie der in grau dargestellten Boxen um die Wiegetröge. Die Grauen Boxen im Video werden auch ROIs („Region of Interest“) genannt und dienen der Verknüpfung von RFID-Daten zu den Objektpositionen.



Visuelle Detektion und Tracking

Jedes Tier wird im Bild durch eine Körper-Bounding-Box (box_koerper) repräsentiert, welche auch als zentrales Objekt für die Feststellung der Identität dient. Zusätzlich werden eine Kopf- und eine Hinterteilbox (box_kopf und box_hinterteil) detektiert, deren Position und Ausrichtung als Plausibilitätskriterien für die visuelle Nachverfolgung genutzt werden.

Die tierindividuelle Nachverfolgung über mehrere Frames basiert auf einer Kombination aus zeitlich überlappenden Intersection over Union (IoU) Werten und einem Kalman-Filter. Durch

IoU werden in aufeinanderfolgenden Frames, Bewegungen und Überlappungen der Körperboxen bewertet. Der Kalman-Filter prognostiziert die Bewegung der Tiere und ermöglicht eine kontinuierliche Fortführung der ID auch bei kurzen Detektionsausfällen.

Die RFID-gestützte Stallnummernzuordnung

Zur Feststellung der Stallnummern werden RFID-Scanner eingesetzt, die für die KI als feste Regionen (Scanner regions of interest, ROIs) im Bild modelliert sind (siehe Abb. 85). Aus diesen ROIs wurde ein Scanner-Referenzpunkt berechnet, der als Bezug für die Zuordnung von RFID-Lesungen dient. Für die RFID-Zuordnung bzw. Identifizierung werden nur Tiere berücksichtigt, die als stehend detektiert sind, da RFID-Lesungen im Stall aus technischen Gründen nur bei den stehenden Tieren erfolgen können. Für jedes dieser Tiere wird die geometrische Distanz zwischen der Körperbox und dem Scanner-Referenzpunkt berechnet. Das Tier mit der kleinsten Distanz zum Scanner-Referenzpunkt wird als plausibler Träger des RFID-Ereignisses ausgewählt.

Um zu jedem Zeitpunkt eine eindeutige Zuordnung von Stallnummern zu Tieren in den Videoaufnahmen sicherzustellen, ist eine Konfliktlogik implementiert. Wird eine Stallnummer neu zugeordnet, prüft das System, ob sie bereits einem anderen Tierobjekt zugewiesen ist. Entsteht ein Konflikt bspw. am RFID-Scanner, erfolgt eine konsistente Neuverteilung, sodass nur ein Tier die jeweilige Stallnummer trägt. Die Zeitpunkte der letzten RFID-Ereignisse werden im Datensatz gespeichert.

Die Vorgehensweise sollte sicherstellen, dass die Kombination aus visueller Nachverfolgung und RFID-Verifikation sowohl stabil als auch nachvollziehbar ist. Trotz dieser Mechanismen können in dynamischen Situationen, wie bei Überlappungen oder kurzen Detektionsausfällen, vorübergehende Fehlzusordnungen auftreten.

Erste Erfahrungen mit dem Computer-Vision-System

Die Validierung des Computer-Vision-Systems hat gezeigt, dass die Erkennung und Verfolgung von Tieren grundsätzlich gut funktionieren. Auch die Detektion, als Basis für eine ID-Zuordnung der Tiere, erwies sich als robust. Auch unter anspruchsvollen Bedingungen wie höherem Tiergedränge, schnellen Bewegungen oder kurzfristigen Interaktionen zwischen den Tieren konnten die Tiere sehr zuverlässig erkannt werden.

Herausfordernder gestaltete sich hingegen die tierindividuelle Nachverfolgung über längere Zeiträume. In einzelnen Frames kam es vor, dass nicht alle Tiere korrekt erkannt wurden, sodass beispielsweise ein Tier doppelt detektiert wurde, während ein anderes temporär fehlte. In den darauffolgenden Frames, sobald wieder alle Tiere erkannt wurden, trat häufig ein „ID-Sprung“ auf: Eine der zuvor doppelt auftretenden IDs wechselte mit einer – nach bisherigen Beobachtungen falschen – Stallnummer zurück zu einem anderen Tier. Infolge dieses Effekts tauschten zwei IDs ihre Stallnummern, wodurch die betroffenen Tiere bis zur nächsten Verifizierung am Futter- bzw. Wiegetrog mit einer falschen Stallnummer weiterverfolgt wurden.

Auch im Rahmen der Verifizierung am Wiegetrog konnten Fehlzusordnungen beobachtet werden. Diese traten insbesondere dann auf, wenn laut Wiegetrogsdaten ein Tier noch als „fressend“ registriert war, obwohl es den Trog bereits verlassen hatte. Befand sich in diesem Zeitraum ein anderes Tier räumlich näher am Trog oder erschien aus Sicht der KI als plausibler Kandidat, wurde die Stallnummer fälschlicherweise diesem Tier zugeordnet. Diese Fehlzusordnung blieb bestehen, bis das ursprünglich registrierte Tier erneut am Trog erschien und eine erneute Verifikation erfolgte. Im Verlauf des Projekts konnte eine Fehlerkorrektur in der Software der Wiegetröge identifiziert werden, welche damit zusammenhängen könnte.

Eine detailliertere Betrachtung solcher ID-Sprünge und Fehlzuordnungen wurde exemplarisch für den Zeitraum am 14.02.2023 zwischen 11:45 Uhr und 12:15 Uhr durchgeführt. In diesem Zeitfenster traten, insbesondere zwischen 12:02 Uhr und 12:13 Uhr, Verwechselungen der Stallnummern auf, die nur teilweise durch nachfolgende Verifizierungen am Wiegetrog wieder korrigiert wurden. Um 11:57:09 waren alle Tiere allerdings einmal korrekt zugeordnet, welches darauf hinweist, dass die grundlegende Systemlogik funktionsfähig ist, jedoch in bestimmten dynamischen Situationen an ihre Grenzen stößt.

Ergänzend wurde untersucht, ob sich diese Verwechselungen der Stallnummern bzw. ID-Sprüngen auch in den erzeugten Datensätzen nachvollziehen lassen. Dazu wurden exemplarisch die Daten eines einzelnen Tieres analysiert, indem die x- und y-Koordinaten der Körper-Bounding-Boxen über aufeinanderfolgende Frames ausgewertet wurden. Aus den Positionsänderungen wurde eine Geschwindigkeit der jeweiligen ID-Box berechnet. Trotz methodischer Einschränkungen – insbesondere durch kurzfristige Änderungen der Boxgröße – zeigte sich, dass in einzelnen Fällen unrealistisch hohe Geschwindigkeiten von über 100 m/s auftraten. Diese Extremwerte korrespondierten zeitlich mit beobachteten ID-Sprüngen und deuten darauf hin, dass solche Fehlzuordnungen auch quantitativ detektierbar sind. Dieser Ansatz könnte für zukünftige Validierungsversuche verfolgt werden, konnte jedoch im Rahmen des Projektes leider aus Zeitgründen nicht systematisch weiterverfolgt werden.

Darüber hinaus wurde in der visuellen Analyse festgestellt, dass ID-Sprüngen häufig fehlerhafte Zuordnungen von Kopf- und Hinterteil vorausgehen. In einigen Fällen blieb eines dieser Körperteile statisch, während sich das andere bewegte, oder beide wurden an derselben Position erkannt. Solche Inkonsistenzen deuten ebenso auf ein instabile Objektzuordnungen hin.

Die Ergebnisse zeigen, dass die KI-gestützte Videoauswertung selbst unter komplexen Bedingungen, wie hoher Dynamik und engem Tierkontakt, eine zuverlässige Objekterkennung und Haltungsdetektion sowie eine zumindest kurzfristige Verfolgung von einzelnen Tieren ermöglichte. Herausforderungen stellen die tierindividuelle Verfolgung über einen längeren Zeitraum und die eindeutige Zuordnung von Stallnummern in bestimmten Situationen dar. Verwechselungen in bestimmten Situationen konnten auch in den Re-Identifizierbaren Bildern der AG1 Daten festgestellt werden, Im Gegensatz zu der RFID-basierten Zuordnung war dort durch die Re-Identifizierung eine Korrektur in einem sehr kurzem Zeitraum nach der Vertauschung möglich.

Aufgrund personeller und zeitlicher Beschränkungen gegen Ende der Projektlaufzeit war es nicht möglich, die oben beschriebenen Phänomene umfassend zu analysieren oder mit zusätzlichen Validierungsdatensätzen abzusichern. Eine weitergehende Untersuchung, insbesondere mit einem ganzheitlichen Ansatz zur Kombination von visueller Detektion, Bewegungsmodellen, Körperteildetektion und Wiegetrogsdaten, blieb daher offen.

Es ist vorgesehen, diese Fragestellungen im Rahmen einer nachfolgenden wissenschaftlichen Publikation vertieft nachzugehen. Dabei sollen größere und heterogene Validierungsdatensätze eingesetzt sowie robuste Bewertungsmetriken entwickelt werden, um die Zuverlässigkeit der tierindividuellen ID- und Stallnummernzuordnung umfassend zu evaluieren und weiter zu verbessern.

Validierung des Datensatzes auf Gruppenebene

Der erste, durch die vorerst finale Version des KI-Systems ausgewertete Datensatz, wurde anhand einer manueller Annotationstabellen validiert. Hierfür wurden für jedes Versuchstier der Bucht sowohl automatisch ermittelte Werte als auch manuell annotierte Verhaltensdaten verarbeitet und verglichen.

Die durch das KI-System ermittelten Rohdaten wurden zunächst bereinigt indem ungültige Zeitstempel entfernt und aufeinanderfolgende identische Haltungen (liegen oder stehen) zu zusammenhängenden Phasen aggregiert wurden. Für jede Phase wurden Startzeit, Endzeit und Dauer berechnet. Zur Verarbeitung sehr kurzzeitiger Haltungswechsel wurden Korrekturverfahren mit unterschiedlichen Minstdauern einer Haltung zwischen 1 und 10 Sekunden angewendet. Ein Haltungswechsel, der entsprechend kürzer war, wurde also nicht berücksichtigt bzw. herausgefiltert. Die resultierenden 10 Datensätzen wurden dann einzeln im Vergleich zum manuell annotierten Datensatz ausgewertet. Die manuell annotierten Verhaltensdaten wurden ebenso standardisiert und mit den automatisch erzeugten Daten zeitlich synchronisiert. Beide Datensätze wurden schließlich in einer 1-Sekunden Auflösung zusammengeführt. Der resultierende Datensatz bildete die Grundlage für die Validierung der automatischen Haltungserkennung. Die Ergebnisse der Auswertung für die Datensätze mit einer Sekunde Korrektur, mit einer 5-Sekunden-Korrektur und einer 10-Sekunden Korrektur sind in Tabelle dargestellt. Dabei wurde die Anzahl an Tieren ermittelt, die an jeden Zeitpunkt die jeweilige Haltung in der Bucht einnehmen. Es konnte festgestellt werden, dass zwar eine größere Anzahl an kurzen dauern in diesem Zeitraum enthalten waren, aber deren Filterung kaum einen größeren Effekt auf die Statistische Auswertung hatten.

Erster Validierter Datensatz

Die ersten umfangreicheren Auswertungen wurden für Daten aus Bucht 11 (Vollspaltenbucht, siehe Tabelle 42) durchgeführt. Analysiert wurden Aufzeichnungen vom 14.02.2023 im Zeitraum von 09:57:05.000 bis 15:10:05.800. Der durch Computer Vision erzeugte Datensatz umfasste insgesamt 1.126.068 einzelne Datenbankeinträge. In Tabelle wird ersichtlich, dass unabhängig vom Korrekturverfahren der Anteil an Datenpunkte, an denen die Anzahl liegende und stehende Tiere im automatisch ausgewerteten Datensatz dem manuell annotierten Wert entsprachen zwischen 94,5 und 95,6 % lag. Somit kann die Genauigkeit der Haltungserkennung auf Gruppenebene im ersten validierten Datensatz als sehr gut bewertet werden.

Tabelle 42: Erste Auswertung der Validierung des Datensatzes vom 14.02.2023 zwischen 10:10:00 und 15:00:00 Uhr jeweils ohne Korrektur, mit 5 Sekunden Korrektur (5 s) und mit 10 Sekunden Korrektur (10 s). n = Anzahl, % = prozentualer Anteil

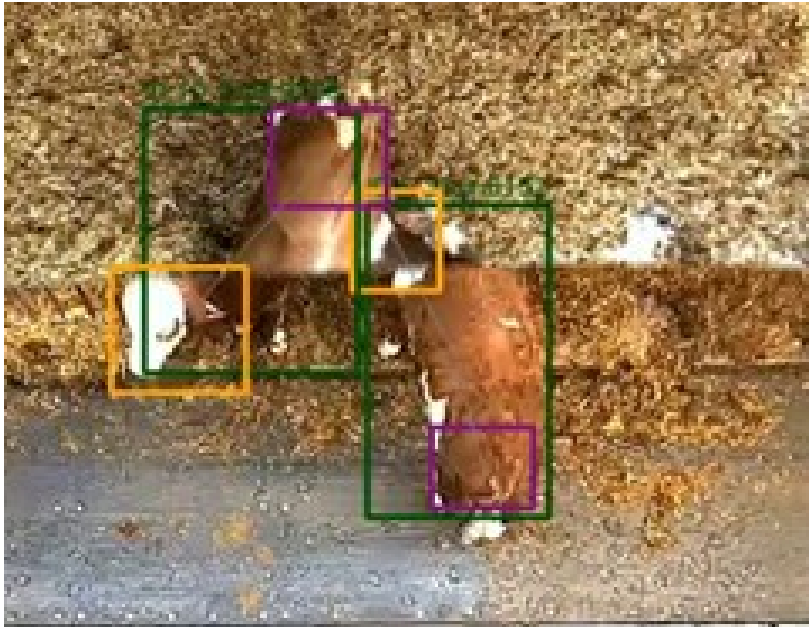
	n	%
Zeilen im Datensatz (gesamt)	17401	
Zeilen im Datensatz mit Annotation	16729	
Vergleichbare Zeilen (1 s)	16518	
Anteil vergleichbarer Zeilen (1 s)		94,9
Anteil korrekter Zählungen (an vergleichbaren Zeilen) (1 s)		94,5
Vergleichbare Zeilen (5 s)	16551	
Anteil vergleichbarer Zeilen (5 s)		95,2
Anteil korrekter Zählungen (an vergleichbaren Zeilen) (5 s)		95,6
Vergleichbare Zeilen (10 s)	16457	
Anteil vergleichbarer Zeilen (10s)		94,6
Anteil korrekter Zählungen (an vergleichbaren Zeilen) (10 s)		95,4

Zweiter Validierter Datensatz

Die Validierung des zweiten und auch größeren Datensatzes wurde für Daten aus Bucht 11 und Bucht 6 (Vollspalten- bzw. Tretmistbucht, siehe Tabelle) durchgeführt. Besonders am Datensatz von Bucht 6 ist, dass hier zwei Kameras miteinander durch eine Angleichung der Zeitstempel in ein einzelnes großes Bild zusammengeschnitten werden mussten. Die Kameras im Tretmistbereich sowie im Auslauf sind in unterschiedlichen Höhen installiert worden und 5,5 m voneinander entfernt. Dies hat zur Folge, dass bei einem Wechsel von einem Tier vom Tretmistbereich in den Auslauf und andersherum, das Tier als Ganzes weiterhin im Bild dargestellt wird. Dabei ist es allerdings trotzdem mittig „verdreht“. Bilder an diesem Übergang

mussten nachträglich in das Training der Computer-Vision aufgenommen werden (siehe Abbildung 86).

Abbildung 86: Vergrößerter Bildausschnitt von Bucht 6. Zu sehen ist die „Verdrehung“ des Körpers aufgrund perspektivischer Verschiebungen am Übergang zwischen Tretmistbereich (oben) und Auslaufbereich (unten), bei stabiler Identifikation der Körperteile und Haltungskennzeichnung.



Insgesamt wurden für Bucht 6 für das Datum vom 10.01.2025 bis zum 04.02.2025, 154.849.536 Datenbankeinträge erstellt. Für Bucht 11 wurden ab dem 10.01.2025 bis zum 19.02.2025, 210.850.290 Datenbankeinträge erstellt. Je Tag wurden für 12 Tiere rund 6,2 Millionen Datensätze und für 10 Tiere etwa 5,2 Millionen Datensätze in die Datenbank geschrieben. Durch Defizite bei der Speicherung und Herstellung der Videos kam es zu einigen Datenlücken, welche zusammen mit den Datensätzen je Tag in Tabelle 43 dargestellt werden.

Mehrere Videodateien zeigten bei der Auswertung ein durchgehend grünes Bild über die gesamte Sequenz. Die betroffenen Dateien wiesen im Vergleich zu fehlerfreien 30-minütigen Aufnahmen eine deutlich geringere Dateigrößen auf, was darauf hindeutete, dass Teile der Videoaufzeichnung nicht vollständig gespeichert wurden. Die Störungen traten erst nach längerer Daueraufzeichnung auf und betrafen nicht alle Kameras gleichzeitig. Eine eindeutige Ursache konnte zum Zeitpunkt der Auswertung nicht festgestellt werden. Möglicherweise trugen technische Faktoren während des Aufzeichnungsprozesses, wie etwa kurzzeitige Überlastungen der Speicher- oder Netzwerkressourcen, zu den Ausfällen bei. Mechanische Einflüsse, insbesondere übermäßige Kabellängen, sind unwahrscheinlich, da sämtliche Netzkabel kürzer als 50 m waren.

Die aus den erhöhten technischen Anforderungen des Aufnahmesystems abgeleiteten Anpassungen werden derzeit weiterverfolgt. Trotz der Störungen konnten die verbleibenden, fehlerfreien Aufnahmen für die weitere Auswertung genutzt werden, während die betroffenen Zeiträume als verloren betrachtet werden müssen.

Tabelle 43: Mit der Computer-Vision verarbeitete Datensätze je Tag für Bucht 6 und Bucht 11.

Bucht 6, Tretmist mit integriertem Auslauf			Bucht 11, Spaltenbereich		
Tag	Datensätze n	Daten Lücken (sek)	Tag	Datensätze n	Daten Lücken (sek)
10.01.2025	6124356	4	10.01.2025	5106410	1
11.01.2025	6220872	2	11.01.2025	5183840	1
12.01.2025	6091200	1803	12.01.2025	5184110	1
13.01.2025	6215532	76	13.01.2025	5179740	73
14.01.2025	6057804	1804	14.01.2025	5183540	9
15.01.2025	6124392	1803	15.01.2025	5184120	0
16.01.2025	6220788	2	16.01.2025	5184070	1
17.01.2025	6091344	1800	17.01.2025	5183960	3
18.01.2025	6220644	5	18.01.2025	5183890	4
19.01.2025	6220392	8	19.01.2025	5184100	1
20.01.2025	6215532	75	20.01.2025	5179490	73
21.01.2025	6220428	8	21.01.2025	5183930	1
22.01.2025	6220752	3	22.01.2025	5184020	1
23.01.2025	6220752	4	23.01.2025	5183920	0
24.01.2025	6187308	5	24.01.2025	5183730	0
25.01.2025	6124236	1805	25.01.2025	5183870	2
26.01.2025	6220860	2	26.01.2025	5184070	1
27.01.2025	6215448	76	27.01.2025	5179480	74
28.01.2025	6220800	3	28.01.2025	5183530	6
29.01.2025	6220728	3	29.01.2025	5183840	1
30.01.2025	6220680	4	30.01.2025	5182710	20
31.01.2025	6091044	1805	31.01.2025	5183590	6
01.02.2025	6220812	3	01.02.2025	5183910	3
02.02.2025	6005328	2994	02.02.2025	5183310	8
03.02.2025	6215412	77	03.02.2025	5179500	75
04.02.2025	442092	0	04.02.2025	5183880	2
			05.02.2025	5183940	1
			06.02.2025	5183690	8
			07.02.2025	5183690	7
			08.02.2025	5183910	4
			09.02.2025	5183760	6
			10.02.2025	5179360	78
			11.02.2025	5184060	2
			12.02.2025	5145720	639
			13.02.2025	5184070	1
			14.02.2025	5183840	1
			15.02.2025	5183870	2
			16.02.2025	5184110	1
			17.02.2025	5179470	77
			18.02.2025	5184030	2
			19.02.2025	3638210	5

Validiert wurden alle Aufzeichnungen des 10.01.2025 in dem Zeitraum von 00:00:00 bis 24:00:00 Uhr. Der am 10.01.2025 durch Computer-Vision erzeugte Datensatz für Bucht 11 (Spaltenbereich) umfasste 5.106.410 Datenbankeinträge, während der Datensatz für Bucht 6 (Tretmistbereich) insgesamt 6.124.356 Datenbankeinträge umfasste.

Da die Identifizierung und damit auch die Verfolgung der individuellen Tiere über die Zeit nach verschiedenen Anpassungsversuchen des Modells im Bullenstall im jetzigem Entwicklungsstadium noch nicht möglich war, wurden die Tiere und deren Daten hauptsächlich auf Gruppen- bzw. Buchtenebene betrachtet und mit manuellen Annotationen verglichen. Die Haltungen, „stehend“ und „liegend“ wurden im Rohdatensatz je Frame aufsummiert. Die Summe der Tiere in der Haltung „stehend“ und „liegend“ ergibt im Spaltenbereich bzw. in Bucht 11 immer

10 Tiere, während im Tretmiststall immer insgesamt 12 Tiere erkannt werden müssen. Die Annotationen wurden in allen zur Verfügung stehenden Videos sekundengenau durchgeführt. Es wurde dann die Anzahl an liegenden und stehenden Tieren im Computer-Vision Datensatz mit den in den manuellen Annotationen verglichen. In Tabelle 44 wurden die korrekten Frames, also die Frames, bei denen die Anzahl an liegenden und stehenden Tieren den Annotationen entsprach, gezählt. Im Ergebnis konnten in Bucht 6 83,48 % der Zeit alle Tiere in jedem Frame ihrer korrekten Haltung zugewiesen werden. In Bucht 11 waren es im entsprechenden Zeitraum 81,21 %.

Tabelle 44: Validierung des Datensatzes vom 10.01.2025 zwischen 00:00:00 und 24:00:00 Uhr

	Bucht 6, Tretmist mit integriertem Auslauf	Bucht 11, Spaltenbereich
Vergleichbare Frames n	490583	498575
Korrekte Frames n	409554	404900
Korrekte Frames (%)	83,48	81,21

In

Tabelle 45 ist die Anzahl bzw. die Abweichung an durch die Computer-vision als liegend identifizierten Tieren im Vergleich zu den manuellen Annotationen in verschiedenen Zeiträumen dargestellt. Dabei ist zu vermerken, dass es in Bucht 11 zwischen 13 und 14 Uhr und zwischen 14 und 15 Uhr zu einer deutlichen Abweichung der Computer-Vision vom Referenzdatensatz kam. Bei der Prüfung des Datensatzes stellte sich heraus, dass dies ein unentdecktes sogenanntes „Hard-Example“ darstellte. Ein „Hard-Example“ stellt ein Beispielbild für eine bestimmte schwierige Ausnahmesituation dar, welche beim Training der Computer-Vision diese Situation mit in den Algorithmus integriert. Es handelte sich bei einem Großteil der Abweichungen dieses Zeitraums um ein einzelnes Tier, welches eine Haltung angenommen hatte, die aus der Vogelperspektive im betrachteten Raster schwer einer Haltung zuzuordnen war. Da die durch die Computer-Vision erkannte Haltung bei wenig Bewegung dazu tendiert stabil zu bleiben, zog sich dieser Fehler über etwas mehr als 2 Stunden durch den Datensatz. Die gleichen Daten sind in relativen Zahlen in Tabelle 46/46 dargestellt.

Tabelle 45: Stündliche Verteilung der Abweichungen der Haltungserkennung für die Haltung „liegen“ der Computer-Vision im Vergleich zu den händischen Annotationen in Anzahl an Frames (CV = Computer-Vision) am 10.01.2025

Bucht 6: CV - Abweichung von „Liegen“ Annotationen	-4 Abwei- chung von 12	-3 Abwei- chung von 12	-2 Abwei- chung von 12	-1 Abwei- chung von 12	Perfekte Überein- stimmung	1 Abwei- chung von 12	2 Abwei- chung von 12	3 Abwei- chung von 12	Abwei- chung 4 von 12
Tretmist, 0 - 1 - Uhr	0	0	7	1011	10264	1179	283	6	0
Tretmist, 1 - 2 - Uhr	0	0	57	2434	15255	2963	6	0	0
Tretmist, 2 - 3 - Uhr	0	0	0	25	17531	2777	3	0	0
Tretmist, 3 - 4 - Uhr	0	0	0	38	18819	1537	18	6	0
Tretmist, 4 - 5 - Uhr	0	0	0	122	19526	1302	0	0	0
Tretmist, 5 - 6 - Uhr	0	0	0	783	19094	873	0	0	0
Tretmist, 6 - 7 - Uhr	0	0	0	61	18554	1868	196	0	0
Tretmist, 7 - 8 - Uhr	0	0	0	23	20246	670	12	0	0
Tretmist, 8 - 9 - Uhr	0	0	0	1532	19295	295	1	0	0
Tretmist, 9 - 10 - Uhr	0	0	0	172	18499	2070	33	0	0
Tretmist, 10 - 11 - Uhr	0	0	0	81	19300	1139	11	0	0
Tretmist, 11 - 12 - Uhr	0	0	0	2644	17692	605	10	0	0
Tretmist, 12 - 13 - Uhr	0	0	0	184	20072	673	34	0	0
Tretmist, 13 - 14 - Uhr	0	0	1	2317	18312	376	3	0	0
Tretmist, 14 - 15 - Uhr	0	3	863	8094	11097	709	14	0	0
Tretmist, 15 - 16 - Uhr	0	0	7	1737	18285	731	24	0	0
Tretmist, 16 - 17 - Uhr	0	17	155	5145	14284	1106	7	0	0
Tretmist, 17 - 18 - Uhr	0	0	15	2651	14192	3330	614	88	2
Tretmist, 18 - 19 - Uhr	0	0	0	16	15974	4617	523	45	1
Tretmist, 19 - 20 - Uhr	0	0	0	133	14728	4775	829	191	0
Tretmist, 20 - 21 - Uhr	0	0	0	379	14871	4284	742	85	0
Tretmist, 21 - 22 - Uhr	0	0	7	539	18408	1728	92	0	0
Tretmist, 22 - 23 - Uhr	0	0	2	1067	16280	2536	824	4	0
Tretmist, 23 - 24 - Uhr	0	0	174	1173	18976	499	6	0	0
Bucht11: CV - Abweichung von „Liegen“ Annotationen	-4 Abwei- chung von 10	-3 Abwei- chung von 10	-2 Abwei- chung von 10	-1 Abwei- chung von 10	Perfekte Überein- stimmung	1 Abwei- chung von 10	2 Abwei- chung von 10	3 Abwei- chung von 10	4 Abwei- chung von 10
Spalte, 0 - 1 - Uhr	0	0	20	660	12904	136	0	0	0
Spalte, 1 - 2 - Uhr	0	0	4	1302	19876	118	0	0	0
Spalte, 2 - 3 - Uhr	0	106	967	6882	12667	200	0	0	0
Spalte, 3 - 4 - Uhr	0	2	403	2674	18101	162	0	0	0
Spalte, 4 - 5 - Uhr	0	0	3	1511	19203	181	0	0	0
Spalte, 5 - 6 - Uhr	0	0	23	704	20159	270	0	0	0
Spalte, 6 - 7 - Uhr	0	127	4342	5636	10670	81	0	0	0
Spalte, 7 - 8 - Uhr	0	0	0	119	20642	539	1	0	0
Spalte, 8 - 9 - Uhr	0	0	0	20	20961	123	14	0	0
Spalte, 9 - 10 - Uhr	0	0	0	4	21141	99	0	0	0
Spalte, 10 - 11 - Uhr	0	0	0	16	21117	106	0	0	0

Spalte, 11 - 12 - Uhr	0	0	0	518	20517	146	0	0	0
Spalte, 12 - 13 - Uhr	0	0	104	1180	19707	18	0	0	0
Spalte, 13 - 14 - Uhr	0	15	414	17341	3391	21	0	0	0
Spalte, 14 - 15 - Uhr	2	58	1178	15259	4204	1	0	0	0
Spalte, 15 - 16 - Uhr	16	559	2251	5227	12870	8	0	0	0
Spalte, 16 - 17 - Uhr	0	0	17	2713	18294	387	10	0	0
Spalte, 17 - 18 - Uhr	0	0	1	199	18893	2110	93	3	0
Spalte, 18 - 19 - Uhr	0	0	1	292	19573	1340	56	0	0
Spalte, 19 - 20 - Uhr	0	0	30	1444	17261	2130	73	1	0
Spalte, 20 - 21 - Uhr	0	1	233	1718	17958	762	36	0	0
Spalte, 21 - 22 - Uhr	0	0	35	2161	18436	248	0	0	0
Spalte, 22 - 23 - Uhr	0	0	31	2836	17417	606	0	0	0
Spalte, 23 - 24 - Uhr	0	0	0	628	19938	609	0	0	0

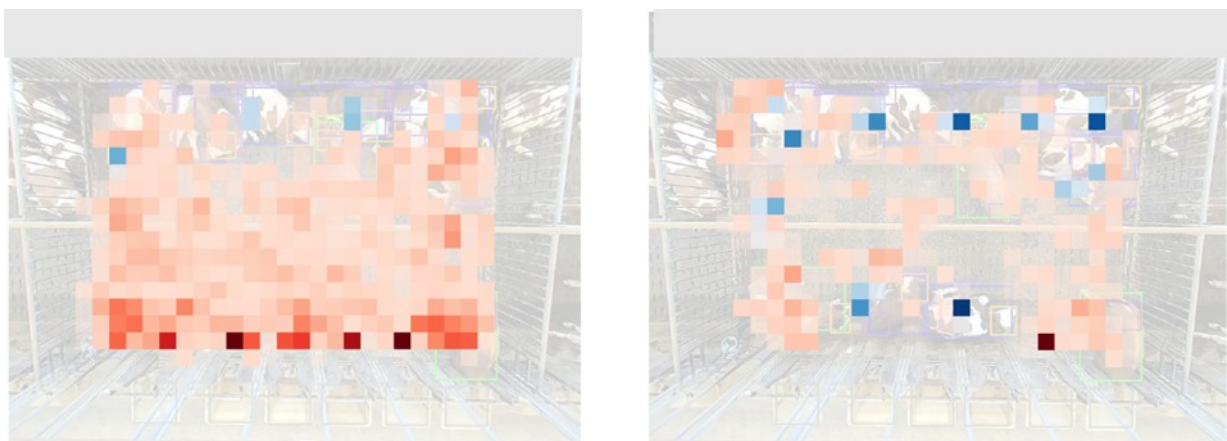
Tabelle 46: Stündliche Verteilung der Abweichungen der Haltungserkennung für die Haltung „liegen“ der Computer-Vision im Vergleich zu den händischen Annotationen in Prozent an Frames (CV = Computer-Vision) am 10.01.2025

Bucht 6: CV - Abweichung von Annotationen	-4 Abwei- chung von 12	-3 Abwei- chung von 12	-2 Abwei- chung von 12	-1 Abwei- chung von 12	Perfekte Überein- stimmung	1 Abwei- chung von 12	2 Abwei- chung von 12	3 Abwei- chung von 12	Abwei- chung 4 von 12
Tretmist, 0 - 1 - Uhr	0	0	0	8	81	9	2	0	0
Tretmist, 1 - 2 - Uhr	0	0	0	12	74	14	0	0	0
Tretmist, 2 - 3 - Uhr	0	0	0	0	86	14	0	0	0
Tretmist, 3 - 4 - Uhr	0	0	0	0	92	8	0	0	0
Tretmist, 4 - 5 - Uhr	0	0	0	1	93	6	0	0	0
Tretmist, 5 - 6 - Uhr	0	0	0	4	92	4	0	0	0
Tretmist, 6 - 7 - Uhr	0	0	0	0	90	9	1	0	0
Tretmist, 7 - 8 - Uhr	0	0	0	0	97	3	0	0	0
Tretmist, 8 - 9 - Uhr	0	0	0	7	91	1	0	0	0
Tretmist, 9 - 10 - Uhr	0	0	0	1	89	10	0	0	0
Tretmist, 10 - 11 - Uhr	0	0	0	0	94	6	0	0	0
Tretmist, 11 - 12 - Uhr	0	0	0	13	84	3	0	0	0
Tretmist, 12 - 13 - Uhr	0	0	0	1	96	3	0	0	0
Tretmist, 13 - 14 - Uhr	0	0	0	11	87	2	0	0	0
Tretmist, 14 - 15 - Uhr	0	0	4	39	53	3	0	0	0
Tretmist, 15 - 16 - Uhr	0	0	0	8	88	4	0	0	0
Tretmist, 16 - 17 - Uhr	0	0	1	25	69	5	0	0	0
Tretmist, 17 - 18 - Uhr	0	0	0	13	68	16	3	0	0
Tretmist, 18 - 19 - Uhr	0	0	0	0	75	22	2	0	0
Tretmist, 19 - 20 - Uhr	0	0	0	1	71	23	4	1	0
Tretmist, 20 - 21 - Uhr	0	0	0	2	73	21	4	0	0
Tretmist, 21 - 22 - Uhr	0	0	0	3	89	8	0	0	0
Tretmist, 22 - 23 - Uhr	0	0	0	5	79	12	4	0	0
Tretmist, 23 - 24 - Uhr	0	0	1	6	91	2	0	0	0
Tretmist Stundendurchschnitt (%)	0,0	0,0	0,3	6,6	83,4	8,7	0,9	0,1	0,0
Bucht11: CV - Abweichung von Annotationen	-4 Abwei- chung von 10	-3 Abwei- chung von 10	-2 Abwei- chung von 10	-1 Abwei- chung von 10	Perfekte Überein- stimmung	1 Abwei- chung von 10	2 Abwei- chung von 10	3 Abwei- chung von 10	4 Abwei- chung von 10
Spalte, 0 - 1 - Uhr	0	0	0	5	94	1	0	0	0
Spalte, 1 - 2 - Uhr	0	0	0	6	93	1	0	0	0
Spalte, 2 - 3 - Uhr	0	1	5	33	61	1	0	0	0
Spalte, 3 - 4 - Uhr	0	0	2	13	85	1	0	0	0
Spalte, 4 - 5 - Uhr	0	0	0	7	92	1	0	0	0
Spalte, 5 - 6 - Uhr	0	0	0	3	95	1	0	0	0
Spalte, 6 - 7 - Uhr	0	1	21	27	51	0	0	0	0
Spalte, 7 - 8 - Uhr	0	0	0	1	97	3	0	0	0
Spalte, 8 - 9 - Uhr	0	0	0	0	99	1	0	0	0
Spalte, 9 - 10 - Uhr	0	0	0	0	100	0	0	0	0

Spalte, 10 - 11 - Uhr	0	0	0	0	99	0	0	0	0
Spalte, 11 - 12 - Uhr	0	0	0	2	97	1	0	0	0
Spalte, 12 - 13 - Uhr	0	0	0	6	94	0	0	0	0
Spalte, 13 - 14 - Uhr	0	0	2	82	16	0	0	0	0
Spalte, 14 - 15 - Uhr	0	0	6	74	20	0	0	0	0
Spalte, 15 - 16 - Uhr	0	3	11	25	61	0	0	0	0
Spalte, 16 - 17 - Uhr	0	0	0	13	85	2	0	0	0
Spalte, 17 - 18 - Uhr	0	0	0	1	89	10	0	0	0
Spalte, 18 - 19 - Uhr	0	0	0	1	92	6	0	0	0
Spalte, 19 - 20 - Uhr	0	0	0	7	82	10	0	0	0
Spalte, 20 - 21 - Uhr	0	0	1	8	87	4	0	0	0
Spalte, 21 - 22 - Uhr	0	0	0	10	88	1	0	0	0
Spalte, 22 - 23 - Uhr	0	0	0	14	83	3	0	0	0
Spalte, 23 - 24 - Uhr	0	0	0	3	94	3	0	0	0
Spalte Stundendurchschnitt (%)	0,0	0,2	2,0	14,2	81,5	2,1	0,1	0,0	0,0

Besonders wichtig bei der Analyse der Videoaufnahmen war die zeitliche und inhaltliche Präzision beim Tracking von Objekten, da ansonsten Bewegungen über mehrere Frames nicht exakt nachverfolgt werden können. Fehlerhafte Frames führen im Tracking zu Sprüngen, Inkonsistenzen oder zum vorübergehenden Verlust von Objekten, während zeitliche Abweichungen das Zusammenführen der Daten mit anderen Datenquellen, beispielsweise bei der Tieridentifikation über die RFID an den Wiegetrögen, erschweren. Eine Sicherstellung der kontinuierlichen Aufzeichnung, vollständiger Dateistrukturen und korrekter Zeitstempel ist daher eine Voraussetzung, um die Daten zuverlässig für KI-gestütztes Tracking, Multisensor-Analysen und weiterführende wissenschaftliche Auswertungen nutzen zu können. Auf Buchtenebene können Bewegungsmuster auch ohne Identifizierung der Einzeltiere analysiert werden. In Abbildung 87 wurden aus den aus den vom Algorithmus berechneten Körperboxen (siehe Abbildung 87) zwei „Heatmaps“ erstellt. Eine „Heatmap“ ist eine grafische Visualisierung von Daten, bei der Werte als Farben in einer Matrix, in diesem Fall die einzelne Bucht, dargestellt werden. Die Farbabstufungen repräsentieren die Summe der Zentroiden aller Tiere, die sich über den Zeitraum an diesem Ort aufgehalten haben. Rot stellt die Haltung „stehen“ dar, während blau die Haltung „liegen“ darstellt. Je dunkler die Farbe, desto mehr Tiere standen an diesem Ort in der Bucht. Je dunkler die blaue Farbe, desto mehr Tiere lagen in dieser Position. Die Skalen der Rot und Blau Färbung sind zwischen den Buchten Identisch. Die Bilder fassen Körperboxen über einen Zeitraum von 30 Minuten zusammen.

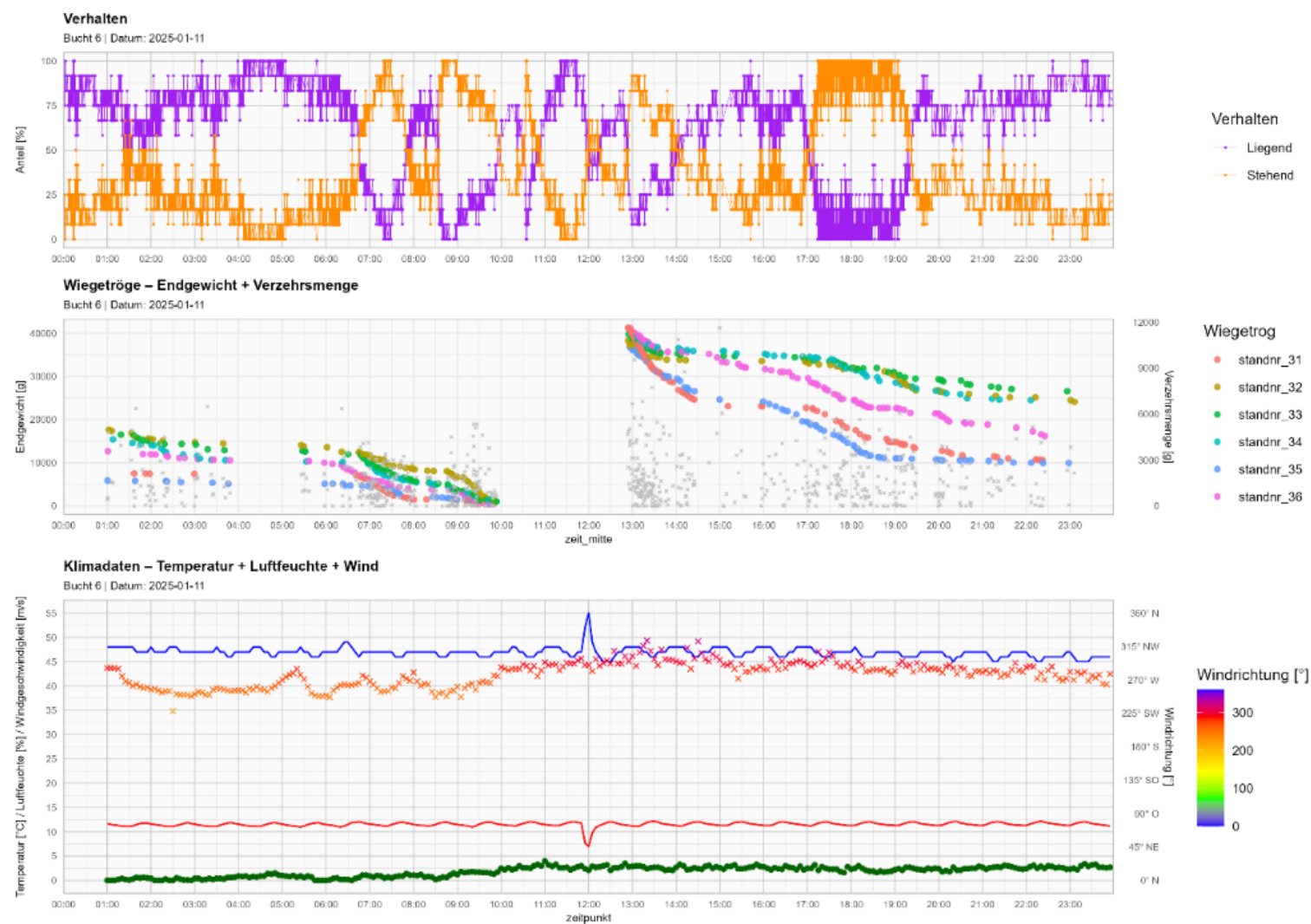
Abbildung 87: Blau = liegen. Rot =Stehen. Links: Heatmap der Körperbox-Zentroide pro Frame, aggregiert auf ein 30 × 30-Pixel-Raster, für Bucht 11. Alle Tiere im Zeitraum vom 14.02.2023, 11:30–12:00 Uhr wurden berücksichtigt. Rechts: Heatmap der Körperbox-Zentroide pro Frame, ebenfalls aggregiert auf ein 30 × 30-Pixel-Raster für Bucht 11. Dargestellt sind alle Tiere im Zeitraum vom 14.02.2023, 14:00–14:30 Uhr.



Im linken Bild wurden 4 Minuten nach dem Start der Darstellung um 11:30 Uhr die Wiegetröge mit Futter befüllt und 5 Minuten später geöffnet. Man kann an den zahlreichen hellroten Kacheln deutlich den angeregten Bewegungsraum an der Vorderseite der Bucht erkennen und darüber hinaus, an den dunkleren Kacheln wo die Tiere nach der Öffnung an den Futtertrögen stehen. An den äußeren Seiten sind ebenfalls dunklere Flecken zu erkennen. In diesem Bereich befinden sich weitere Wiegetröge sowie die Wassertränken. Die deuten darauf hin, dass sich die Tiere an diesem Ort in diesem Zeitraum zwar länger aufgehalten haben, diese aber mehr in Bewegung waren als an den Wiegetrögen. Am oberen Ende sind kaum dunkle Rote Kacheln zu finden, welches darauf hindeutet, dass dieser Bereich für die Tiere in diesem Zeitrahmen weniger interessant war.

Auf dem Bild auf der rechten Seite sind dagegen weniger rote Kacheln sichtbar, dafür allerdings eine sehr dunkle. Deutlicher zu erkennen sind hier neun sehr dunkle blaue Punkte, welche die Haltung liegen darstellen. Die blauen Kacheln sind scharf von Ihrer Umgebung getrennt welches auf einen Längen Aufenthalt in derselben Position hindeutet. Ansonsten lässt sich auch eine hellroter über die Bucht verteilte Kachel-Ansammlung erkennen. Zu diesem Zeitpunkt bewegte sich ein einzelnes Tier durch die gesamte Bucht und umkreiste seine Artgenossen. Da die Zeit bekannt ist ermöglicht die Darstellung in Kombination mit Videoaufnahmen und Wiegetrogdaten eine sehr gute Übersicht über das Gruppen-Verhalten eines gesamten Tages. Diese einfache Darstellung zeigt also exemplarisch das Potenzial des Computer-Vision-System für ethologische Auswertungen über einen längeren Zeitraum auf Gruppen- bzw. Buchtenebene.

Abbildung 88: Visualisierung von 24 h automatisch generierter Daten aus Bucht 6 (Tretmist) vom 11.01.2025. Oben - Verhaltenswerte (orange - Anteil stehend, lila- Anteil liegend). Mitte - Wiegetrogsdaten mit Verzehrmenge und Wiegetrog-Füllstände. Unten - Klimadaten der Stallklimamessungen (grün - Windgeschwindigkeit außerhalb des Stalls, Farbspektrum - Windrichtung außerhalb des Stalls, rot - Temperatur im Stall, und blau – rel. Luftfeuchtigkeit im Stall).

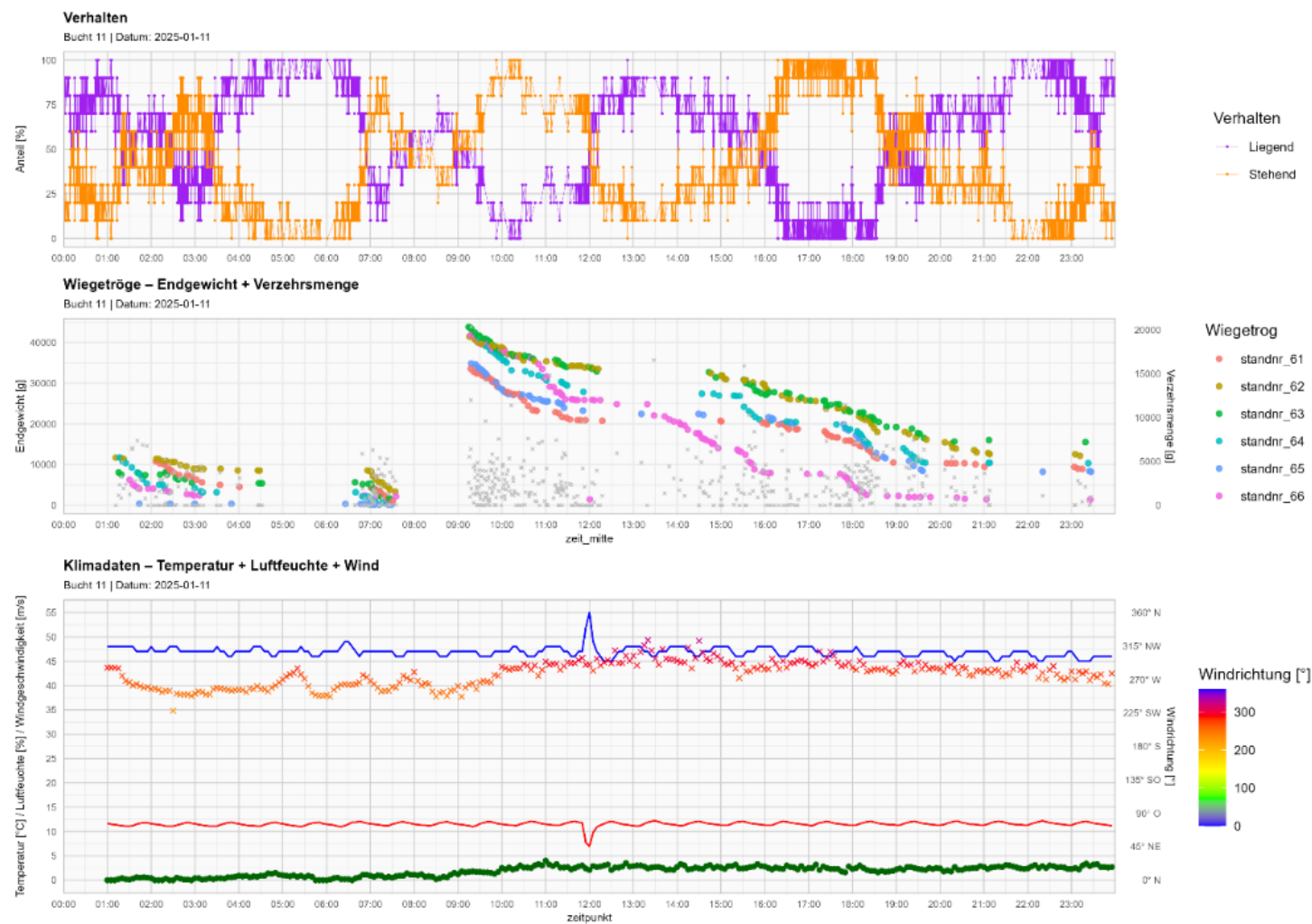


Eine weitere Darstellungsform der automatisch erfassten Verhaltensdaten wird in Abbildung 88 dargestellt. In dieser Abbildung wurde die auf Gruppenebene erhobene Verteilung der Haltungen (liegen/stehe), kombiniert mit den Daten zur Futteraufnahme und den Daten der Klimastation auf einer gemeinsamen Zeitachse dargestellt. In der Darstellung ein übersichtlicher Eindruck vom Geschehen in der Bucht möglich. Dabei sind deutliche Aktivitätsphasen über den Tag erkennbar. Ab Beginn der Darstellung am 11.01.2025 um 00:00 Uhr bis um 06:45 Uhr hat ein Großteil der Tiere in Bucht 6 gelegen, wobei einige Tiere auch während dieses Zeitraums aktiv waren. Zwischen 01:20 und 02:00 Uhr standen nahezu 50 % Tiere in der Bucht, fraßen (siehe Wiegetrogdaten) und bewegten sich in der Bucht. Zwischen 04:00 und 05:00 Uhr war es am ruhigsten und es lagen die meisten Tiere.

Um 06:45 Uhr wurde durch das Computer-Vision System ein starker Anstieg der als stehend klassifizierten Tiere beobachtet. Dies ist die Uhrzeit, in der das Stallpersonal den ersten Kontrollrundgang durchführt. In der Regel wird dabei die Wiegetrogfüllung geprüft und aus dem hinteren Bereich der Tröge etwas Restfutter nach vorne zu den Tieren geschoben. Es lässt sich um 07:00 Uhr erkennen, dass es bei fast leeren Trögen zu einer erneuten Futteraufnahme gekommen ist. Nach circa 30 Minuten begannen sich die Tiere in Bucht 6 wieder hinzulegen, bis sie um 8:30 gemeinsam wieder aufstanden. Dieses Muster wiederholt sich bis zur automatischen Öffnung der Tröge nach der Befüllung um 13:00 Uhr. Zum gleichen Zeitpunkt stieg die Verzehrmenge bei den Wiegetrögen schnell an und blieb ca. 50 Minuten auf einem hohen Niveau. Die vielen niedrigen Verzehrmenen sind ein Indikator dafür, dass die Tiere sich zu diesem Zeitpunkt gegenseitig aus den Wiegetrögen vertrieben oder diese nach kurzer Zeit freiwillig wieder verlassen haben. Da das Tier-Fressplatz-Verhältnis durch den limitierten Platz für die Wiegetröge bei 2:1 liegt, kann nur die Hälfte der Tiere gleichzeitig fressen. Interessant ist auch, dass während der Fütterungsphase immer noch bis 25 % der Tiere als liegend erkannt wurden. In Hinblick auf die Futteraufnahme ist auffällig, dass die Wiegetröge „standnr 31“ und „standnr 35“ in den ersten 1,5 Stunden nach der Fütterung mehr genutzt wurden als in die anderen Tröge. Ab circa 14:30 Uhr fand eine Pause in der Futteraufnahme statt, welche bis etwa 16:00 Uhr anhielt. Ab dort bis 19:00 Uhr nahmen die Tiere kontinuierlich Futter auf. Ab der Fütterung um 13:00 Uhr scheinen die Tiere sich bis 15:45 Uhr gleichmäßig von überwiegend stehend zu überwiegend liegend zu verlagern bis dann wieder einige Tiere um 16:20 Uhr aufstanden. Die nächste Auffällige Phase ist der Zeitraum von 17:15 bis 19:15 Uhr, in dem in sehr kurzer Zeit die Gesamte Herde aufstand. In Bucht 6 hat das auf die Aktivitätsphase folgende Niederlegen von ungefähr 75 % der Tiere zwischen 19:00 und 19:30 stattgefunden. Bis 24:00 Uhr haben sich ab diesem Zeitpunkt mehr und mehr Tiere niedergelegt.

Ein kurzer Anstieg der Luftfeuchtigkeit gekoppelt mit einer Abnahme der Temperatur um 12:00 entspricht das Öffnen der Stalltore zur Maschineneinfahrt für die Fütterungszeit.

Abbildung 89: Visualisierung von 24 h automatisch generierter Daten aus Bucht 11 (Spaltenboden) vom 11.01.2025. Oben - Verhaltenswerte (orange - Anteil stehend, lila- Anteil liegend). Mitte - Wiegetrogdaten mit Verzehrmenge und Wiegetrog-Füllstände. Unten - Klimadaten der Stalklimamessungen (grün - Windgeschwindigkeit außerhalb des Stalls, Farbspektrum - Windrichtung außerhalb des Stalls, rot – Temperatur im Stall, und blau – rel. Luftfeuchtigkeit im Stall).



In Abbildung 89 wurde ebenso der 11.02.2025 dargestellt, aber für eine Bucht aus dem Spaltenbereich (Bucht 11) mit insgesamt 10 Tieren. Beim Vergleich beider Grafiken ist ersichtlich, dass um 00:00 Uhr nicht ganz so viele Tiere im Spaltenbereich gelegen haben als im Tretmistbereich. Nach einer kurzzeitigen Angleichung der Anzahl der stehenden und liegenden Tiere gegen 01:00 Uhr kann ein Anstieg der als „stehend“ klassifizierten Tiere ab 01:20 Uhr beobachtet werden. Anders als im Tretmistbereich dauerte diese Phase länger und war gegen 03:30 auch deutlich stärker ausgeprägt. Ab dieser Uhrzeit stellt sich das Gruppenverhalten ähnlich wie im Tretmistbereich dar, indem die Tiere bis um 06:45 Uhr eine längere Liegephase zeigten. Nach dieser Uhrzeit sind nahezu alle Tiere aufgestanden und haben wie im Tretmistbereich begonnen etwas Futter in den Wiegetrögen aufzunehmen. Im Spaltenbereich wurde um 09:20 Uhr - und damit deutlich früher als im Tretmistbereich - gefüttert. Dies motivierte zwischen 09:20 und 10:00 Uhr nach und nach alle Tiere zum Aufstehen, allerdings im Vergleich langsamer als im Tretmistbereich. Wie man anhand der Wiegetrogdaten sehen kann, wurde die erste Fressphase kurz nach 12:00 mittags beendet. Daraufhin legten sich nahezu alle Tiere hin. Ab 14:00 Uhr steigerte sich wieder die Anzahl der stehenden Tiere bis 16:20 Uhr. Kurz nach 16:20 Uhr kann im Spaltenbereich ein ähnliches Muster wie in Bucht 6 beobachtet werden, da alle Tiere 2 Stunden ab diesem Zeitpunkt in eine längere Stehphase übergingen, welche um 18:30 Uhr abrupt zu Ende ging. Auffällig ist hierbei, dass diese Phase ziemlich genau um eine Stunde im Vergleich zum Tretmistbereich verschoben war, was möglicherweise im Zusammenhang mit der verspäteten Fütterung im Tretmistbereich steht. Im Vergleich zur Gruppe im Tretmistbereich lässt sich beobachten, dass sich einzelne Tiere im Spaltenbereich nach dieser Phase etwas langsamer niederlegten, um 21:35 Uhr aber dann auch die gesamte Gruppe lag. Um 23:00 Uhr standen noch einmal einige Tiere auf und wurden auch am Wiegetrog mit einzelnen Futteraufnahmen registriert. Zum Ende des Tages legten sich die meisten dieser Tiere diese allerdings wieder nieder. Bei Betrachtung der Restfuttermenge am Ende des Tages lässt sich ablesen, dass sich im Spaltenbereich deutlich weniger Restfutter im Futtertrog befand als in dem Tretmiststall.

Abbildung 90: Visualisierung einer Woche automatisch generierter Daten aus Bucht 11 (Spaltenbucht) und Bucht 6 (Tretmistbucht) vom 10.01.2025 bis 16.01.2025. Oben - Verhaltenswerte (Anteil stehend, Anteil liegend). Mitte - Wiegetrogdaten mit Verzehrmenge und Wiegetrogfüllständen. Unten - Klimadaten der Stallklimamessungen (grün - Windgeschwindigkeit außerhalb des Stalls, Farbspektrum - Windrichtung außerhalb des Stalls, rot – Temperatur im Stalldurchschnitt, und blau – rel. Luftfeuchtigkeit im Stalldurchschnitt).

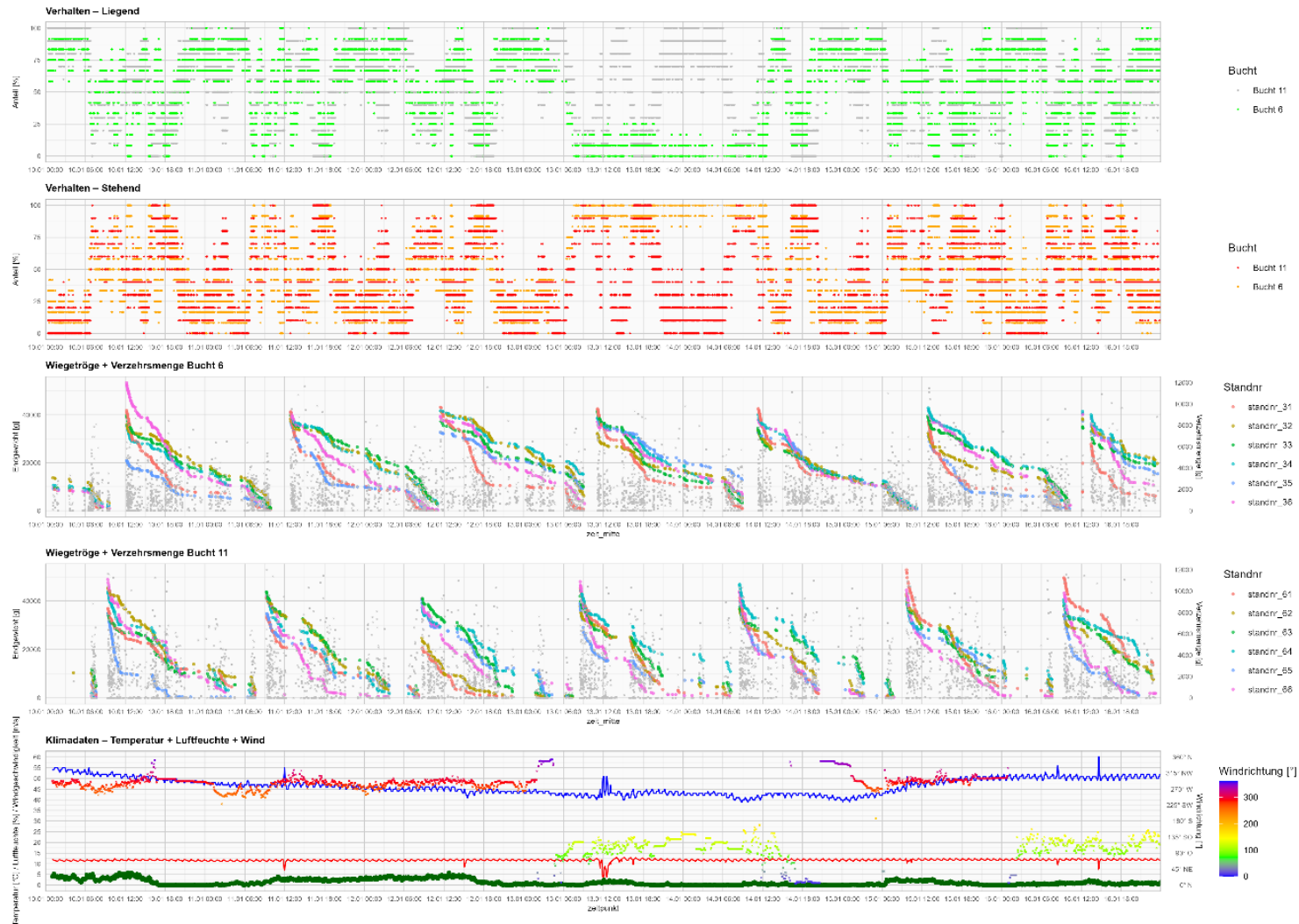


Abbildung 90 zeigt einen Zeitraum von einer Woche mit beiden durch die Computer-Vision ausgewerteten Abteilen in einer gemeinsamen Darstellung, inklusive ihrer zugehörigen Wiegetrog- und Klimadaten. In dieser Darstellung wurde die Anzahl der stehenden und liegenden Tiere getrennt dargestellt, um die zeitliche Überlappung beider Buchten darzustellen.

Ein weiteres Beispiel für die Nutzung von automatisch generierten Daten zum Verhalten der Tiere ist der Vergleich der Liege- bzw. Stehzeiten über mehrere Tage in den Vollspalten- und Tretmistbuchten. In Abbildung 91 sind Boxplots für die Steh- bzw. Liegezeiten in (durchschnittliche) Stunden pro Tier und Tag in Bucht 6 (Tretmist) bzw. Bucht 11 (Vollspalten). Die Punkte stellen vier Ausreißer, die am 13. und 14.01.2025 in Bucht 6 zustande gekommen sind. Hier wird vermutet, dass ggf. Videodateien beschädigt gewesen seien, die zu Fehler in der Haltungserkennung bei den Tieren geführt haben könnte.

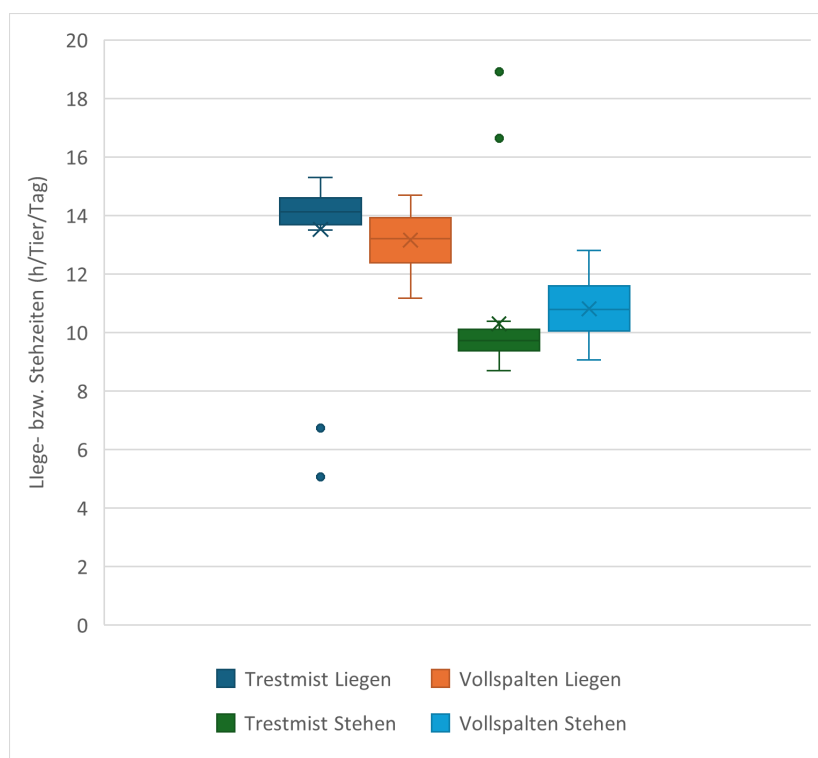


Abbildung 91: Boxplots der Liege- bzw. Stehzeiten für eine Tretmist- bzw. Vollspaltenbucht

In Tabelle 47 sind die Werte tabellarisch dargestellt. Obwohl die Stichprobe nur 25 (für den Tretmistbereich) bzw. 40 Tage (für den Vollspaltenbereich) darstellt, ist ein deutlicher Unterschied zwischen den zwei Buchtentypen zu erkennen. In Bucht 6 (Tretmist) liegen die Tiere länger und stehen für weniger Stunden pro Tag als in der Vollspaltenbucht.

Tabelle 47: Beschreibende Statistik für die Liege- bzw. Stehzeiten in Stunden pro Tier und Tag

	Tretmist		Vollspalten	
	Liegen	Stehen	Liegen	Stehen
n (Tage)	25	25	40	40
Mittelwert (Tier/Tag (h))	13,53	10,30	13,17	10,82
Median (Tier/Tag (h))	14,13	9,73	0,90	0,87
SA (Tier/Tag (h))	2,35	2,27	11,18	9,06
Min (Tier/Tag (h))	5,06	8,69	14,70	12,80
Max (Tier/Tag (h))	15,31	18,92	13,21	10,78

Aufgrund des unterschiedlichen Alters der Tiere zum Zeitpunkt der Videoaufnahmen, der unterschiedlichen Belegdichte sowie der unterschiedlich gefütterten Rationen ist eine Interpretation der Ergebnisse aus ethologischer Sicht bzw. in Bezug auf das Tierwohl leider nicht möglich. Ein Einsatz der Computer-Vision-Technologie zum Vergleich mehrerer Haltungssysteme über einen längeren Zeitraum könnte aber in einem zukünftigen Versuch mit vergleichbaren Altersgruppen bzw. Rationen stattfinden.

c) Futteraufnahme und Leistungsdaten der Versuchstiere

Durch Arbeitsspitzen im Versuchsbetrieb und hohe Ansprüche an die Beschaffung einer ausreichenden Anzahl geeigneter Versuchstiere ist es nicht möglich gewesen, beide Abteile bzw. Haltungssysteme des Gruber Mastbullenstalls gleichzeitig aufzustellen. Die untersuchten Mastdurchgänge waren meist zeitlich versetzt, somit konnten zu den Versuchs- und Kontrollgruppen nur teilweise zeitgleich Daten erfasst werden. Außerdem waren die Leistungs- und Futteraufnahmedaten der Tiere in den verschiedenen Buchten nur bedingt vergleichbar, da auch unterschiedliche Rationen gefüttert wurden. Somit war es auch zu erwarten, dass die Schlachtgewichte der verschiedenen Rationsgruppen unterschiedlich ausfallen würden.

Es konnten 60 Tiere in der Auswertung vom Versuch zum Mastdurchgang R563 (Vollspaltenboden) einbezogen werden (siehe Tabelle 48). Das durchschnittliche Anfangsgewicht der Tiere betrug 205 kg und das Endgewicht 743 kg. Das Schlachtgewicht lag bei 429 kg, was einer Ausschachtung von 57,7 % entspricht. Bei einer Mastdauer von durchschnittlich 325 Tagen ergeben sich 1.655 g tägliche Zunahmen.

Die Futteraufnahme der Tiere lag im Versuch R563 im Durchschnitt der Masttage und aller Tiere bei 20,9 kg Frischmasse, die als totale Mischration vorgelegt wurde. Während in den ersten 100 Masttagen durchschnittlich 18 kg Frischmasse pro Tier und Tag aufgenommen wurden, waren dies im weiteren Verlauf durchschnittlich 22,2 kg pro Tier und Tag. Hierfür benötigten die Tiere im Mittel 57,7 Minuten pro Tag. Insgesamt fanden durchschnittlich 67,7 Registrierungungen pro Tier und Tag über RFID an den Wiegetrögen statt.

Tabelle 48: Leistungsdaten des Versuchs R563 im Gruber Mastbullenstall auf Spalten.

	Tierzahl (Ausgewertet)	Ration	Ø Mastdauer	Anfangsgewicht (Einstellung, Erstes Wiegen)	Endgewicht	Zunahmen	durchschnittliche tägl. Zunahmen Einstallung bis Schlachtung
			Tage	kg	kg	kg	g
Mittelwert			325	205	743	538	1655
Minimum			309	172	607	416	1209
Maximum			344	230	865	663	1970
Ration	30	1	325	205	745	540	1659
	30	2	324	206	741	535	1651
Bucht Nr. 7	8	1	323	205	740	536	1657
Bucht Nr. 8	12	1	326	206	733	527	1616
Bucht Nr. 9	10	1	326	204	762	559	1713
Bucht Nr. 10	8	2	325	207	752	544	1672
Bucht Nr. 11	12	2	323	205	734	529	1636
Bucht Nr. 12	10	2	325	205	741	536	1652

Es konnten 73 Tiere in der Auswertung vom Versuch zum Mastdurchgang R565 (Tretmistbereich) einbezogen werden (siehe Tabelle 49). Das durchschnittliche Anfangsgewicht der Tiere betrug 231 kg und das Endgewicht 736 kg. Das Schlachtgewicht lag bei 419 kg, was einer

Ausschlachtung von 57,1 % entspricht. Bei einer Mastdauer von durchschnittlich 312 Tagen ergeben sich 1.616 g tägliche Zunahmen.

Die Futteraufnahme der Tiere lag im Versuch R565 im Durchschnitt der Masttage und aller Tiere bei 21,6 kg Frischmasse, die als totale Mischration vorgelegt wurde. Während in den ersten 100 Masttagen durchschnittlich 17,7 kg Frischmasse pro Tier und Tag aufgenommen wurden, waren dies im weiteren Verlauf durchschnittlich 23,5 kg pro Tier und Tag. Hierfür benötigten die Tiere im Mittel 42,6 Minuten pro Tag. Insgesamt fanden durchschnittlich 61,3 Registrierungen pro Tier und Tag über RFID an den Wiegetrögen statt.

Tabelle 49: Leistungsdaten des Versuchs R565 im Gruber Mastbullenstall auf Tretmist mit Integriertem Auslauf.

	Tier- zahl (Aus- gewer- tet)	Ra- tion	Ø Mastdauer	Anfangsge- wicht (Ein- stallung, Ers- tes Wiegen)	Endge- wicht	Zunah- men	durchschnittli- che tägl. Zu- nahmen Ein- stallung bis Schlachtung
565			Tage	kg	kg	kg	g
Mittelwert	73		312	231	736	312	1616
Minimum			294	182	640	294	1342
Maximum			329	284	877	329	2060
Ration	25	1	312	231	747	312	1652
	24	2	311	232	730	311	1599
	24	3	313	230	730	313	1595
Bucht Nr. 1	13	1	319	214	733	319	1627
Bucht Nr. 2	13	2	317	217	727	317	1608
Bucht Nr. 3	12	3	318	214	723	318	1603
Bucht Nr. 4	12	3	308	246	736	308	1587
Bucht Nr. 5	11	2	304	249	733	304	1587
Bucht Nr. 6	12	1	304	250	762	304	1678

Beim Mastdurchgang R570 (Vollspaltenbuchten) konnten 58 Tiere einbezogen werden (siehe Tabelle 50). Das durchschnittliche Anfangsgewicht der Tiere betrug 218 kg und das Endgewicht 726 kg. Das Schlachtgewicht lag bei 402 kg, was einer Ausschlachtung von 55,8 % entspricht. Bei einer Mastdauer von durchschnittlich 330 Tagen ergeben sich 1.530 g tägliche Zunahmen.

Die Futteraufnahme der Tiere lag im Versuch R570 im Durchschnitt der Masttage und aller Tiere bei 21,2 kg Frischmasse, die als totale Mischration vorgelegt wurde. Während in den ersten 100 Masttagen durchschnittlich 17,9 kg Frischmasse pro Tier und Tag aufgenommen wurden, waren dies im weiteren Verlauf durchschnittlich 22,8 kg pro Tier und Tag. Hierfür benötigten die Tiere im Mittel 59,8 Minuten pro Tag. Insgesamt fanden durchschnittlich 59 Registrierungen pro Tier und Tag über RFID an den Wiegetrögen statt.

Tabelle 50: Leistungsdaten des Versuchs R570 im Gruber Mastbullenstall auf Spalten.

	Tier- zahl (Aus- gewer- tet)	Ra- tion	ø Mastdauer	Anfangsge- wicht (Ein- stallung, Ers- tes Wiegen)	Endge- wicht	Zunah- men	durchschnittli- che tägl. Zu- nahmen Ein- stallung bis Schlachtung
570			Tage	kg	kg	kg	g
Mittelwert	58		330	218	726	508	1530
Minimum			316	162	551	303	984
Maximum			344	250	912	693	2020
Ration	28	1	330	217	715	497	1507
	30	2	331	218	737	519	1553
Bucht Nr. 7	10	2	335	196	708	512	1523
Bucht Nr. 8	10	1	337	198	701	503	1485
Bucht Nr. 9	10	2	331	222	743	521	1550
Bucht Nr. 10	8	1	330	222	726	504	1523
Bucht Nr. 11	10	2	327	235	758	523	1585
Bucht Nr. 12	10	1	322	233	719	486	1515

d) Arbeitswirtschaft

Die Ergebnisse der arbeitswirtschaftlichen Auswertungen aus den Versuchen im Mastbullenstall in Grub wurden an das im Thünen-Institut ansässige Institut für Betriebswirtschaft übermittelt und sind im Kapitel „Querschnittsthema Ökonomische Bewertung“ zu finden.

e) Arbeitssicherheit

Arbeitssicherheit – Vergleichende Einschätzung der Mitarbeiter

Vor der Befragung zu einzelnen Gefährdungen im Gruber Mastbullenstall wurden die vier Mitarbeiter gebeten, ihre Erfahrung im Umgang mit Bullen anzugeben. Drei der vier Mitarbeiter haben viel (über 3 Jahre) Erfahrung, einer gab 1-2 Jahre an. Auf die Frage, wieviel Arbeitszeit die Mitarbeiter in der Summe im Spaltenbereich und im Strohbereich arbeiten, schätzen drei der Mitarbeiter viel Zeit (>5h) und einer mittel (1-5 h) viel Arbeitszeit pro Woche im Spaltenbereich zu verbringen. Die Arbeitszeit im Strohbereich wurde von allen vier Befragten als viel (>5h) pro Woche geschätzt. Auf die Frage, wie hoch sie ihre Arbeitszeit mit Bullenkontakt pro Woche im Spaltenbereich einschätzen, gaben zwei der vier Mitarbeiter über 60 Minuten an, einer gab 10-60 Minuten an und ein weiterer machte keine Angabe. Im Strohbereich machten die Mitarbeiter die gleichen Angaben. Es wurde allerdings darauf hingewiesen, dass die Kontaktzeit in beiden Bereichen schwankt und manchmal im Strohbereich nicht ausreicht, wenn beispielsweise Funktionsstörungen an der Entmistung auftreten.

Bei der Erhebung zur Arbeitssicherheit wurde abgefragt, ob die Mitarbeiter sich einer bestimmten Gefährdung ausgesetzt sehen. Auffällig war, dass die Ergebnisse insgesamt sehr ähnlich waren, daher werden hier nur auffällige Unterschiede erwähnt. Auf die Frage, ob Mitarbeiter im Laufe eines Mastdurchgangs dieser Gefahr ausgesetzt sind wurden besonders häufig die direkten physischen Gefahren durch Bullen, die Gefährdung durch unzureichende Ausbildung im Umgang mit Tieren, die Gefährdung durch einzelne gefährliche Tiere, die Gefährdung durch nicht gesicherte Absperrungen, Zäune oder Tore, die Gefährdungen durch ungesicherte Zugänge, die Gefährdung während des Behandeln von Tieren, die Rutsch- und Stolpergefahr, ergonomische Risiken und das Infektionsrisiko genannt.

Auf die Frage, wie oft es bei einem Mitarbeiter im Laufe eines Durchgangs aufgrund einer Gefährdung im jeweiligen Bereich beinahe oder tatsächlich zu einer Verletzung kommt, wurde bei den täglichen Gefahren besonders häufig die Rutschgefahr genannt. Auffällig war, dass

sich alle Mitarbeiter im Strohbereich häufiger direkten physischen Gefahren durch Bullen und Gefährdungen durch Maschinen- und Geräte ausgesetzt sahen. Diese Einschätzung ließ sich auch in den anderen mit Tierkontakt verknüpften Kategorien wiederfinden. Ein weiterer Unterschied konnte bei den ergonomischen Risiken festgestellt werden, welche ebenfalls im Strohbereich als häufiger betrachtet wurden. Die schwersten Verletzungen im Falle eines Unfalls wurden ebenfalls hauptsächlich dem Umgang mit Bullen zugeschrieben.

Arbeitssicherheit – Anwendung von Versuchstechnik im direktem Tierkontakt

Abbildung 92: Einsatz der innovativen Treibhilfe im Spaltenbereich im Bullenmaststall bei heranwachsenden Bullen.



Die Versuche der Hochschule Weihenstephan Triesdorf zum Einsatz eines innovativen mobilen Sichtschutzes (siehe Abbildung 92) begannen im August 2024 und wurden im Mastbullenstall sowohl im Spaltenbereich als auch im Tretmistbereich im Rahmen der monatlichen Wiegungen durchgeführt. Beim Austrieb mit Sichtschutz wurde zunächst das Austriebstor geöffnet. Anschließend betraten ein bis zwei Personen die Bucht über den neben dem Austriebstor liegenden Personenschlupf. Der aktive Treiber hakte den Sichtschutz am Austriebstor ein und begann anschließend mit dem Austrieb der Tiere. Die zweite Person verblieb passiv hinter dem ausgezogenen Sichtschutz oder im späterem Versuchsverlauf im Personenschlupf und war für die Tiere weitgehend verdeckt. Diese Person diente ausschließlich der Absicherung und griff nur dann aktiv in den Austrieb ein, wenn ein Bulle zwischen Sichtschutz und Boxenrand durchzubrechen drohte. Beim Austrieb ohne Sichtschutz wurde ebenfalls zunächst das Austriebstor geöffnet. Die beiden Personen betraten anschließend die Bucht über denselben Personenschlupf und begannen in identischer Weise mit dem Austrieb der Tiere. Zur Zeitvermessung sowie zur detaillierten Analyse der Abläufe wurden über den Versuchsverlauf Video-

aufnahmen der einzelnen Buchten angefertigt. Diese dienten sowohl der direkten Beobachtung während der Durchführung als auch der nachträglichen Auswertung auffälliger Situationen.

Wie auch bei Kühen und Rindern war es bei Bullen möglich, planbare Gruppenbewegungen aus größerer Entfernung auszulösen. Dies erfolgte durch ein gezieltes und vorsichtiges Unterschreiten sowie anschließendem Verlassen der individuellen Bewegungsdistanz der Tiere. Der Erfolg dieser Maßnahme war jedoch stark abhängig vom Agitationszustand der Tiere sowie von den baulichen Gegebenheiten des fest installierten Austriebs in der Ecke der Bucht. In einigen Fällen wurden gerade kleinere Tiere in der Kontrollgruppe auch durch eine Einzelne Person ausgetrieben. Im Vergleich zum Treiben durch zwei Personen konnten mehr unvorhersehbare Reaktionen der Tiere festgestellt werden, sofern die treibenden Personen für die Tiere gut erkennbar und räumlich nah beieinander waren. Als unerwartet oder auffällig bewertete Situationen konnten mithilfe der Videoaufzeichnungen im Nachhinein analysiert und besser nachvollzogen werden.

Der Einsatz der Treibhilfe stellte sich im Bullenstall als weitestgehend erfolgreich heraus. Die Treibhilfe war bei jüngeren Tieren aufgrund der Scheu vor fremden Objekten besonders effektiv. Es war durch einen einzelnen Mitarbeiter möglich, sehr große Flächen mit vollkommenem Überblick über die Tiergruppe zu kontrollieren und in eine gezielte Richtung zu lenken. Bei großen Bullen kam es im späteren Verlauf vereinzelt zu Versuchen den Sichtschutz aus der Halterung zu lösen, einige davon waren erfolgreich. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass die Erfahrungen mit der innovativen Treibhilfe bisher nur mit einem festen Treibgang genutzt wurden. Die Erfahrungswerte lassen sich nicht ohne weitere Versuche auf andere Stallsysteme übertragen. Alternative Nutzungen der Treibhilfe müssen noch näher untersucht werden, um konkrete Empfehlungen aussprechen zu können.

Die im Rahmen der Evaluationsstudie zur innovativen Treibhilfe der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf generierten Erfahrungen wurden am 28.10.2025 bei „Technikertagung Versuchswesen Tierhaltung 2025“ der Bayerischen Staatsgüter mit dem Schwerpunktthema „Tierschutz und Tierwohl im Versuchswesen Tier“ mit Berufskollegen aus anderen Versuchseinrichtungen geteilt und besprochen.

Aus den arbeitswirtschaftlichen Daten wurden Zahlen erhoben, welche die arbeitssicherheitsrelevanten Zeiträume sichtbar machen. In Tabelle 51 werden die Zeiträume, in denen Mitarbeiter in direktem Tierkontakt standen, in den zwei Haltungsbereichen dargestellt. Es sind keine akuten Gefahrensituationen abgebildet, sondern lediglich die Zeiträume, in denen sich keine Objekte zwischen Mitarbeitern und den Tieren befinden. In der Tabelle werden Kontakt zu Einzeltieren und zu einer ganzen Gruppe nicht unterschieden.

Tabelle 51: Summiert Zeiträume, in denen Mitarbeiter in direktem Tierkontakt standen. Arbeits-Personen-Stunden (APH) in der Tierumgebung und nach Personenanzahl sortierte Summe der Zeiträume mit direktem Tierkontakt.

	04.-11.3.2025 Tretmistbereich incl. Auslauf	04.-11.3.2025 Spaltenbereich	01.-07.07.24 Spaltenbereich
Gesamtzeit in Tierumgebung	00:21:34	00:10:33	00:28:18
Gesamt APH in Tierumgebung	00:36:03	00:11:14	00:47:58
1 Person in Tierumgebung	00:09:46	00:09:52	00:08:38
2 Personen in Tierumgebung	00:09:07	00:00:41	00:19:40
3 Personen in Tierumgebung	00:02:41	00:00:00	00:00:00

Arbeitssicherheit - Einsatz von AR-Technologie

Der Durch den explorativen Einsatz einer AR-Brille konnte der Stall aus Sicht der Tiere betrachtet werden und somit räumliche und visuelle Einflussfaktoren auf das Verhalten der Tiere besser nachvollzogen werden. Insbesondere zeigte sich, dass Bereiche des Stalls, die aus menschlicher Sicht unproblematisch erscheinen, von den Tieren als hemmend oder bedrohlich wahrgenommen werden können. Verhaltensweisen, die zuvor als unvorhersehbar oder sogar irrational interpretiert wurden, konnten durch die gewonnene Perspektive schlüssiger erklärt werden. Dies bezog sich insbesondere auf Annäherungen von Menschen aus dem peripherem Sichtfeld und der Wechsel zwischen helle und dunkle Lichtverhältnisse.

Veränderung der Einschätzung von Stressoren und Gefahrenlagen

Insbesondere bei Triebvorgängen sowie beim Ein- und Ausstallen konnte bei den Versuchen zum Thema Arbeitssicherheit ein verbessertes Verständnis für kritische Situationen und Bereiche gewonnen werden. Eine an die Wahrnehmung der Rinder angepasste Gestaltung von Arbeitsabläufen kann diese erleichtern und das Risiko von Mensch-Tier-Konfliktsituationen reduzieren. Die Mitarbeiter schlossen beispielsweise bei Wiegungen das mittlere Stall-Tor, um einen flüssigeren Arbeitsablauf herbeizuführen. Als diese Stelle mit der AR-Brille geprüft wurde, konnte festgestellt werden, dass bei ungünstigen Lichtbedingungen die Tiere Schwierigkeiten haben, ihre Augen schnell an das Licht anzupassen und sind damit einseitig für einige Sekunden nicht in der Lage die Umgebung einzusehen. Darüber hinaus scheint es für die Tiere unangenehm zu sein, wenn sich aus dieser Richtung eine Person nähert.

In der Praxis stützen sich landwirtschaftliche Arbeitskräfte häufig auf Erfahrungswerte und situatives Handeln, um auf besonders unvorhersehbare Situationen reagieren zu können. Die Erfahrungen zeigten, dass genau in diesem Kontext eine Stallbereichsbegehung mit AR-Technologie einen Mehrwert bieten kann, indem sie komplexe Informationen zur Wahrnehmung von Rindern unmittelbar zugänglich macht. Insgesamt könnte der Einsatz einer AR-Brille einen positiven Effekt auf die Sicherheit bei verschiedenen Arbeitsabläufe haben.

f) Stallklima

Leider kam es durch einen wiederholten Ausfall der zu Beginn des Projektes verwendeten Sensorik zu Datenlücken bzw. zu einer erheblichen Beschädigung des Datensatzes. Es wurde ein neues System angeschafft, welches ab 16.10.2024 die Klimaparameter erheben konnte. Die gesammelten Stallklimadaten wurden gemeinsam mit den im Projekt verarbeiteten Computer-Vision-Daten ausgewertet. Da diese im aktuellen Projektumfang noch nicht ethologisch ausgewertet werden konnten, werden sie im Rahmen von zukünftigen Veröffentlichungen, auch in Zusammenarbeit mit dem Querschnittsthema „Hitzestress und Klima“, weiter analysiert.

g) Querschnittsthema Ökonomie

Die erfassten Daten zur Ökonomie wurden an das Thünen-Institut übermittelt und sind unter „Querschnittsthema Ökonomische Bewertung“ zu finden.

3.1.14. Interpretation der Ergebnisse (LfL)

a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

In der der Richtlinie zur Förderung der Einrichtung von Innovationsnetzwerken und Experimentierställen zur Entwicklung von „Ställen der Zukunft“ für die Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung im Rahmen des Bundesprogramms Nutztierhaltung sollten innovative Methoden für die Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung entwickelt werden, die das Tierwohl verbessern, Zielkonflikte minimieren und damit zur gesellschaftlichen Akzeptanz beitragen. Obwohl es im

Rahmen dieses Teilprojektes aus finanziellen nicht möglich war, die angestrebte Umbaulösung für den Mastbullenstall in Grub durchzuführen und zu untersuchen, wurde an eine innovative, digitale Methode, die das Potential hat, das Tierwohls und die Tiergesundheit in Mastbullenställe zu verbessern, gearbeitet. Im Rahmen dieses Projektes war es möglich, die Grundbausteine für eine KI-assistierte, automatische Verhaltenserkennung bei Mastbullen zu legen. Aufgrund der limitierten Möglichkeiten zur sensorgestützten Verhaltensüberwachung bei Mastbullen, stellen die Erfahrungen im Aufbau und in der Validierung dieses Computer-Vision-Systems einen wichtigen Fortschritt für das Gesundheitsmonitoring in diesem Bereich dar. Eine Implementierung eines solchen Systems in der Praxis wäre nicht nur in einem Forschungskontext interessant, sondern könnte auch die Herdenüberwachung, sowie nach Optimierung der Einzeltieridentifikation auch das frühzeitige Eingreifen bei Gesundheitsproblemen beim Einzeltier vereinfachen.

b) **Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung**

Die durch das Computer-Vision-System gewonnenen Orts- und Bewegungsdaten der Tiergruppen liegen in hoher zeitlicher Auflösung vor. Auf Gruppenebene ergibt sich bereits nach diesem ersten Versuch eine solide Datengrundlage, die über die reine Objektdetektion hinausgeht. Die Daten und deren Struktur ermöglichen systematische Analysen, wie beispielsweise die Nutzung des Stallraums, die Analyse von Verhaltensmustern und Umweltpräferenzen über längere Zeiträume mit hoher Detailschärfe.

In Bezug auf die Verhaltensforschung bei Mastbullen lassen sich aus dieser Art der Erfassung einige Vorteile erkennen. Zum einen müssen keine Sensoren an den Tieren angebracht werden, um die Daten zu erheben. Gerade bei Mastbullen kann sich das Anbringen und Entfernen von Sensoren als sehr arbeitsintensiv und teilweise gefährlich darstellen und bringt je nach Sensor-Typ aufgrund des schnellen Wachstums das Risiko für Technopathien, wie beispielsweise Scheuer- oder Einschnittstellen, mit sich. Dadurch, dass für die Computer-Vision nur wenige Bauteile verbaut werden, ist das System abgesehen von einer regelmäßigen (erfahrungsgemäß ca. vierteljährige) Reinigung nach seiner Installation, relativ wartungsarm.

Hochfrequente Positionsdaten ermöglichen zudem eine quantitative Analyse der Bewegungsintensität innerhalb des Stalls. Es lassen sich Laufwege, Laufkorridore und häufig genutzte Bewegungsrouten identifizieren. Gleichzeitig können Ruhebereiche lokalisiert werden, in denen sich Tiere bevorzugt aufhalten oder längere Liegezeiten zeigen. Derartige Analysen liefern Hinweise auf die funktionale Gestaltung des Stalls und erlauben Rückschlüsse darauf, welche Einflüsse bestimmte Bereiche auf die Raumnutzung der Tiere haben. Darauf aufbauend lassen sich Rückschlüsse zur Beschaffenheit des Stallbodens auf die Nutzung unterschiedlicher Untergrundtypen ziehen. Es kann untersucht werden, ob bestimmte Bodenarten bevorzugt zum Liegen, Stehen oder Bewegen genutzt werden oder ob sie gemieden werden. Veränderungen im Aktivitätsniveau der Tiere über den Tagesverlauf oder in Abhängigkeit von Umweltbedingungen bzw. Stallklima lassen sich ebenfalls abbilden. Die aus diesem System gewonnenen Daten können wertvolle Informationen über die soziale Struktur der Herde liefern und deren Anpassung an bestimmte Restriktionen, wie beispielsweise Limitierungen zum sofortigen Zugang zu Futterstellen bei höherem Aufkommen, Wasserstellennutzung bei hohen Stalltemperaturen oder Platzlimitierungen auf Liegeflächen. Die auf Gruppenebene aus langen Versuchsperioden erhobenen Aktivitätsdaten eignen sich, bereits in dem aktuellen Entwicklungsstadium des Computer-Vision-Systems, für gezielte Vergleiche wie beispielsweise zur Identifikation von positiven und negativen Effekten von unterschiedliche Managementmaßnahmen, unterschiedlichen Rationen und zur Untersuchung vom Verhalten von Tieren im unterschiedlichen Alter.

In ihrer Gesamtheit stellen die erhobenen Daten eine präzise Grundlage dar, die eine systematische Untersuchung von Verhaltensmustern, Raumnutzung und Umweltpräferenzen der Tiere erlaubt. Sie eröffnen sowohl für die verhaltensbiologische Forschung unter Praxisbedingungen als auch für tierwohlorientierte Managementmaßnahmen ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten und bilden die Basis für weiterführende Analysen von Tierverhalten über einen längeren Zeitraum.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Assistenzsysteme in der Nutztierhaltung können als Warnsystem Tierhalter*innen dabei unterstützen, Gesundheitsprobleme bei Tieren in der Herde zu erkennen und frühzeitig einzugreifen. Eine automatische, KI-gestützte Verhaltensanalyse könnte frühzeitig auf Änderungen in der Herdendynamik in den Buchten alarmieren. Bei einer frühzeitigen Untersuchung des betroffenen Tieres könnten Krankheiten im frühen Stadium erkannt werden und somit den Einsatz von Medikamenten reduzieren, was zur Nachhaltigkeit in diesem Bereich beitragen könnte.

d) Sonstige Erkenntnisse

Typische Herausforderungen der auf KI-basierten Tiererkennung sind wechselnde Lichtbedingungen, Bildverzerrungen und Unschärfen, verdeckte oder überlappende Tiere, unterschiedliche Körperhaltungen und schwierige Kameraperspektiven. Diese Herausforderungen wurden im Projekt durch ein repräsentatives Trainingsdatenset sowie einen iterativen Hard-Example-Mining-Ansatz angegangen, bei welchem problematische Aufnahmen gezielt nachannotiert und wiederholt trainiert wurden.

Es zeigte sich außerdem, dass eine eindeutige, datensatzbasierte Zeitkodierung für die algorithmische Verarbeitung entscheidend ist. Die direkte Echtzeitdarstellung im Videobild erzeugt zusätzlichen Rechenaufwand und potenzielle Fehlerquellen. Für künftige Arbeiten sollte daher ein Verfahren implementiert werden, das die reale Aufnahmezeit konsistent über alle Verarbeitungsschritte datenbasiert abbildet.

Die angestrebte Dateigröße betrug ca. 1GB pro Stunde und Kamera. Dabei waren die Bitrate und Auflösung entscheidend. Die im Versuch aufgenommenen Audiodaten könnten in Zukunft als weitere Information in die Auswertungen einfließen. Darüber hinaus ist auch eine Prüfung der Nutzung der Infrarotaufnahmen unter Praxisbedingungen nötig, um die Bildqualität der Nachtsicht zu verbessern.

Aufgrund der anfänglichen Probleme mit dem Dateiformat, soll in Zukunft mit Videos im MP4-Format gearbeitet werden. Außerdem wird für zukünftige Versuche eine Bildrate von 10 fps empfohlen, da diese die Abbildung von Millisekunden rechnerisch vereinfacht und gleichzeitig eine ausreichende Datenbasis bietet. Darüber hinaus ist eine Einblendung von Datum und Uhrzeit im Kamerabild empfehlenswert, da dies in späteren Arbeitsschritten eine klare Orientierung bei manuellen Auswertungen bietet.

Die automatischen Auswertungen von Videoaufnahmen, die in der Nacht bzw. bei Dunkelheit entstanden sind, stellte sich als deutlich schwieriger heraus bei Tageslichtverhältnissen. Neben der Verbesserung der Bildqualität könnten hier auch erweiterten Trainingsdatensätzen oder separate Algorithmen mit reduzierten Objekterkennungsklassen eingesetzt werden. Auch die Zuordnung von Köpfen zu Tieren verfügt noch über Optimierungspotenzial, konnte allerdings in der Ausarbeitung des Algorithmus aktuell noch nicht vollständig ausgebaut werden. In Bezug auf das Tracking der Tiere könnten auch im Bullenstall mit einem Re-Identifizierungs Modul noch deutliche Verbesserungen erzielt werden. Durch ein Re-Identifizierung würden zusätzlich zur Boxgröße und -position auch die optischen Merkmale der Tiere berücksichtigt

werden. Aus den Ergebnissen der AG1 Kälber der LfL lässt sich ableiten, dass optische Identifikationsmerkmale, in diesem Fall farbige Halsbänder, der Tieridentifikation RFID-Scannern für die automatische, KI-gestützte Tieridentifizierung deutlich überlegen sind.

e) Ausblick

In verschiedenen Bereichen der Tierhaltung, wie beispielsweise in der Geflügelhaltung, wird bereits Computer-Vision genutzt, um bei Verhaltensauffälligkeiten der Gruppe im Stallgebäude zu warnen. Digitale Technologien werden aufgrund der Veränderungen in der Agrarstruktur und die Zunahme der Tierzahl auf den einzelnen Betrieben zunehmend zur Gesundheitsüberwachung in der Tierhaltung eingesetzt. Videoüberwachung mit KI-Unterstützung stellt dabei eine vielversprechende Möglichkeit dar, das Verhalten von Tieren nicht nur auf Gruppenebene, sondern irgendwann auch beim Einzeltier zu überwachen und frühzeitig auf Gesundheitsprobleme, die sich durch Verhaltensveränderungen äußern, aufmerksam zu machen.

Innerhalb des Projektes war es durch die Schwerpunktsetzung auf die Methodenentwicklung der Computer-Vision und der limitierten Zeit leider nicht möglich, die große Datenmengen, welche über die Validierungsdaten und die exemplarische Datendarstellung hinausgingen, aufzuarbeiten. Die Darstellungen dienen erstmal einem demonstrativen Zweck und lassen lediglich limitierte Aussagen über das Verhalten in beiden Stallsystemen zu.

3.1.15. Zusammenfassung (LfL)

Intensive Rindermast erfolgt meist in Vollspaltenbuchten. Studien zeigen, dass weiche Böden und Tretmist Verletzungen, Lahmheiten und Verhaltensstörungen reduzieren und das Tierwohl erhöhen. Im Rahmen dieses Teilprojekts sollte untersucht werden, ob eine Verbesserung des Tierwohls und dadurch gesellschaftlicher Akzeptanz mit geringen Mitteln anhand eines Umbaus des Mastbullenstalls des Versuchszentrums für Rinderhaltung in Grub möglich wäre. Der Umbau des bestehenden Stalles wäre eine zukunftsweisende Maßnahme zur Ertüchtigung von bestehenden Stallanlagen für die Bullenmast gewesen, um diese zukunftsfähig an die Anforderungen der Vermarkter bzw. des LEHs anpassen zu können. Aus finanziellen Gründen war der Umbau des Mastbullenstalls leider nicht möglich, stattdessen sollte ein digitales und automatisches Tool entwickelt werden, um mehr Wissen über das Verhalten von Mastrindern in verschiedenen Haltungsformen zu erlangen. Das Ziel war eine automatisierte Einzeltiererkennung mit stabiler Identifikation der Tiere über die Zeit. Das System setzte sich aus drei Bausteinen zusammen: der örtlichen Tiererkennung inkl. Haltungsklassifizierung (im Falle dieses Versuches „stehen“ oder „liegen“), der Tieridentifikation und der Tierverfolgung über die Zeit. Für die Entwicklung des Computer-Vision-Systems wurde die Firma Wolution GmbH beauftragt. Die Entwicklung des Computer-Vision-System basierte auf der Analyse von Videoaufnahmen aus dem Gruber Mastbullenstall und wurde anhand eines kontinuierlichen Austausches mit der LfL überprüft und optimiert. Die Validierung des Systems zeigte, dass die Objekterkennung und die Erkennung der Haltung der Tiere sehr zuverlässig funktionieren. Die Einzeltieridentifizierung über einen längeren Zeitraum zeigt dagegen noch Verbesserungspotential. Nichtsdestotrotz stellt das Computer-Vision-System bereits in der aktuellen Version großes Potential für die Verhaltensbeobachtung auf Gruppenebene über längere Zeiträume und ist somit ein nützliches Tool sowohl für die ethologische Forschung als auch irgendwann für die Gesundheitsüberwachung in der Praxis.

3.1.16. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LfL)

Es war aus Zeitgründen leider nicht möglich, im Rahmen des aktuellen Projektes Beiträge zu veröffentlichen. Die Ergebnisse wurden aber im Rahmen von Fortbildungen für Landwirt*innen und Berater*innen sowie bei der InnoRind-Abschlussveranstaltung am 20.01.2026 in Berlin vorgestellt. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse der Validierung des Computer-Vision-Systems in einer Fachzeitschrift ist für Herbst 2026 geplant.

4. AG 3: Milchkühe

4.1. Innovationsprojekt IP3 „Optimierter Abkalbebereich mit Separee“

Umsetzung einer Gruppenabkalbung mit geeigneten Rückzugsbereichen für die Kühe, mit verlängertem Kuh-Kalb-Kontakt und frühem Kalb-Kalb-Kontakt (CAU, LK SH, LFA)

4.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

Eine gemeinsame Haltung von kalbenden Kühen kann im Vergleich zur Einzelhaltung den Arbeitsaufwand verringern und bringt mitunter Vorteile in der baulichen Umsetzung mit sich. Die Umstellung in den Abkalbebereich kann frühzeitig erfolgen, wodurch die Kühe nicht unmittelbar vor der Abkalbung erneut den Stallbereich wechseln müssen. Die Haltung in der Gruppe entspricht zudem dem natürlichen Verhalten von Rindern. Allerdings können Kühe in Gruppenabkalbebuchten ihrer natürlichen Motivation, sich vor der Kalbung von der Gruppe zurückzuziehen, nicht nachgehen, was deren Tierwohl einschränken kann. Sichtgeschützte Rückzugsbereiche innerhalb der Gruppenabkalbebuchten bieten den Kühen grundsätzlich die Möglichkeit, ihrem natürlichen Rückzugsverhalten nachzukommen. Gruppenabkalbebuchten mit sichtgeschützten Rückzugsbereichen („Separees“) sind hinsichtlich ihrer Effekte und optimalen Gestaltung jedoch bisher noch wenig untersucht und in der Praxis noch nicht etabliert. Im Fokus des Innovationsprojektes „Optimierter Abkalbebereich mit Separee“ stand daher die Konzeption, praktische Umsetzung und Untersuchung unterschiedlicher baulicher Konzepte für Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsmöglichkeiten. Ziel des Vorhabens war es verschiedene Gruppenabkalbebuchten zu entwickeln und umzusetzen und mit Blick auf folgende Fragestellungen zu untersuchen:

- Wie beeinflussen die unterschiedlichen baulichen Konzepte das Tierverhalten, insbesondere die Nutzung der Bucht?
- Gibt es Auswirkungen auf Tierwohlindikatoren, wie den Kalbeverlauf?
- Eignen sich Gruppenabkalbebucht mit Rückzugsbereich gegebenenfalls für einen verlängerten Kuh-Kalb-Kontakt?

Die Umsetzung erfolgte in drei Versuchsbetrieben mit unterschiedlichen Gegebenheiten (Herdengröße, Gestaltung Abkalbebereich, Anzahl Tiere je Gruppe, Aufenthaltsdauer Kälber im Abkalbebereich, Datenerhebung). Überprüft wurden Varianten mit unterschiedlichem Zugang, Größe, Anordnung und Einsehbarkeit der Separees. Basierend auf den Ergebnissen wurden Empfehlungen für die Gestaltung von Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsmöglichkeit erarbeitet und deren Umsetzung in der Praxis und Auswirkung auf das Tierverhalten und Tierwohl bewertet. Die Nutzung für einen verlängerten Kuh-Kalb-Kontakt und etwaige Auswirkungen eines verlängerten Kuh-Kalb-Kontakts und eines frühen Kalb-Kalb-Kontakts auf die Kälbergesundheit waren darüberhinausgehende Fragestellungen, die im Innovationsprojekt „frühe Gruppenhaltung von Kälbern“ und im Querschnittsthema Tierhygiene & Antibiotika näher betrachtet wurden.

Übergeordnetes Ziel des Innovationsprojektes „Optimierter Abkalbebereich mit Separee“ war es, mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse das natürliche Verhalten von Kühen positiv zu unterstützen, gleichzeitig die Tiergesundheit zu fördern und das Tierwohl insgesamt zu verbessern.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Der Zeitraum vor, während und nach der Abkalbung stellt für Milchkühe eine besondere Herausforderung dar. Neben hormonellen Umstellungen, der Umstellung des Stoffwechsels, der Kalbung und dem Beginn der Laktation geht der Zeitraum für die Kühe im Allgemeinen mit

einem Wechsel der Gruppe und des Stallbereichs einher. Um das Risiko für Stoffwechselerkrankungen und Euterinfektionen zu reduzieren, kann es neben einem guten Gesundheitsmanagement daher hilfreich sein, den Blick auch auf das Tierverhalten und das damit verbundene emotionale Wohlbefinden zu lenken und Stressoren zu minimieren, die durch die Einschränkung natürlicher Verhaltensweisen entstehen (Proudfoot, 2023). Eine Umstallung ist in der Regel sinnvoll, um den wechselnden Ansprüchen der Kühe gerecht zu werden, sollte den Kühen zugleich jedoch auch bestmögliche Bedingungen bieten, um Stress zu minimieren. Die kalbende Kuh soll sich in der Vorbereitergruppe und in der Abkalbebucht im wahrsten Sinne des Wortes wohl fühlen und eine gute Resilienz für die anstehende Laktation aufbauen.

Kühe kalben je nach Betriebsstruktur in Einzelbuchten, Gruppenbuchten oder Kombinationen aus Gruppen- und Einzelbuchten ab, jeweils ohne Sichtschutz oder Rückzugsmöglichkeit. Die Umstallung in Gruppenbuchten erfolgt in der Praxis mehrere Tage oder Wochen vor dem Abkalbetermin; in Einzelbuchten häufig erst wenige Tage vorher oder auch erst bei deutlich sichtbaren Anzeichen für eine bevorstehende Kalbung (Jensen & Tolstrup, 2021). Bei kombinierten Buchten werden die Kühe kurz vor der Abkalbung in eine unmittelbar an die Gruppenbucht angrenzende Einzelbucht umgestallt. Der Vorteil der Einzelbucht ist, dass die Kuh ungestört abkalben kann. Die Umstallung sollte jedoch frühzeitig, am besten zwei Tage vor der Kalbung erfolgen, um den Kalbeverlauf nicht zu stören (Jensen & Tolstrup, 2021). Ein Rückzugsbereich in einer Gruppenbucht kann grundsätzlich verschiedene Ziele verfolgen: i) durch die Strukturierung der Bucht können sich die Kühe, ihrem natürlichen Verhalten entsprechend, vor der Kalbung selbstständig von der Gruppe separieren; ii) das Rückzugsverhalten der Kühe kann einen wertvollen Hinweis auf eine bevorstehende Kalbung geben und iii) kann ein Rückzugsbereich, je nach Gestaltung und Anordnung, bei Bedarf zu einer Einzelbucht umgewandelt werden. Das „Umstallen“ erfolgt hierbei selbstständig und frühzeitig durch die Kuh selbst.

Studien, die das Rückzugsverhalten von kalbenden Kühen untersucht haben, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen was die Nutzung von Rückzugsmöglichkeiten betrifft. In Einzelbuchten, die zur Hälfte mit Sichtschutz verkleidet waren, kalbten 79% der Kühe in der sichtgeschützten Ecke ab (Proudfoot et al., 2014). Insbesondere kranke Kühe suchten vermehrt die sichtgeschützte Ecke auf. In Gruppenbuchten beginnen Kühe etwa 24 Stunden vor der Kalbung unruhig zu werden und verbringen mehr Zeit in Bewegung. Etwa drei bis vier Stunden vor der Kalbung vergrößern sie die Distanz zu anderen Kühen (Creutzinger et al., 2021a). In den beiden Stunden vor der Kalbung nimmt dann zunächst die Anzahl an Liegeperioden, etwa eine Stunde vor der Kalbung auch die Liegedauer zu. In der Studie von Creutzinger et al. (2021a) nutzten 36% der Tiere einen 1,50 m hohen, einseitigen Sichtschutz im Stall zur Kalbung. Das Vorhandensein eines Sichtschutzes reduzierte hier das Interesse anderer Kühe an der kalbenden Kuh in den beiden Stunden vor der Kalbung. Die Kühe tendierten zudem zu weniger Positionsänderungen während der Kalbung, wenn ein Sichtschutz vorhanden war (Creutzinger et al., 2021b). Auch die Haptoglobinwerte im Blut, ein Marker für Entzündungen, waren vor der Kalbung niedriger, wenn Kühe in Gruppenbuchten mit Sichtschutz abkalbten, im Vergleich zu Kühen in Gruppenbuchten ohne Sichtschutz (Creutzinger et al., 2021c). Neben dem Sichtschutz ist auch das Platzangebot entscheidend. In Kombination mit einer geringeren Belegungsdichte (Platzangebot 15-26 m²/Kuh) verkürzte der Sichtschutz die Kalbedauer; ein Sichtschutz bei hoher Belegungsdichte (Platzangebot 13 m²/Kuh) hatte diesen Effekt jedoch nicht (Creutzinger et al., 2021b). Jensen et al. (2019) zeigten, dass Kuh und Kalb weniger durch Herdenmitglieder gestört werden und Fremdsaugen verhindert wird, wenn der Rückzugsbereich darüber hinaus mit einem selektiven Eingangstor ausgestattet ist.

Für die Nutzung der Rückzugsbereiche spielt die Gestaltung und Anordnung eine wichtige Rolle. In bisherigen Studien wurden Rückzugsbereiche auf der Weide, im Außenpaddock oder in Gruppenabkalbebuchten von 10-50% der Kühe zur Kalbung aufgesucht (Rorvang et al., 2018; Jensen & Rorvang, 2018; Jensen et al., 2019; Edwards et al., 2020; Creutzinger et al., 2021a). Gleichzeitig zogen sich in einer Studie von Zobel et al. (2020) 73% der verbleibenden Kühe direkt nach der Kalbung in den blickgeschützten Bereich zurück. Neben der Rangordnung beeinflussten vermutlich das Platzangebot, die Anordnung des Rückzugsbereichs und

anderer Ressourcen (Liegebereich, Tränke, Futter), die Art des Sichtschutzes, vorherige Kalbungen und ggf. auch Witterungs- und Lichteinflüsse die Nutzung der Bucht. Für die Umsetzung von Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsmöglichkeiten in Praxisbetrieben fehlen jedoch bisher valide Empfehlungen.

4.1.2. Durchführung (CAU)

Zitierweise: Häußermann A, Tammen T, Kuckelkorn J, Hartung E (2026) AG3 Milchkühe - Innovationsprojekt IP3 „Optimierter Abkalbebereich mit Separee“, Vorhabenkonzept und Durchführung (CAU). In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 223 - 231.

a) Arbeitspakete

Die Arbeitspakete waren der AG3 Milchkühe und dem IP 3 Optimierter Abkalbebereich mit Separee zugeordnet. Dazu zählen:

- Entwicklung und Umsetzung eines baulichen Konzeptes für Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsbereich am Versuchsgut Karkendamm.
- Versuchsdurchführung, Datenaufnahme und Datenauswertung mit Blick auf das Tierverhalten, die Nutzung der Funktionsbereiche der Gruppenabkalbebuchten und Rückzugsbereiche durch die Tiere und die Auswirkung auf den Kalbeverlauf.

b) Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Karkendamm wurde ein Abkalbestall mit drei baugleichen Gruppenbuchten und vier Einzelbuchten errichtet. Jede Gruppenbucht (15,25 m x 5,85 m) ist in die Funktionsbereiche Fress-, Liege- und Laufbereich sowie zwei Rückzugsbereiche (oberes und unteres Separee) untergliedert. Die Rückzugsbereiche (jeweils 3,50 m x 3,45 m) sind an vier Seiten mit Trennwänden verkleidet und bieten einen Sichtschutz mit einer Höhe von 1,50 m. Integrierte Durchgänge verhindern das Entstehen von Sackgassen und ermöglichen den Tieren einen ungehinderten Wechsel zwischen den Bereichen. Jeweils vier Kühe der Rasse Holstein wurden basierend auf ihrem voraussichtlichen Kalbedatum einer Bucht zugeteilt und etwa zwei bis drei Wochen vor dem errechneten Kalbetermin eingestallt. Das Platzangebot einschließlich der Separees betrug somit zunächst 22 m² pro Kuh und vergrößerte sich mit jeder Abkalbung. Nach vier Abkalbungen wurde die Gruppenbucht komplett entmistet und neu belegt. Das Verhalten der Tiere sowie die Nutzung der verschiedenen Funktionsbereiche wurden kontinuierlich mittels Videoüberwachung dokumentiert (zwei Kameras pro Bucht; Abbildung 93). Zusätzlich wurde der Einfluss der baulichen Gestaltung der Rückzugsbereiche (teil-offener vs. geschlossener Sichtschutz) sowie der Einsatz unterschiedlicher Lichtfarben (neutral-weiß vs. kalt-weiß) auf das Verhalten der Kühe untersucht. Die videobasierten Verhaltensdaten wurden mit der Open-Source-Software BORIS (Behavioral Observation Research Interactive Software; Version 9.3.2) analysiert. Ausgewertet wurde das Verhalten der kalbenden Kuh (Fokuskuh) im Zeitraum 24 Stunden vor bis 3 Stunden nach der Kalbung. Dabei wurde untersucht in welchem Umfang und zu welchen Zeitpunkten (vor, während und nach der Kalbung) die Kühe die angebotenen Rückzugsbereiche nutzen und wie das die Kalbedauer beeinflusst. Zur Analyse des Kalbeortes wurde der Aufenthaltsbereich am Ende der Kalbung berücksichtigt. Die Kalbedauer wurde definiert als die Zeitspanne zwischen dem Auftreten der ersten abdominalen Kontraktion und dem vollständigen Austritt der Hüfte des Kalbes aus dem Geburtskanal. Für die Auswertungen wurden ausschließlich Kalbungen berücksichtigt, bei denen kein Eingreifen während des Geburtsverlaufs erforderlich war. Von der Auswertung ausgenommen wurden zudem Zwillings- und Todgeburten. Verglichen wurden Abkalbungen in-

nerhalb der Gruppenbucht in Abhängigkeit des Kalbeortes und der Kalbedauer. Darüber hinaus wurden Abkalbungen in den Einzelbuchten (3,80 m x 3,80 m) als Vergleichsgruppe für den Kalbeverlauf betrachtet.

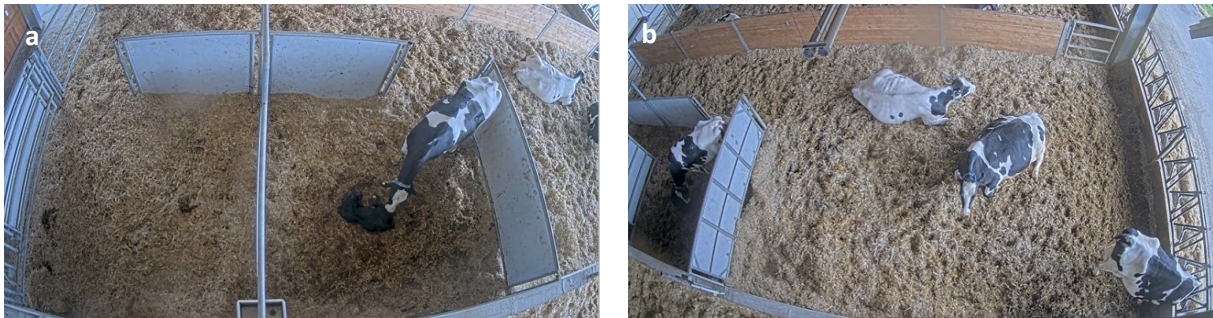


Abbildung 93: Aufbau der Gruppenbuchten. a: Eine Kamera erfasst die beiden Rückzugsbereiche; auf dieser Aufnahme hat sich eine Kuh zur Kalbung in das Separee zurückgezogen. b: Die zweite Kamera erfasst den großzügigen Liege- und Fressbereich der Gruppenbucht.

Im für den Abschlussbericht betrachteten Versuchszeitraum von August 2024 bis September 2025 wurden insgesamt 133 Abkalbungen (94 in der Gruppenbucht, 39 in der Einzelbucht) ausgewertet. Die Abkalbungen der Gruppenbucht verteilen sich wie folgt auf die unterschiedlichen Versuchsvarianten:

- Sichtschutz „teiloffen“ (blickdichte Abtrennung zwischen Rückzugs- und Liegebereich sowie Rückzugs- und Laufbereich, blickoffene Abtrennung zwischen den beiden Separees und zum Treibgang): n=19 (Zeitraum: August 2024 bis Oktober 2024)
- Sichtschutz „geschlossen“ (blickdichte Abtrennung zwischen Rückzugs- und Liegebereich, Rückzugs- und Laufbereich, zwischen den beiden Separees und zum Treibgang): n=75 (Zeitraum: Oktober 2024 bis September 2025)
- Innerhalb der Variante Sichtschutz „geschlossen“ wurden zudem die Auswirkung unterschiedlicher Lichtfarben auf die Nutzung der Rückzugsbereiche untersucht: n=34 (Zeitraum: November 2024 bis April 2025)

Für die Auswertung der Variante Sichtschutz „geschlossen“ wurde die jeweils erste Abkalbung eines Durchgangs getrennt betrachtet, da nur bei diesen Abkalbungen die Gruppenbucht voll belegt war (Belegung Gruppenbucht = 4 Kühe). Hierfür gingen insgesamt 24 Abkalbungen aus 24 Durchgängen in die Auswertung ein.

4.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse (CAU)

Kalbeort

In der Gruppenbucht fanden in der Versuchsvariante mit geschlossenem Sichtschutz 20 % der Kalbungen im Separee statt (≤ 4 Kühe pro Bucht). Bei voller Buchtenbelegung (4 Kühe pro Bucht) nutzten 29 % der Kühe die Separees zur Kalbung. Bei einer Belegung mit weniger als vier Kühen wurde der Rückzugsbereich somit seltener zur Abkalbung aufgesucht. Unabhängig von der Besatzdichte war der Liegebereich der Gruppenbucht der am häufigsten genutzte Kalbeort (Abbildung 94). Dieser Bereich fungiert zugleich als zentraler Aufenthaltsbereich der Tiere und befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Futtertisch und zum Fressbereich.

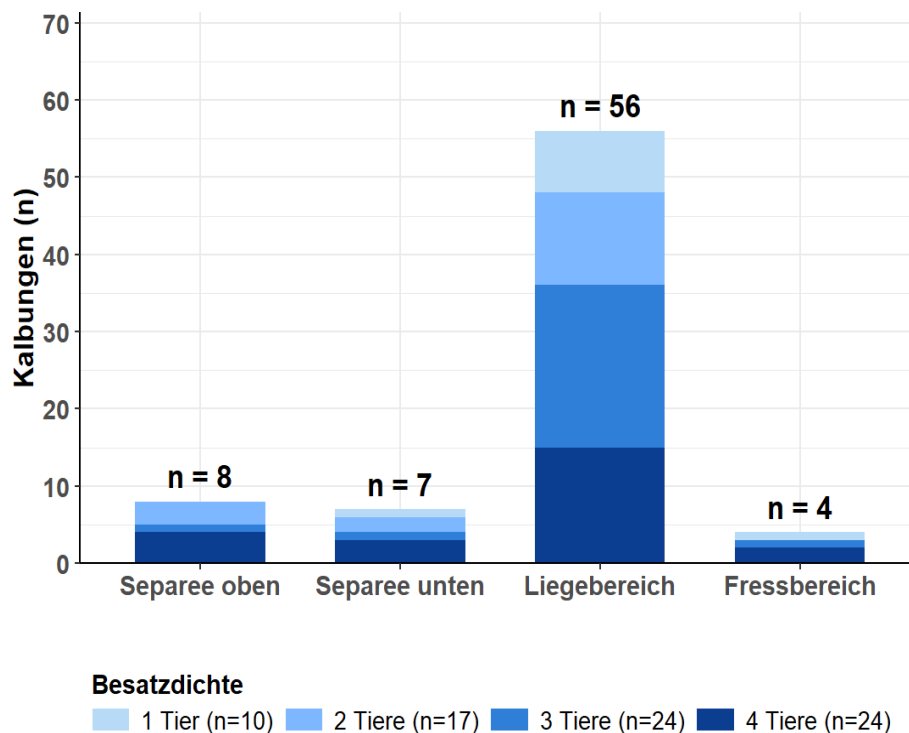


Abbildung 94: Verteilung der Kalbeorte in Abhängigkeit der Besatzdichte in der Gruppenbucht (Sichtschutz „geschlossen“; Besatzdichte ≤ 4 Kühe pro Bucht; n=75 Kalbungen)

Der Liegebereich war auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Parität der Fokuskühe der am häufigsten genutzte Kalbeort. Darüber hinaus ließen sich keine eindeutigen Präferenzen von Erstkalbinnen oder Mehrkalbskühen für bestimmte Kalbeorte erkennen (Abbildung 95).

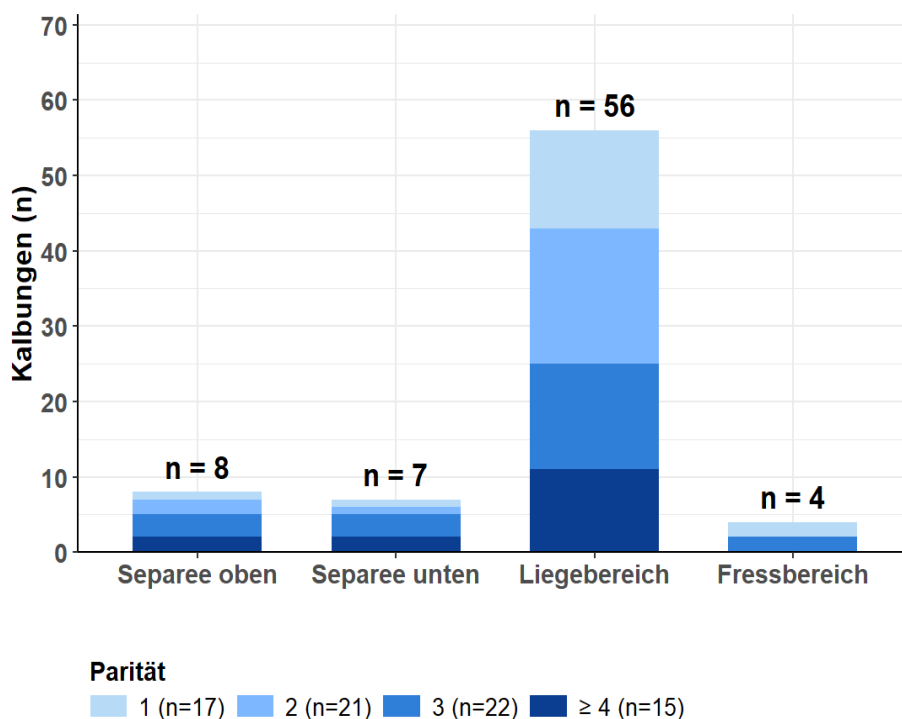


Abbildung 95: Verteilung der Kalbeorte in Abhängigkeit von der Parität (Sichtschutz „geschlossen“; Besatzdichte ≤ 4 Kühe pro Bucht; n=75 Kalbungen)

Die zu Beginn der Untersuchungen getestete Variante mit teiloffenem Sichtschutz wurde demgegenüber weniger gut angenommen: nur 11 % der Kühe (≤ 4 Kühe pro Bucht) bzw. 20 % der Kühe (4 Kühe pro Bucht) nutzten den Rückzugsbereich, wenn die Trennwand zwischen den Separees und die Trennwand zum Treibgang nicht sichtgeschützt verkleidet waren.

In der Versuchsvariante mit unterschiedlichen Lichtfarben ($n = 34$), die innerhalb der Variante mit geschlossenem Sichtschutz betrachtet wurde, zeigte sich, dass Kalbungen in neutral-weiß beleuchteten Separees tendenziell häufiger in den Separee-Bereichen stattfanden, als in kalt-weiß beleuchteten Separees. Unter neutral-weißem Licht (4000 Kelvin) wurden insgesamt sechs Kalbungen in den Separee-Bereichen, neun Kalbungen im Liegebereich sowie eine Kalbung im Fressbereich beobachtet, während in der Variante mit kalt-weißem Licht (6500 Kelvin) nur drei Kalbungen in den Separee-Bereichen, 14 Kalbungen im Liegebereich und eine Kalbung im Fressbereich verzeichnet wurden. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass neutral-weißes Licht die Nutzung der Separee-Bereiche zur Kalbung begünstigen könnte. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist jedoch aufgrund der begrenzten Stichprobengröße eingeschränkt.

Die meisten Kalbungen in der Gruppenbucht wurden in den Morgenstunden beobachtet. Das Separee wurde zu allen Tageszeiten als Kalbeort genutzt, wobei sich tendenziell höhere Anteile von Kalbungen in den Separees in den Morgen- und Mittagsstunden zeigten (Abbildung 96).

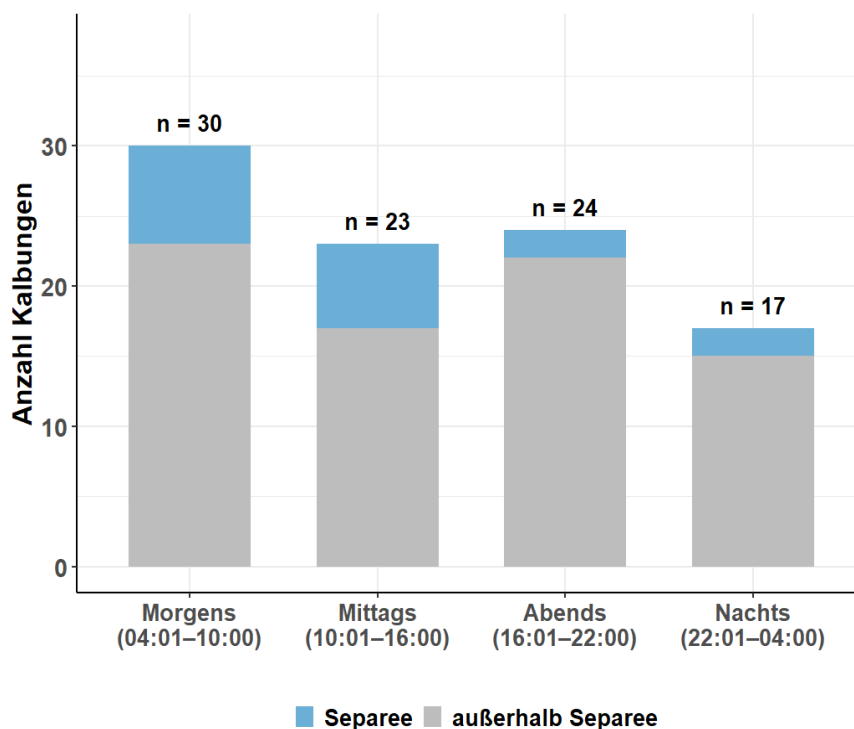


Abbildung 96: Tageszeiten der Kalbungen in der Gruppenbucht (Besatzdichte ≤ 4 Kühe pro Bucht; Sichtschutz „geschlossen“ oder „teiloffen“; $n=94$ Kalbungen)

Kalbedauer

Die Kalbedauer lag in Einzel- und Gruppenbucht in einem vergleichbaren Bereich, wobei Kalbungen in der Gruppenbucht tendenziell etwas länger dauerten als in der Einzelbucht (Abbildung 97). Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Anteil an Erstkalbinnen in der Einzelbucht höher war (15/39) als in der Gruppenbucht (19/94). Die beobachteten Unterschiede in den Mittelwerten könnten zum einen auf die unterschiedliche Paritätsverteilung zwischen den

Buchten zurückzuführen sein. Zum anderen waren Kühe in den Einzelbuchten überwiegend mit HF-Kälbern besamt, Kühe in den Gruppenbuchten meist mit Kreuzungskälbern, sodass die Kalbedauer zwischen Einzel- und Gruppenbucht aufgrund des möglichen Einflusses von Kalbtyp und Parität nur eingeschränkt vergleichbar ist. Beim Vergleich der Kalbedauer zwischen der Versuchsvariante mit teiloffenem und geschlossenem Sichtschutz zeigten sich keine erkennbaren Unterschiede.

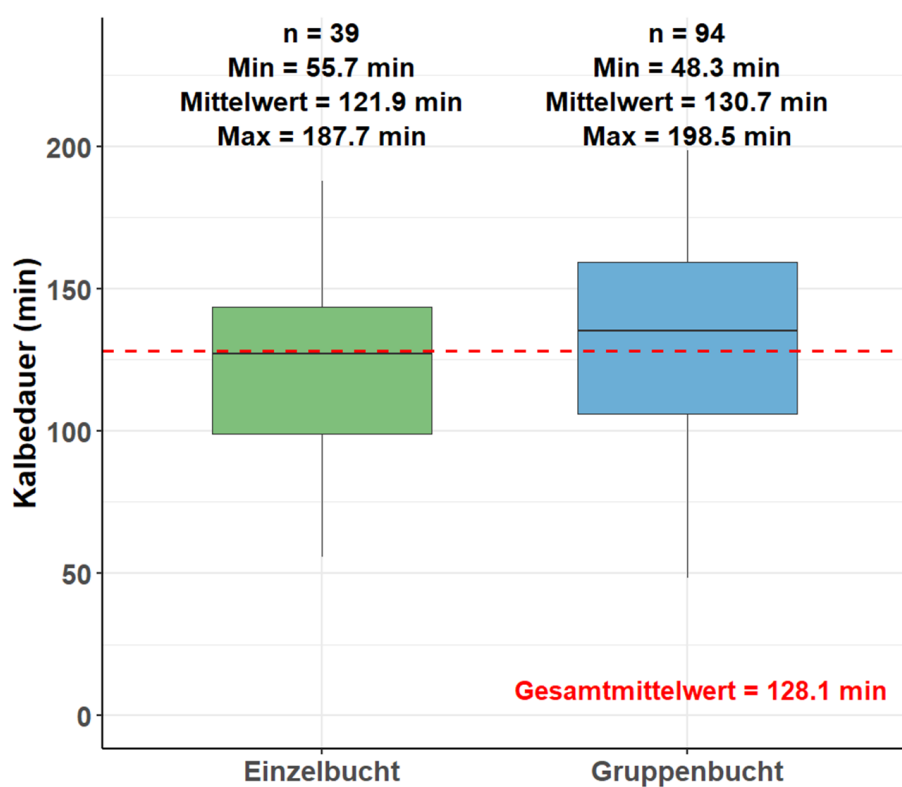


Abbildung 97: Vergleich der Kalbedauer zwischen Einzel- und Gruppenbucht (Besatzdichte ≤ 4 Kühe pro Bucht; n=94 Kalbungen in der Gruppenbucht; n=39 Kalbungen in der Einzelbucht)

Ein deutlicher Unterschied in der Kalbedauer zeigte sich hingegen bei Kalbungen, die in den Gruppenbuchten bei voller Belegung (4 Kühe pro Bucht) und der Variante mit geschlossenem Sichtschutz stattfanden. Die mittlere Kalbedauer lag für diese Kalbungen bei 131 Minuten (rote Linie; Abbildung 98). Kühe, die bei voller Belegung der Gruppenbucht im Rückzugsbereich kalbten, wiesen hierbei im Mittel eine signifikant kürzere Kalbedauer auf als Kühe, die im Liege- oder Fressbereich kalbten ($p < 0,01$; Mann-Whitney-U-Test).

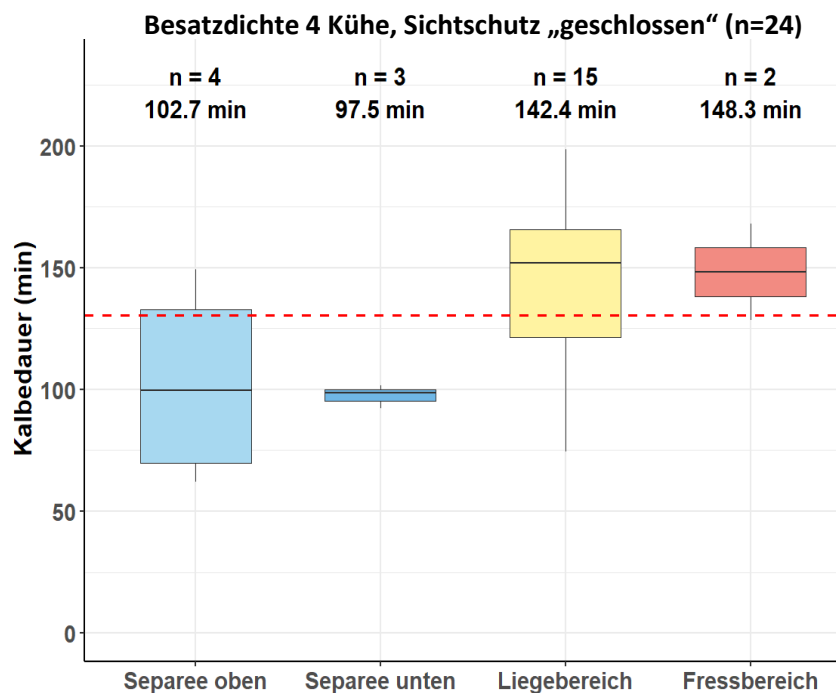


Abbildung 98: Vergleich der Kalbedauer zwischen den Kalbeorten (Sichtschutz „geschlossen“; Besatzdichte = 4 Kühe pro Bucht; n=24 Kalbungen aus 24 Durchgängen)

Nutzung der Gruppenbucht

Die Nutzung der Gruppenbucht vor und nach der Kalbung war durch deutliche tierindividuelle Unterschiede gekennzeichnet (Abbildung 99). Kühe, die im Rückzugsbereich kalbten, blieben vorrangig auch unmittelbar nach der Kalbung dort. Einzelne Kühe suchten den Rückzugsbereich erst zu einem späteren Zeitpunkt gemeinsam mit ihrem Kalb auf.

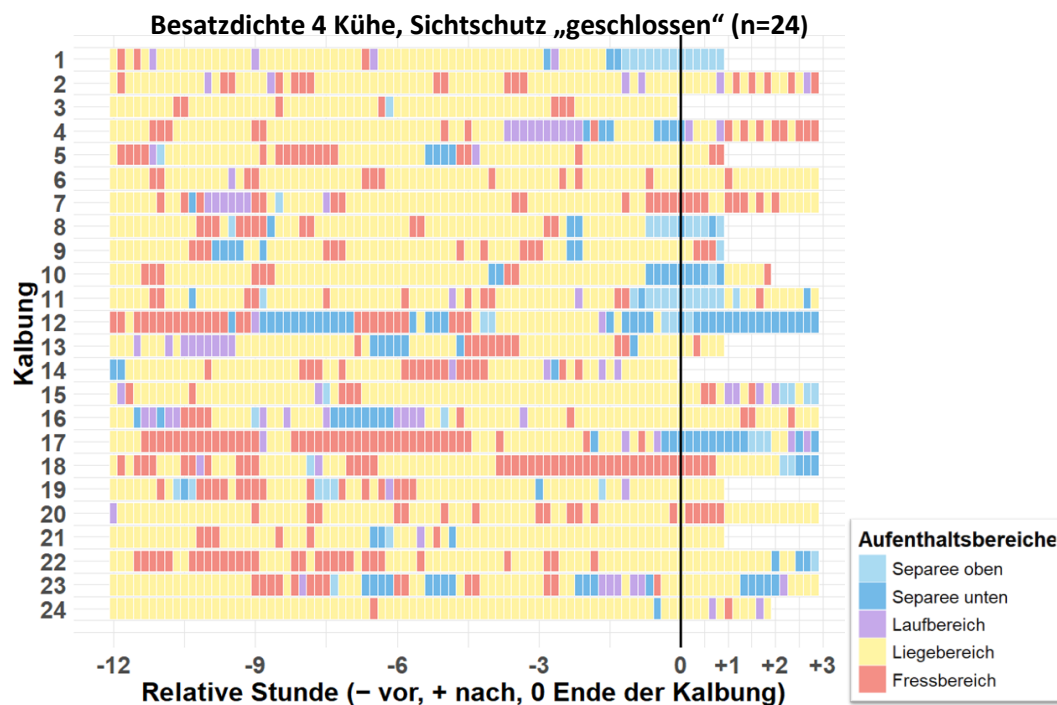


Abbildung 99: Nutzung der Gruppenbucht vor- und nach der Kalbung (Sichtschutz „geschlossen“; Besatzdichte = 4 Kühe pro Bucht; n=24 Kalbungen aus 24 Durchgängen)

4.1.4. Interpretation der Ergebnisse (CAU)

a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Im Rahmen des Projektes wurde ein zukunftsweisendes Stallkonzept für die Haltung von Milchkühen zur Abkalbung entwickelt und erprobt. Das weiterentwickelte Haltungskonzept für die Abkalbung in Gruppenbuchten ist gekennzeichnet durch eine frühzeitige Umstallung in einen strukturierten Abkalbebereich und eine stabile Sozialstruktur vor und während der Kalbung. Das Haltungskonzept bietet den Kühen verschiedene Funktionsbereiche, viel Platz im Liegebereich und die Möglichkeit sich, entsprechend ihrem natürlichen Verhalten, vor der Kalbung von der Gruppe zurückzuziehen und einen geschützten Bereich aufzusuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Funktionsbereiche von den Kühen sehr gut angenommen werden und diese sich bei Bedarf für die Kalbung in den geschützten Bereich zurückziehen. Die Kalbung im Rückzugsbereich ging zudem mit einer kürzeren Kalbedauer einher. Das Haltungskonzept ist in der landwirtschaftlichen Praxis gut umzusetzen und kann sich bei entsprechender Gestaltung positiv auf das Handling der Tiere, das Tierwohl und die gesellschaftliche Akzeptanz auswirken. Auf Basis der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse konnten hilfreiche Kriterien für die bauliche Umsetzung von Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsbereichen formuliert und wichtige Eckpunkte an die Praxis weitergegeben werden.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Der Zeitraum der Kalbung geht für die Kühe mit einer Vielzahl an Herausforderungen einher. Neben der Tiergesundheit sind bei der Bewertung des Tierwohls sowohl das emotionale Wohlbefinden als auch das Ausleben natürlicher Verhaltensweisen miteinzubeziehen. Die Motivation natürliche Verhaltensweisen auszuleben kann dabei mit physiologischen und hormonellen Anpassungen in Zusammenhang stehen, wodurch sich die besondere Bedeutung für das Tier begründen lässt. Grundsätzlich bieten Einzelbuchten während der Kalbung einen guten Schutz für die kalbende Kuh. Sie ermöglichen eine einfache Tierkontrolle und ein Sichtschutz in Einzelbuchten kann sich positiv auf maternale Verhaltensweisen auswirken. Gruppenabkalbebuchten haben neben arbeitswirtschaftlichen und baulichen Aspekten den Vorteil, dass die Kühe frühzeitig umgestallt werden können, ein zusätzlicher Buchtenwechsel unmittelbar vor der Kalbung entfällt und die Kühe vor und während der Kalbung in einer sozialen Gruppe verbleiben können. In gängigen Gruppenabkalbebuchten fehlen jedoch strukturierte Funktionsbereiche und sichtgeschützte Rückzugsbereiche. Zudem kann durch eine kontinuierliche Belegung von Gruppenabkalbebuchten zusätzlich sozialer Stress für die kalbenden Kühe entstehen. Die im Projekt entwickelte strukturierte Gruppenabkalbebucht mit einem erweiterten Platzangebot und sichtgeschützten Rückzugsbereichen leisten hier einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung des Tierwohls, indem sie den Kühen ein natürliches Verhalten vor der Abkalbung ermöglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass sich bei voller Belegung der Buchten 29 % der Kühe zur Kalbung in die sichtgeschützten Bereiche zurückzogen und dass diese Kühe eine deutlich reduzierte Kalbedauer aufwiesen. Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass die Bedeutung von Rückzugsbereichen mit steigender Besatzdichte zunimmt und die im Versuch praktizierte rein-raus-Belegung, und die bereits im Liegebereich zu den Nachbarbuchten hin blickdicht gestalteten Wände, strukturierte sichtgeschützte Rückzugsbereiche nicht komplett ersetzen. Das Rückzugsverhalten der Tiere kann perspektivisch zudem als Indikator für eine bevorstehende Kalbung dienen und somit das Management mit Blick auf Tierkontrolle und Tiergesundheit unterstützen.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Für die Einschätzung der Umweltwirkungen eines Haltungssystems muss zum einen das Flächenangebot in Kombination mit dem Einstreu- und Entmistungsmanagement, zum anderen die Auswirkung des Haltungssystems auf die Leistung und Gesundheit der Tiere berücksichtigt werden. Das erhöhte Flächenangebot strukturierter Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsbereichen wirkt sich vordergründig zunächst negativ auf die emittierende Fläche, den Einstreuverbrauch und ggf. den Energie- und Prozesswasserverbrauch für Entmistungs- und Reinigungsmaßnahmen aus. Dem stehen potentiell positive Auswirkungen auf das Tierwohl, die Tiergesundheit und Leistung gegenüber. Aufgrund der multifaktoriellen Einflussfaktoren sowohl auf die Höhe der Emissionen, als auch auf die Tiergesundheit und Milchleistung kann aus den aktuellen Ergebnissen noch keine abschließende Bewertung zu den Umweltauswirkungen erfolgen. Grundsätzlich ist in der Bilanz eine Reduktion negativer Umweltauswirkungen durch die Verringerung von Stress, eine verbesserte Resilienz und eine dadurch bedingte Verringerung von Stoffwechsel- und Infektionskrankheiten und einen besseren Einstieg in die Laktation denkbar.

d) Sonstige Erkenntnisse

-

4.1.5. Zusammenfassung (CAU)

Der Zeitraum vor, während und nach der Abkalbung stellt aufgrund der physiologischen Umstellungen und dem Wechsel des Haltungssystems eine besondere Herausforderung für Milchkühe dar. Bei der Haltung in Gruppenbuchten entfällt das Umstallen unmittelbar vor der Kalbung. Allerdings können Kühe in Gruppenabkalbebuchten ihrer natürlichen Motivation, sich vor der Kalbung von der Gruppe zurückzuziehen, in der Regel nicht nachgehen, was deren Tierwohl einschränken kann. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass Kühe sich vor der Kalbung von der Gruppe zurückziehen, wenn sie die Möglichkeit dazu haben, und dass sich sichtgeschützte Bereiche positiv auf den Kalbeverlauf auswirken können. Bisherige Studien zeigen jedoch auch, dass nur ein Teil der Tiere den Rückzugsbereich aufsucht und dass deren Nutzung von verschiedenen Gestaltungsfaktoren abhängt. Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Projektes ein Konzept für eine Gruppenabkalbebucht mit Rückzugsmöglichkeit zu entwerfen, deren bauliche Umsetzung im praktischen Betrieb und Bewertung hinsichtlich der Nutzung und der Auswirkung auf den Kalbeverlauf und das Tierwohl.

Hierfür wurde auf dem Versuchsgut Karkendamm ein Abkalbebereich mit drei baugleichen Gruppenbuchten und vier Einzelbuchten errichtet. Jede Gruppenbucht verfügt über zwei Rückzugsbereiche (Separees). Das Verhalten der Tiere, die Nutzung der Funktionsbereiche und die Kalbedauer wurden mittels Videoüberwachung ausgewertet. Verglichen wurden Kühe, die im Rückzugsbereich der Gruppenbuchten, im Liegebereich der Gruppenbuchten oder in den Einzelbuchten gekalbt hatten.

Über alle Varianten hinweg war der Liegebereich der Gruppenbucht der am häufigsten genutzte Kalbeort. Die Nutzung der Rückzugsbereiche zur Kalbung war mit 29% am höchsten, wenn die Buchten voll belegt waren (4 Kühe pro Bucht) und die Rückzugsbereiche mit einem blickdichten Sichtschutz zum Treibgang und zum Liege- und Laufbereich versehen waren. Kühe, die in dieser Konstellation im Rückzugsbereich gekalbt hatten, wiesen eine signifikant kürzere Kalbedauer auf, als Kühe die im Liege- oder Fressbereich kalbten. Tendenziell wurde die Rückzugsbereich häufiger für Kalbungen am frühen Morgen bis frühen Nachmittag genutzt und in der Lichtvariante mit neutral-weißer Lichtfarbe im Rückzugsbereich. Die Parität hatte keinen Einfluss auf die Nutzung der Rückzugsbereiche.

Die Kalbedauer der Kühe in den Gruppen- und den Einzelabkalbebuchten unterschied sich in den aktuellen Untersuchungen nicht.

4.1.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (CAU)

Vorträge

Häußermann, Angelika (2023): Gruppenabkalbung mit geeigneten Rückzugsbereichen für die Milchkühe. Innovationsnetzwerk Rind // Bau- und Energieleherschautag, 09.11.2023, LVZ Futterkamp

Häußermann, Angelika; Tammen, Töbke (2025): Abkalbebuchten neu gedacht: was wünschen sich die Kühe? Erste Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind, 25. Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V. (WGM), 07. - 09.10.2025, Landwirtschaftszentrum Eichhof, Bad Hersfeld

Häußermann, Angelika (2026): Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe? Einführung und Ziele von Abkalbebuchten mit Rückzugsbereichen. Abschlussveranstaltung InnoRind, 20.01.2026, Berlin

Tammen, Töbke (2026): Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe? Versuchsdurchführung und Ergebnisse der Untersuchungen am Versuchsbetrieb Karkendamm. Abschlussveranstaltung InnoRind, 20.01.2026, Berlin

Häußermann, Angelika (2026): Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe? Einführung und Ziele von Abkalbebuchten mit Rückzugsbereichen. Webinarreihe InnoRind, 22.01.2026, Online

Tammen, Töbke (2026): Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe? Versuchsdurchführung und Ergebnisse der Untersuchungen am Versuchsbetrieb Karkendamm. Webinarreihe InnoRind, 22.01.2026, Online

Poster

Tammen, Töbke; Häußermann, Angelika; Kuckelkorn, Jule; Hartung, Eberhard (2024): Projekt InnoRind – Optimierter Abkalbebereich auf Karkendamm, EuroTier Messe, 12. - 15.11.2024, Berlin

Tammen, Töbke; Häußermann, Angelika; Kuckelkorn, Jule; Hartung, Eberhard (2025): Einfluss von Rückzugsmöglichkeiten in Gruppenabkalbebuchten auf Kalbeort und Kalbedauer bei Milchkühen. DVG Ethologie und Tierhaltung: 57. Internationale Tagung Angewandte Ethologie, 27. - 29.11.2025, Freiburg i.Br.

Tammen, Töbke; Häußermann, Angelika; Kuckelkorn, Jule; Hartung, Eberhard (2026): Einfluss von Rückzugsmöglichkeiten in Gruppenabkalbebuchten auf Kalbeort und Kalbedauer bei Milchkühen. Abschlussveranstaltung InnoRind, 20.01.2026, Berlin

Artikel

Häußermann, Angelika; Tammen, Töbke; Kuckelkorn, Jule; Hartung, Eberhard (2025): Abkalbebuchten neu gedacht: was wünschen sich die Kühe? Erste Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind. Tagungsband 25. Jahrestagung der WGM, Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., S. 28-32

Tammen, Töbke; Häußermann, Angelika; Kuckelkorn, Jule; Hartung, Eberhard (2025): Einfluss von Rückzugsmöglichkeiten in Gruppenabkalbebuchten auf Kalbeort und Kalbedauer bei Milchkühen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2025, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, S.262-264

Auf Grundlage der laufenden und weiterführenden Datenauswertungen sind im Verlauf des Jahres 2026 weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Kalbeverlauf und zur Nutzung der Bucht in den unterschiedlichen Versuchsvarianten sowie zum Liege- und Sozialverhalten der Tiere geplant.

4.1.7. Durchführung (LK SH)

Zitierweise: Sonn K-J, Huuck S, Dittrich I (2026) AG3 Milchkühe. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 232 - 237.

a) Arbeitspakete

Die Arbeiten waren der AG 3 Milchkühe und dem IP 3 Optimierter Abkalbebereich mit Separee zugeordnet.

b) Material und Methoden

Abkalbebuchten mit Separee

Der Abkalbestall wurde für den Versuch umgebaut und neben den klassischen Einzelabkalbebuchten, Buchten zur Gruppenabkalbung integriert, die zudem mit einem sichtgeschützten Separee ausgestattet wurden (Abbildung 100). Das Separee ist dabei dem natürlichen Verhalten von Rindern in der Herde nachempfunden, die sich ihrer Art gemäß zur Kalbung in sichtgeschützte Bereiche wie Knicks, Gebüsche oder ähnliches zurückziehen und alleine abkalben. Dazu ist das Separee an drei Seiten mit Kunststoffplatten versehen und so zu Liegebereich, Treibebereich und Nachbarbucht sichtgeschützt. Zum Futtertisch ist das Separee offen und mit Personenschlupf sowie Behandlungsgitter ausgestattet. Insgesamt stehen zwei so gestaltete Buchten mit 22 m² je Tier zur Gruppenabkalbung zur Verfügung. Der gesamte Abkalbebereich wurde im Laufe des Projektes zudem mit einer automatischen Einstreuanlage ausgestattet. Hierüber können regelmäßig definierte Mengen an Stroh in die Buchten gestreut werden. Dadurch wird nicht nur der Strohverbrauch reduziert und genauer erfasst, die regelmäßige und zielgerichtete Einstreu dient auch der Buchtenhygiene.



Abbildung 100 Impressionen aus dem Abkalbestall. a: Die Buchten sind mit verschiedenen Fressgittervarianten ausgestattet. b: Das Separee ist zu drei Seiten sichtgeschützt und mit Personenschlupf (links) sowie Behandlungsgitter (rechts) ausgestattet. c: Die Bucht wird insgesamt gut genutzt, das Separee ist ein beliebter Liegebereich. d: Die Gestaltung des Abkalbebereiches lässt durch viele klappbare Elemente freie Einteilung der Buchten nach Bedarf zu.

Tiere & Management

Zur Abkalbung anstehende Tiere werden rund drei Wochen zur Anfütterung in den Abkalbebereich eingestallt. Für die Gruppenabkalbung vorgesehene Tiere (Versuchsgruppe) werden mind. 2 Wochen vor errechnetem Kalbetermin in einer Kleingruppe von max. 4 Tieren in die Abkalbebucht mit Separee eingestallt. Nach Abkalbung verlassen die Tiere jeweils die Gruppenbucht. Tiere der Kontrollgruppe verbleiben bis rund 24h vor dem errechneten Kalbetermin im Anfütterungsbereich und werden nach kurzfristig in die Einzelabkalbung (Betriebsstandard: Abkalbealarm, SmaXtec Bolus) eingestallt. Insgesamt wurden 150 Kalbungen (Versuchsgruppe 102 Tiere, Kontrollgruppe 48 Tiere) während des Versuchszeitraums vom 09.03.2024 bis 08.02.2025 beobachtet. Die Tiere verteilten sich auf die Laktationsnummern 1 bis 9 (Tabelle 52). Für die Auswertung wurden die Laktationsnummern 2 bis 9 zusammengefasst.

Tabelle 52 Verteilung der Tiere in auf die Laktationsnummern 1 bis 9.

Laktationsnummer	Gesamt	Versuchsgruppe	Kontrollgruppe
1	51	30	21
2	27	19	8
3	31	24	7
4	24	18	6
5	12	7	5
6	1	1	-
7	2	2	-
8	1	-	1
9	1	1	-
Mittelwert	2,6	2,7	2,4

Datenerfassung

Für die Bewertung des Abkalbeortes wurden die Kalbungen direkt dokumentiert und Videoaufnahmen ausgewertet. Zusätzlich zum Ort wurde auch bewertet, ob das abkalbende Tier sich eigenständig in das Separee zurückgezogen hat bzw. einen Bereich außerhalb des Separees zur Kalbung ausgewählt hat. Weiterhin wurde der Kalbeverlauf dokumentiert und der Gesundheitszustand im kalbenahen Zeitraum besonders bewertet. Zur Bewertung des Stressniveaus zur Kalbung sollten Herzfrequenzmessungen durchgeführt werden. Diese mussten jedoch abgebrochen werden, da sich die Tiere durch den dazu notwendigen Gurt deutlich belastet zeigten. Die Herzfrequenzmessungen wurden im Rahmen eines Tierversuchsantrags genehmigt und unterlagen gemäß den Vorgaben von Tierversuchen Abbruchkriterien. Da eindeutig war, dass die Kühe durch die Messtechnik in dieser sehr empfindlichen Trächtigkeitsphase sehr belastet waren, wurde die Datenaufnahme abgebrochen. Es stehen somit keine Herzfrequenzmessungen zur Auswertung zur Verfügung. Die Auswirkungen von Gruppen- bzw. Einzelabkalbungen wurden anhand der Leistungs- und Gesundheitsdaten der nachfolgenden Laktation bewertet. Diese Daten entstammen der betriebseigenen Prozesstechnik und stehen routinemäßig zur Verfügung.

Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten rund um die Kalbung erfolgte hauptsächlich deskriptiv. Basierend auf der direkten Dokumentation der Kalbungen wurden vorrangig die Häufigkeiten der Kalbungen im Separee und die Kalbeverläufe bewertet. Für diese Auswertung unterlagen die Daten einigen Restriktionen wurden nach verschiedenen Kriterien gefiltert. Kalbungen für die keine Videoaufnahmen (n=22 Kalbungen) vorlagen sowie Kalbungen während derer das jeweilige Separee nicht zugänglich (n=18 Kalbungen) war, wurden aus der Auswertung ausgeschlossen. Insgesamt verblieben in der Versuchsgruppe 62 Kalbungen zur Auswertung. Zum Vergleich der Versuchs- und Kontrollgruppe wurden die Milchleistung und Milchqualität in der Folgelaktation betrachtet. Hier wurden alle verfügbaren Daten berücksichtigt, sodass die Milchleistung anhand von 13.564 Kuhtagen in der Kontrollgruppe und 29.381 Kuhtagen in der Versuchsgruppe bewertet wurden. Die Milchqualitätsparameter Fett- und Eiweißgehalt aus den Milchleistungsprüfungen teilten sich in 430 Kuhtage (Kontrollgruppe) bzw. 952 Kuhtage (Versuchsgruppe). Der Gruppenvergleich wurde in der schließenden Statistik mittels linear gemischten Modells durchgeführt. Berücksichtigt wurden die fixen Effekte des Beobachtungstags (Datum), der Abkalbebucht (Versuchsgruppe, Kontrollgruppe), der Laktationsnummer (1. und ≥ 2 . Laktation) und Laktationskurve berücksichtigt. Als zufälliger Effekt wurde zudem die Kuh und der statistische Rest einbezogen.

4.1.8. Ergebnisse und Erkenntnisse (LK SH)

Kalbungen

Für die Kalbungen in der Versuchsgruppe wählten 41,9% der Kühe und Färsen das Separee zur Abkalbung auf (Abbildung 101). Der Vergleich von Erstkalbinnen und älteren Tieren (≥ 2 . Kalbung) zeigt, dass 50,0% der Färsen im Separee kalbten, während 38,1% der älteren Kühe das Separee zur Kalbung wählten.

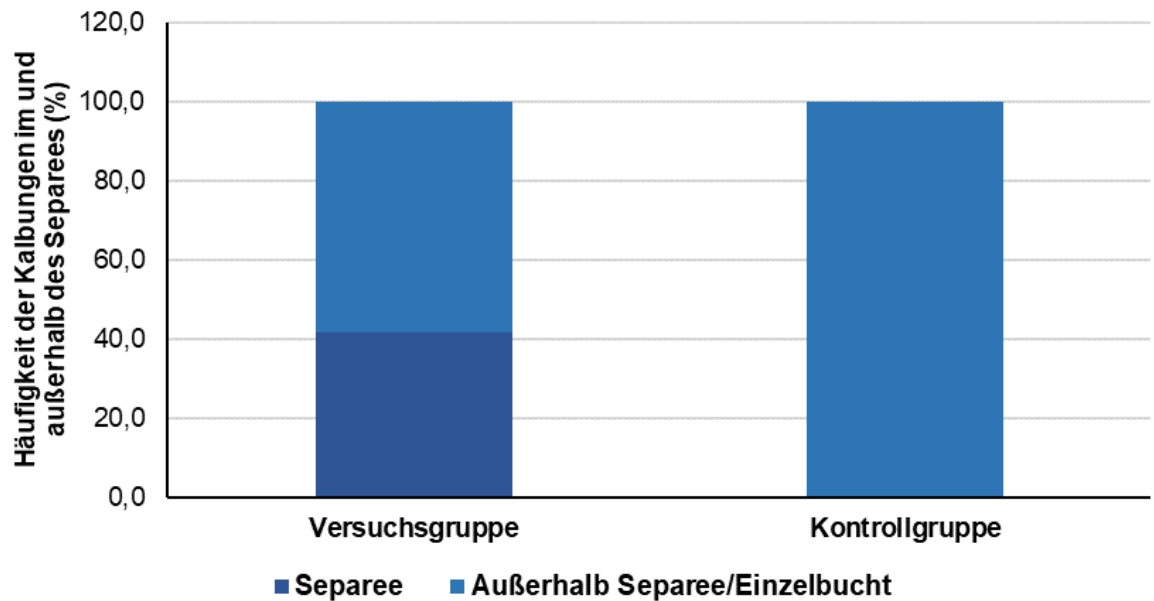


Abbildung 101 Häufigkeit der Nutzung des Separees zur Kalbung.

In der Betrachtung des Kalbeverlaufs wurden nur wenige Verläufe als „schwer“ klassifiziert. Insgesamt wurden in der Kontrollgruppe vier Kalbungen (9,1 %) mit einem schweren Kalbeverlauf eingeordnet, in der Versuchsgruppe wurden von allen (n=102) Kalbungen 10 (10,9%) mit einem schweren Kalbeverlauf dokumentiert. Nach Datenfilterung (n=62) wurden fünf (8,1%) Kalbungen als schwer eingeordnet, davon waren zwei Kalbungen im Separee.

Milchleistung & -qualität

Die Milchleistung und Milchqualität zeigte im Gruppenvergleich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Zwar unterschied sich die mittlere Milchleistung mit 37,9 kg ($\pm$ 9,49 kg) in der Kontrollgruppe und 40,3 kg ($\pm$ 9,95 kg) in der Versuchsgruppe um 2,4 kg, dies zeigte sich jedoch in den LSMeans nicht mehr (Abbildung 102).

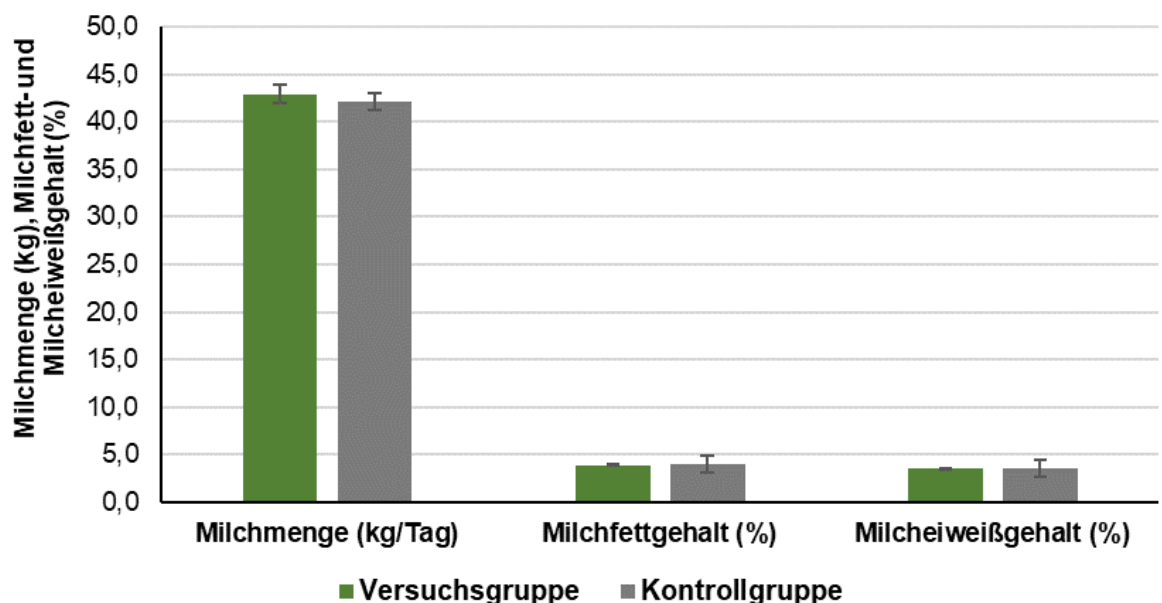


Abbildung 102 Least Square Means der Milchleistung, des MilCHFett- und Milcheiweißgehalts.

In Abbildung 102 wird verdeutlicht, dass die Art der Abkalbebuchten keinen Einfluss auf die Leistung in der nachfolgenden Laktation hat.

4.1.9. Interpretation der Ergebnisse (LK SH)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Abkalbebuchten mit Separee stellen eine praktikable Möglichkeit für die Gruppenabkalbung dar, dies jedoch zumeist nur nach Umbaumaßnahmen in Verbindung mit zum Teil hohen Investitionskosten. Soll allerdings sowieso in den Abkalbebereich investiert werden, kann die Integration von Gruppenabkalbebuchten mit Separee der Tiergerechtigkeit dienen. Gemäß den vorliegenden Ergebnissen lassen sich keine negativen Einflüsse auf die Tiere in der Gruppenabkalbung erkennen. Die Nutzung des Separees als Rückzugsbereich zur Kalbung könnte noch ausgeweitet sein, jedoch ist die Freiwilligkeit hier entscheidend um den Tieren eine gerechtere Abkalbung zu gewähren.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Als Herdentier zeigen Kühe auch zur Kalbung gewisse Verhaltensweisen, welche in der konventionellen Haltung und die dort oftmals standardmäßige Einzelabkalbung nicht ausgelebt werden. Dem Bedürfnis sich zur Kalbung zurückzuziehen kann mit Hilfe von Gruppenabkalbebuchten mit sichtgeschütztem Bereich nachgekommen werden. Zu beachten ist die praktikable Bauweise und Ausstattung. Auch für die betreuenden Personen muss das Separee leicht zugänglich sein, damit sowohl Geburtshilfe geleistet als auch die Erstversorgung von Kuh und Kalb durchgeführt werden kann. Der Einsatz von automatischen Tools sowie einer Kameraüberwachung unterstützen dabei nicht nur den Arbeitsalltag, sondern sind durch die Unterstützung auch dem Tierwohl zuträglich.

- c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Während des Umbaus wurde der Tierbereich des Abkalbestalls am LVZ Futterkamp in seiner Größe verdoppelt. Diese dem Tierwohl zuträglichke Veränderung vergrößert gleichzeitig aber auch die emittierende Fläche je Tier. Grundsätzlich ist darüber vorerst keine deutliche Reduzierung der Umweltauswirkungen zu erwarten. Abgesehen davon wird sich jedoch ein Mehr an Tierwohl auch auf die Umweltwirkungen auswirken.

- d) Sonstige Erkenntnisse

4.1.10. Zusammenfassung (LK SH)

Die Abkalbung in der Gruppe wurde für das Projekt neu am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp etabliert. Dazu notwendige Umbaumaßnahmen wurde insbesondere unter praktischen Gesichtspunkten geplant und durchgeführt. Diese zielten vor allem auf die Aufteilung und Positionierung des Rückzugsbereichs ab. Durch die Konzipierung der Buchten bzw. des gesamten Abkalbebereiches mit zwei Entmistungsachsen, ist die Entmistung und Reinigung bezüglich Umtreibens von Tieren mit wenig Aufwand möglich. Die Kühe und Färsen, die in der Projektlaufzeit in der Gruppenabkalbung gekalbt haben nutzten zu 41,9% das dafür vorgesehene Separee. Deutlich wurde, dass Erstkalbende das Separee häufiger zu Kalbung auswählten als ältere Kühe. Insgesamt bleibt zu sagen, dass das hier erprobte Konzept von den Tieren gut angenommen wird und weiter zum Einsatz kommt. Es zeigten sich keine eindeutig dem

Versuchsaufbau bzw. der Gruppenabkalbung zuordenbaren Einflüsse auf Tiergesundheit und Leistung.

4.1.11. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LK SH)

Artikel

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2022): Projekt InnoRind ist in Futterkamp gestartet, Bauernblatt Ausgabe 49/2022, Rubrik: Rinder Aktuell

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): Die Beprobungen im Projekt InnoRind laufen, Bauernblatt Ausgabe 18/2024, Rubrik: Rinder Aktuell

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): Die Probennahmen im Projekt InnoRind laufen seit einem halben Jahr am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Bauernblatt, Ausgabe 43/2024, Rubrik: Rinder Aktuell

Vorträge

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2024): InnoRind allgemein und explizit – Futterkamp Darstellung, 29.05.2024, ZIEL SH, Grüne Innovationstage 2024, Steinwehr

Zimmer-Sonn, Kim-Juelie (2025): InnoRind allgemein und explizit – Futterkamp Darstellung, 13.01.2025, LKV-Kreiskontrollvereinsversammlungen 2025, KKV Schleswig, Silberstedt

Dr. Dittrich, Imme (2025): InnoRind: AG Milchkuh Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp – Erste Ergebnisse, 10.07.2025, Projekttreffen InnoRind, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp

Dr. Dittrich, Imme (2026): Kalben und Aufwachsen in der Gruppe: Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind, 13.01.2026, LKV-Kreiskontrollvereinsversammlungen 2026, KKV Ostholstein, Lensahn

Dr. Dittrich, Imme (2026): Abkalben in der Gruppe am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe?, 20.01.2026, Abschlussveranstaltung InnoRind, Berlin

Dr. Dittrich, Imme (2026): Abkalben in der Gruppe am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe?, 22.01.2026, Webinarreihe InnoRind, Online

Geplante Artikel

Dr. Dittrich, Imme (2026): Kalben in der Gruppe – Futterkamper Ergebnisse aus dem Projekt InnoRind (**Titel vorl.**), Bauernblatt, Ausgabe XX/2026, Rubrik: Rinder Aktuell

4.1.12. Durchführung (LFA + Gut Dummerstorf)

Zitierweise: Schröder L, Hannes D, Römer A (2026) AG Milchkühe (LFA). In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 238 - 248.

a) Arbeitspakete

Die LFA MV bearbeitet das Arbeitspaket 3 Milchkühe, indem es umoptimierte Abkalbebereiche (IP 3) geht. Hierbei wurde ein bauliches Konzept zur erbauung einer Gruppenabkalbebuch mit Rückzugsbereich am Gut Dummerstorf erstellt und daraufhin auch erbaut. In dieser Gruppenabkalbebuch wird auch der verlängerte Kuh-Kalb-Kontakt betrachtet. Dabei verbleiben die Kälber in den ersten 24 bis 48 Stunden nach der Geburt bei ihrer Mutter, um das für sie essenzielle Kolostrum aufzunehmen. Zusätzlich wird das Verhalten der Kühe während der Geburt beobachtet, insbesondere im Hinblick darauf, ob sie, identisch zum natürlichen Verhalten, eine räumliche Absonderung von der Herde vornehmen, um ungestört zu kalben.

b) Material und Methoden

Für den Versuch zum verlängerten Kuh-Kalb-Kontakt werden eine Kontroll- und eine Versuchsgruppe gebildet. Die Zuordnung der Tiere zu den jeweiligen Gruppen erfolgt im Vorfeld anhand einer Geburtenliste. Hauptsächlich werden mehrkalbige Kühe in den Versuch einbezogen, vereinzelt auch Färsen.

Für die Versuchsgruppe wurde eine Gruppenabkalbebuch eingerichtet, in die für zwei Kühe mit einem Separee als Rückzugsbereich. Das Einstellen erfolgte zwischen zwei Wochen und zwei Tagen vor dem erwarteten Kalbetermin aus dem Vorbereiterstall, in dem die Kühe vor der Kalbung angefüttert werden. Die Abkalbebuch ist in zwei Bereiche unterteilt. Der vordere Bereich dient als Fress- und Liegebereich. Der hintere Bereich ist mit blickdichten Kunststoffplatten ausgestattet und zu Beginn des Versuches in zwei voneinander getrennte Separees unterteilt. Diese Abteile sind jeweils 3 m breit und 6 m tief. Ziel dieser Aufteilung ist es, zu beobachten, ob sich die Kühe zur Kalbung zurückziehen. Im weiteren Verlauf des Versuches wurden die Trennwände entfernt, sodass ein zusammenhängendes Separee mit einer Größe von 6 m × 6 m entsteht (Abb. 103). Zur Durchführung der Beobachtungen wurde dieser Bereich mit zwei Kameras ausgestattet. Die zweite Kamera ist auf den Fress-/ Liegebereich gerichtet (Abb. 104).



Abbildung 103: Kameraaufnahme auf das Separee



Abbildung 104: Kameraaufnahme des Fress-/ Liegebereichs

Die Versuchstiere befanden sich stets zu zweit in der Gruppenabkalbebuch. Hatte eine Kuh gekalbt und wurde sie nach 24 bis 48 Stunden von ihrem Kalb getrennt, wurde eine weitere Kuh in die Bucht eingestallt. Lediglich Färsen verblieben nach dem vorzeitigen Ausscheiden des Partnertieres allein in der Bucht, um den Stress einer erneuten Kleingruppenbildung kurz vor der Kalbung zu vermeiden.

Nach der Kalbung blieb das Kalb für 24 bis 48 Stunden bei der Mutter, außer Zwillingskälber. In diesem Zeitraum nahm das Kalb das Kolostrum selbstständig auf ohne Zufütterung (Abb. 105). Danach erfolgte die Trennung von Kuh und Kalb. Die Kuh wurde in die Frischmelkergruppe eingestallt, während das Kalb gewogen und anschließend in eine Kälberkleingruppe verbracht wurde.



Abbildung 105: Zwei neugeborene Kälber trinken bei den Müttern im Separee

Die Überprüfung der Kolostrumversorgung erfolgte mittels einer Blutuntersuchung bei den Kälbern. Hierzu entnahm ein Tierarzt zwischen dem 3. und 10. Lebenstag Blut aus der Halsvene.

Das Blut wurde anschließend für mehrere Stunden im Kühlschrank gelagert, um die Absetzung des Blutserums zu ermöglichen. Das Serum wurde danach abpipettiert, in Probenröhrchen eingefroren und zur weiteren Analyse an das Labor Laboklin versendet. Zusätzlich bestimmten Mitarbeitende der LFA MV den Brix-Wert des Blutserums mithilfe eines digitalen Refraktometers, um die Genauigkeit dieser Methode mit den Laborergebnissen zu vergleichen. Dieses Vorgehen wurde sowohl bei den Kälbern der Versuchsgruppe als auch der Kontrollgruppe angewendet.

Die Tiere der Kontrollgruppe kalbten betriebsüblich in der Vorbereitergruppe. Zeitgleich können dort bis zu 30 Tiere kalben. Die Kälber wurden zeitnah nach der Geburt von der Mutter getrennt und mit ausgewähltem Kolostrum sowie Eisen versorgt.

Die Kühe beider Gruppen wurden zweimal täglich (morgens und abends) gemolken. Bei der Versuchsgruppe wurde darauf geachtet, den Kühen nur anteilig Milch zu entnehmen, sodass den Kälbern ausreichend Kolostrum zur Verfügung stand. Die Milchmengen wurden dokumentiert und für spätere Auswertungen herangezogen.

Die Auswertung der Videoaufnahmen erfolgte zuerst mithilfe des Videoanalyseprogramms BORIS. Im weiteren Verlauf wurde dann zur besseren Auswertung auf das Programm Mangold Interact gewechselt. Bei den Versuchs- und Kontrollkühen wurde der Zeitraum vom ersten Pressen bis zur Geburt sowie die ersten 48 Stunden nach der Trennung von Kuh und Kalb im Hinblick auf möglichen Trennungsstress analysiert. Für die Versuchsgruppe wurde zusätzlich der Zeitraum bis zum ersten Trinken des Kalbes ausgewertet.

Im Rahmen der Analyse wurde untersucht, ob und zu welchen Zeitpunkten das Separee vom Muttertier genutzt wurde. Zudem wurden die Kalbezeiten im Separee, im vorderen Bereich der Abkalbebucht sowie in der Kontrollgruppe miteinander verglichen. Darüber hinaus wurde erfasst, wie lange die Kühe der jeweiligen Gruppen nach der Trennung Stressanzeichen zeigten. Diese Beurteilung erfolgte anhand verschiedener Verhaltensmerkmale, darunter unruhiges Hin- und Herlaufen, aktives Suchen des Kalbes sowie das Rufen nach dem Kalb.

4.1.13. Ergebnisse und Erkenntnisse (LFA + Gut Dummerstorf)

In Abbildung 106 ist zu sehen, dass 37 % der Versuchstiere während des Versuchszeitraums das Separee in der eingerichteten Gruppenabkalbebucht genutzt haben. Es wurden sowohl Färsen als auch Mehrkalbskühe einbezogen. Bei separater Betrachtung der Färsen wurde keine Präferenz dieser bei der Kalbung festgestellt. Die meisten Abkalbungen im Separee wurden im Februar und Mai verzeichnet (Abb. 107).

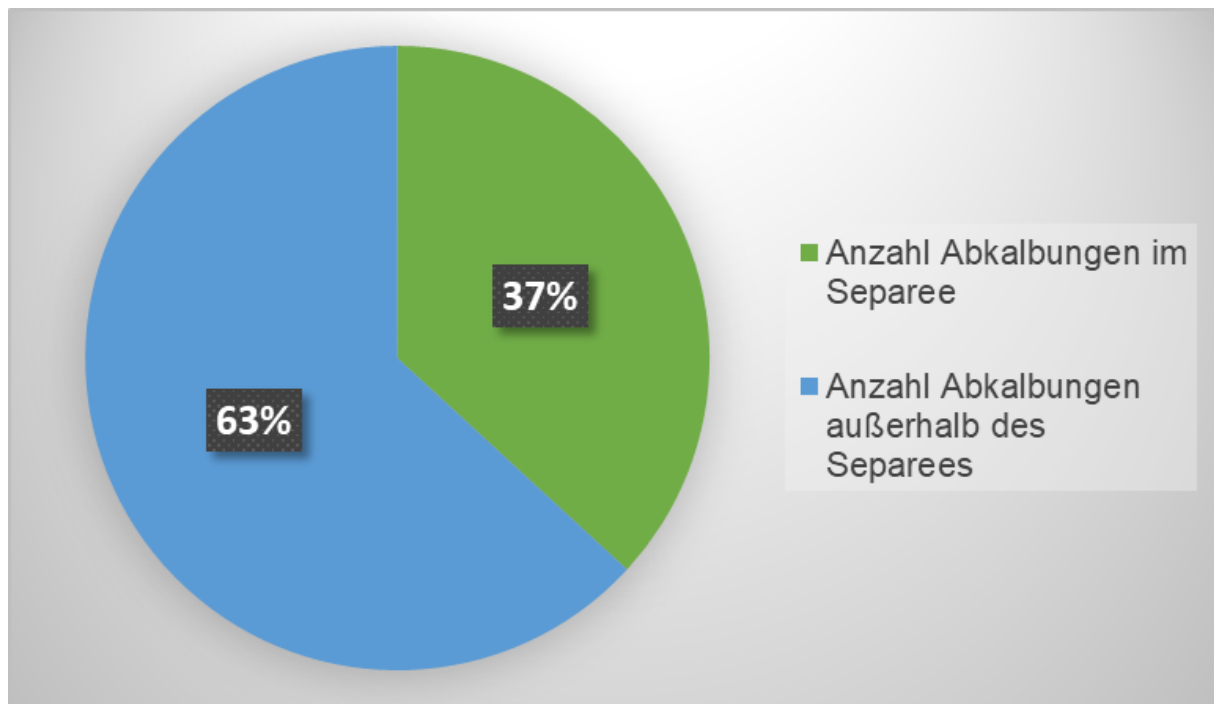


Abbildung 106: Verteilung aller Abkalbungen in der Versuchsgruppe (%)

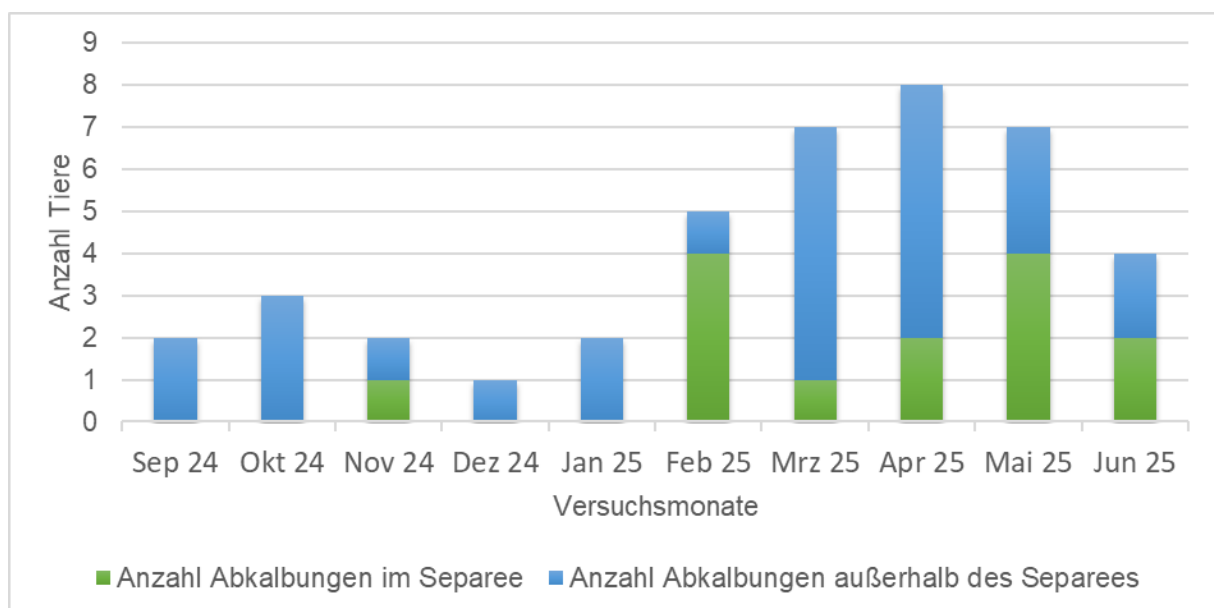


Abbildung 107: Anzahl der Abkalbungen aufgeteilt nach Monat und Kalbeort

Es fällt auf, dass die meisten Abkalbungen am Vormittag im vorderen Bereich des Stalls stattfanden, trotz der zu dieser Tageszeit durch Mitarbeitende vorgenommenen Aktivitäten wie Einstreuen der Liegeflächen oder Tierbeobachtung.

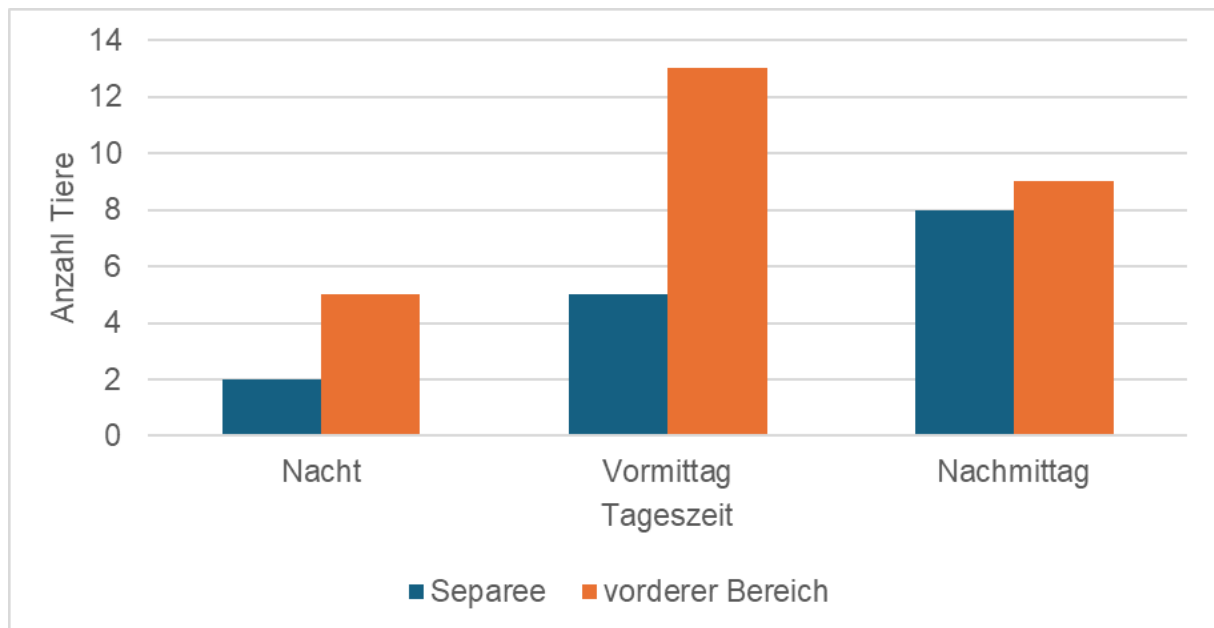


Abbildung 108: Aufteilung der Kalbungen nach Tageszeit und Kalbeort; Nacht: 21:01 - 04:00 Uhr, Vormittag: 04:01 - 12:00 Uhr, Nachmittag: 12:01 - 21:00 Uhr

In den Abbildungen 109, 110 und 111 wird deutlich, dass die Kalbezeiten der Kühe im Separee deutlich kürzer waren als im Fress-/Liegebereich sowie bei Kühen der Kontrollgruppe. Sie dauerte im Separee durchschnittlich eine Stunde weniger.

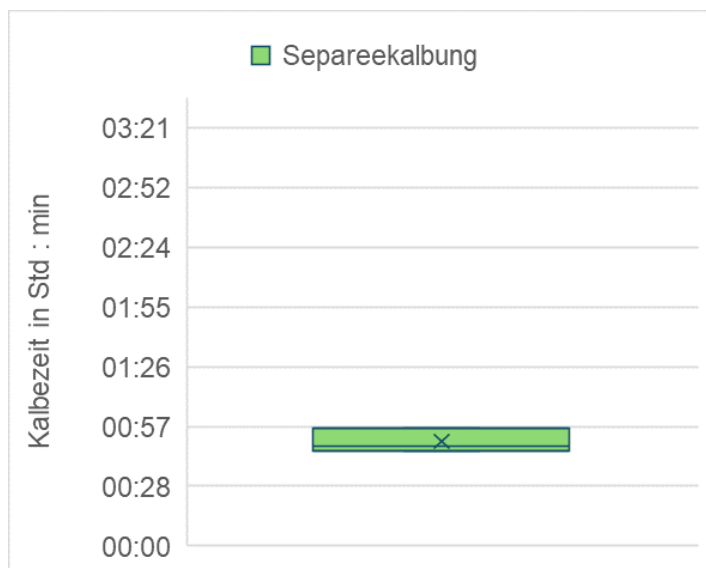


Abbildung 109: Durchschnittliche Dauer der Kalbungen (n=5)

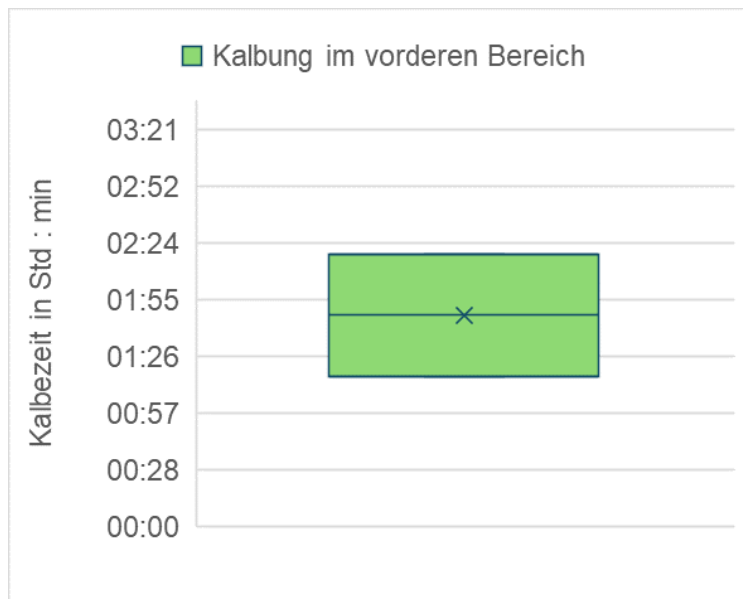


Abbildung 110: Durchschnittliche Dauer der Kalbung im Fress- und Liegebereich der Gruppenabkalbe-
bucht (n=5)

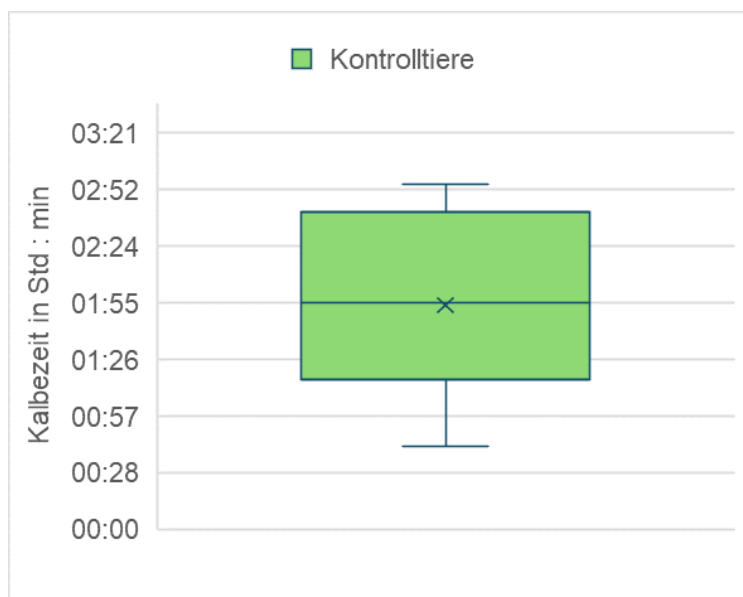


Abbildung 111: Durchschnittliche Dauer der Kalbung im Kontrollbereich (n=5)

Auch war auffällig, dass deutlich mehr männliche als weibliche Kälber nicht in die Auswertungen einbezogen werden konnten, weil sie nicht selbstständig Kolostrum an der Mutter aufgenommen haben (Abb. 112 und 113).

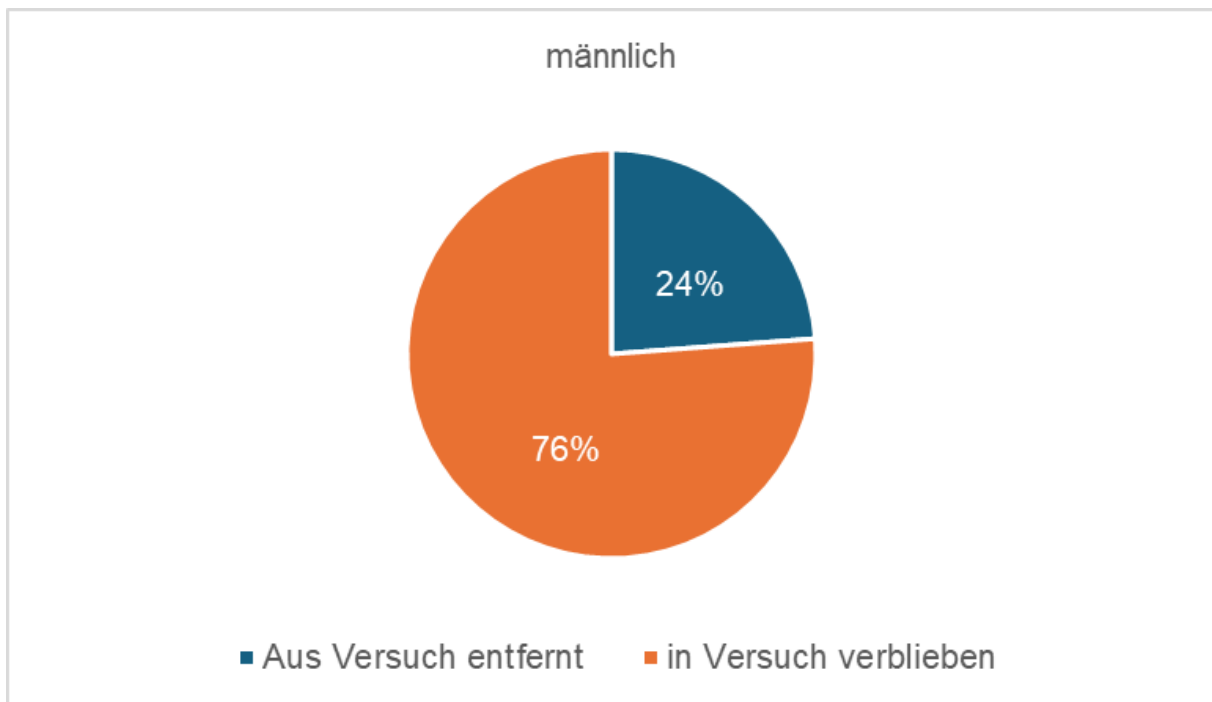


Abbildung 112: Anteil männlicher nicht in die Auswertung einbezogener Kälber

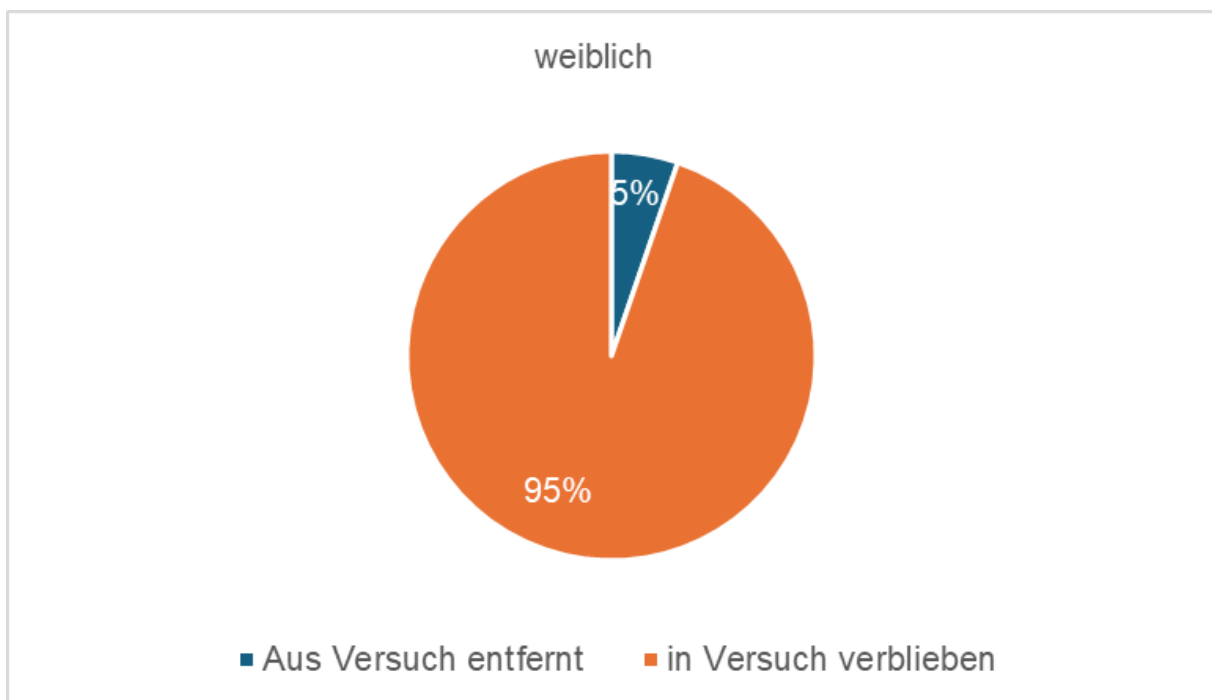


Abbildung 113: Anteil weiblicher nicht in die Auswertung einbezogener Kälber

Auch die Differenzen zwischen den Untersuchungsmethoden für die Bestimmung der IgG-Werte aus dem Blutserum wurden ermittelt. 29 % der im Labor analysierten Werte stimmen nicht mit den Werten des digitalen Refraktometers überein (Abb. 114).

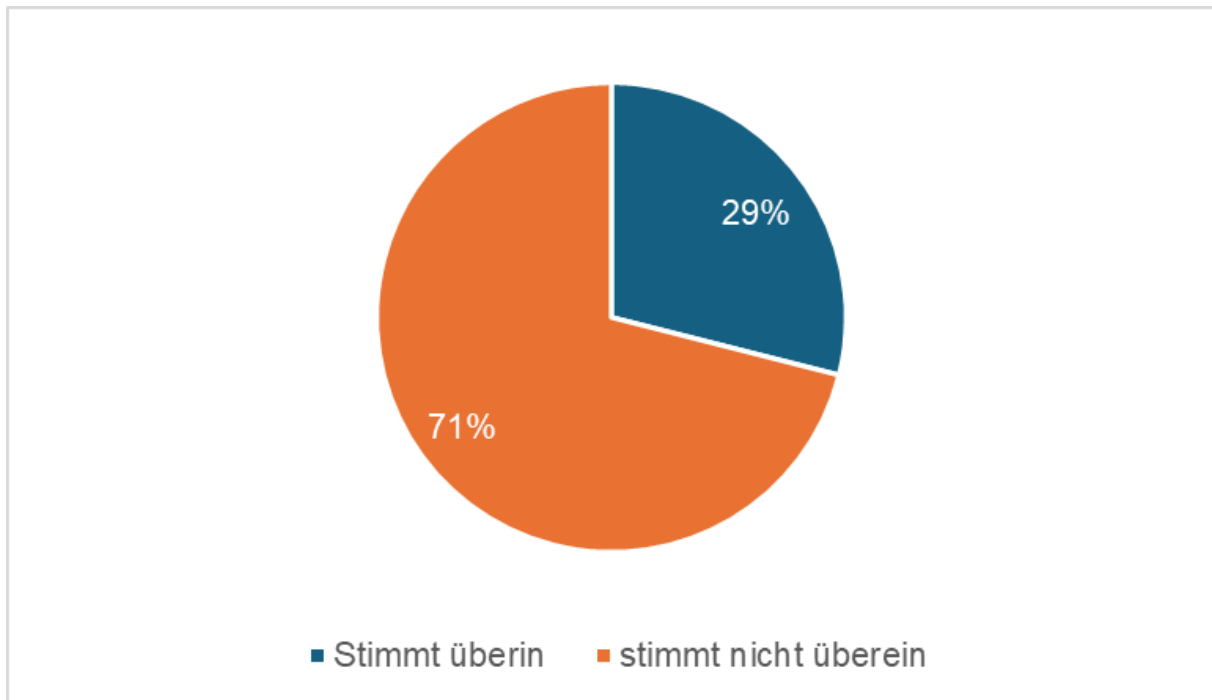


Abbildung 114: Anteil Übereinstimmungen von den durch das Labor ermittelten IgG-Gehalten im Kälberblut mit den über Refraktometer ermittelten IgG-Gehalten

In den Abbildungen 115 und 116 werden die IgG-Werte des Blutserums von Kälbern der Kontroll- und Versuchsgruppe verglichen. Hierfür wurden zum einen die Rohdaten einbezogen und zum anderen die LSMeans betrachtet. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. Zu beachten ist, dass die Kälber der Kontrollgruppe mit nach Brixwerten ausgewähltem Kolostrum versorgt wurden, das mitunter auch nicht von der eigenen Mutter stammte.

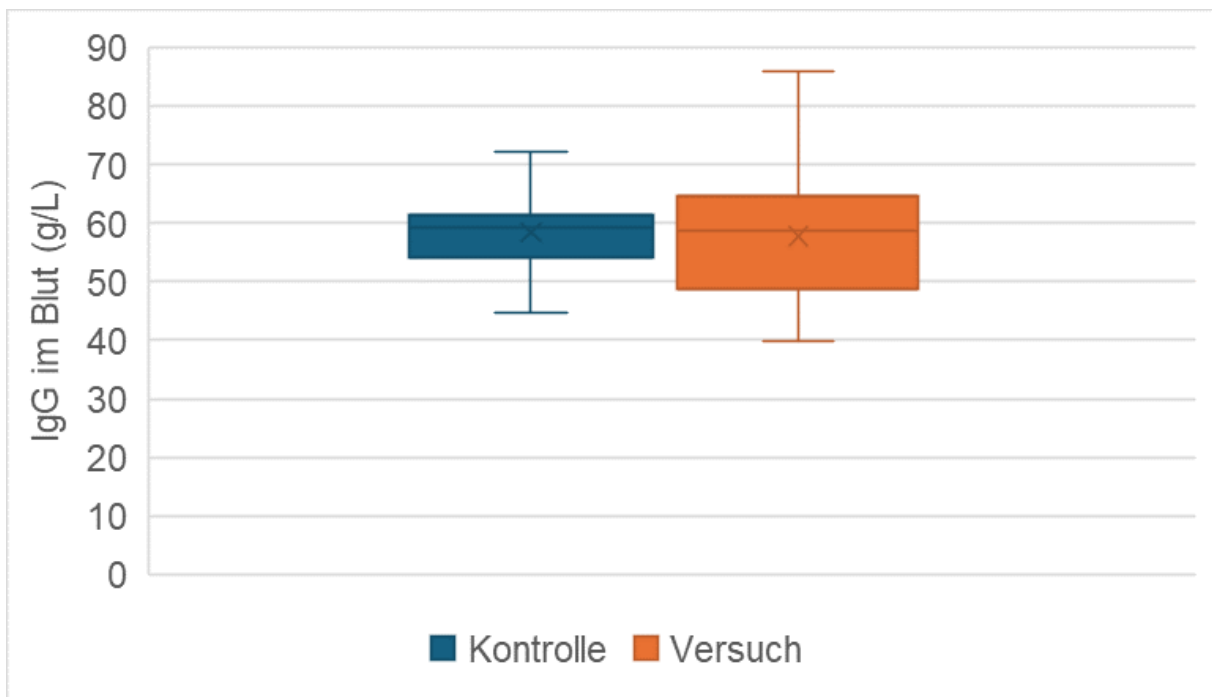


Abbildung 115: Vergleich der IgG-Werte im Blut von Kälbern der Versuchs- und Kontrollgruppe (auf Basis der Rohdaten)

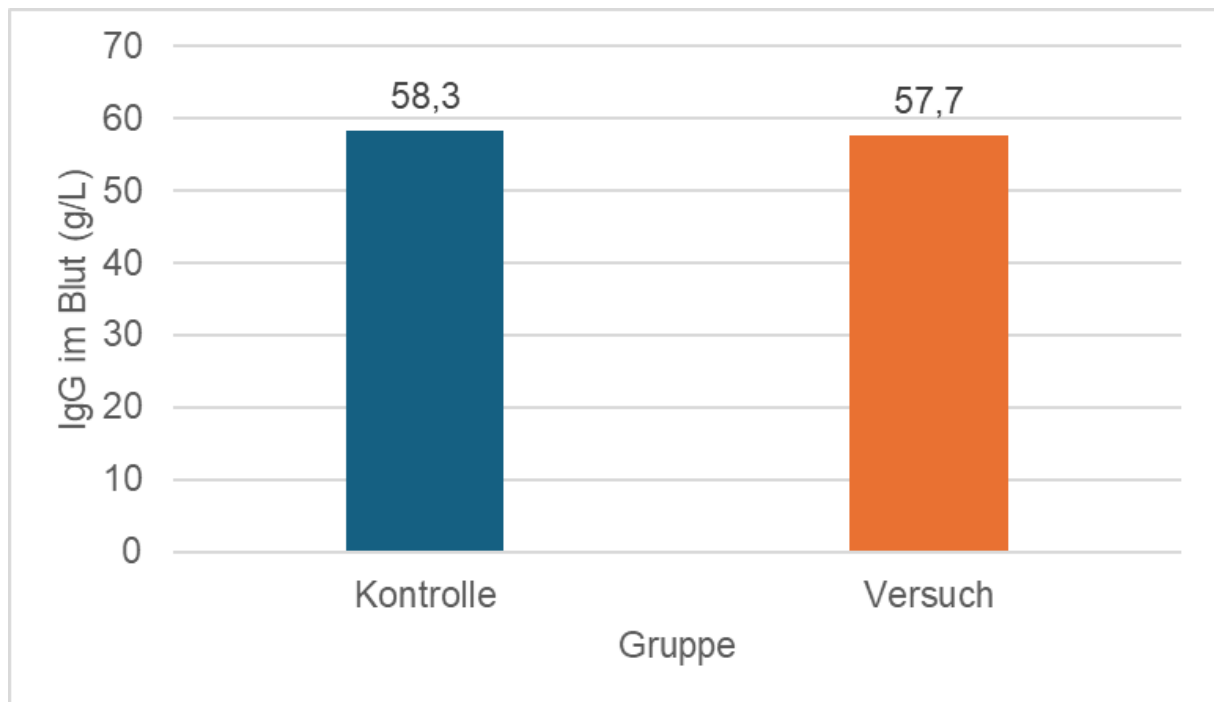


Abbildung 116: LSMeans des Blut-IgG-Gehalts unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Lebensstag, Kalbin, Saison und der Gruppe (Versuch- oder Kontrollgruppe)

4.1.14. Interpretation der Ergebnisse (LFA + Gut Dummerstorf)

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Abkalbebuch mit separatem Rückzugsbereich stellt eine wertvolle Möglichkeit dar, das Tierwohl auf dem Betrieb zu verbessern. Besonders die Nutzung des Separees bietet noch Potenzial für eine intensivere Anwendung, da – entgegen der Annahme – auch die Färsen diesen Bereich nicht so häufig in Anspruch nahmen. Dennoch ist zu bedenken, dass der Neubau oder Umbau einer solchen Gruppenbuch mit einem separaten Rückzugsbereich mit zusätzlichen Investitionskosten und einem erhöhten Platzbedarf pro Tier verbunden ist. Dies kann für viele Betriebe eine finanzielle und logistische Herausforderung darstellen.

Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist der verlängerte Kontakt zwischen Kuh und Kalb, der ebenfalls mit einem erhöhten Aufwand verbunden ist. Obwohl das manuelle Tränken der Kälber in den ersten 24 - 48 Stunden entfällt, muss regelmäßig kontrolliert werden, ob die Kälber ausreichend Milch aufnehmen. Dieser zusätzliche Arbeitsaufwand kann nicht unbeachtet bleiben da Kälber, die nicht selbstständig saufen, zeitnah manuell getränkt werden müssen. Zusätzlich ist es wichtig, ausreichend Platz für Kühe und Kälber bereitzustellen, die nach der Geburt aufgrund von gesundheitlichen Problemen oder einer mangelhaften Erstversorgung getrennt werden müssen.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Rückzugsmöglichkeit von den Kühen häufig angenommen wurde. Zudem deutet sich eine verkürzte Abkalbedauer an, was sich positiv auf die Gesundheit von Kuh und Kalb auswirken kann. Die Kälber wiesen außerdem keinen geringeren IgG-Gehalt im Blut auf als die Kontrolltiere, die innerhalb der ersten vier Stunden nach der Geburt mit getesteter Milch versorgt wurden. Hier ist weiterer Forschungsbedarf nötig, um die Bedeutung

der Kälbersversorgung durch die eigene Mutter (Zeit, Kolostrumqualität, Dauer und Menge der Aufnahme...) mit der manuellen Versorgung mit ausgewähltem Kolostrum zu vergleichen.

Als Nachteil ist anzuführen, dass aufgrund des hohen Platzbedarfs pro Tier vergleichsweise viel Fläche ungenutzt bleibt. Darüber hinaus darf die Sicherheit der Mitarbeiter nicht außer Acht gelassen werden. Das Abkalbeseparee muss ausreichend groß gestaltet sein, um eine gefahrlose Geburtshilfe zu ermöglichen. Zudem muss das Temperament der Kühe berücksichtigt werden, insbesondere wenn die Kälber bei der Mutter verbleiben.

c) **Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen**

Die Errichtung eines kleinen Gruppenabteils mit angeschlossenem Separee bietet eine Rückzugsmöglichkeit und mehr Platz zur Kalbung. Beide Aspekte können den Stress im Zeitraum um die Abkalbung reduzieren. Tiere mit geringerem Stresslevel sind weniger anfällig für Erkrankungen. Generell erhöht sich die Umwelteffizienz je kg erzeugtem Produkt (hier Milch) wenn die Milchkühe leistungsfähiger und weniger krank sind und länger leben (höhere Lebenstageeffizienz und längere Nutzungsdauer). Ein indirekter Effekt der Optimierung des Abkalbebereichs, welcher zu einer Reduzierung der Umweltwirkungen über das gesamte Tierleben führt, ist also möglich. Ein direkter negativer Effekt auf die Umwelteffizienz durch die Vergrößerung der emittierenden Fläche und damit eine höhere Ammoniakemission wird im Kapitel „Querschnittsthema Umweltwirkungen“ berechnet und erläutert. Aufgrund der relativ kurzen Verweildauer der Kühe im Abkalbebereich (1-2 % der Haltungstage bei einer Umstallung innerhalb von einer Woche bis spätestens 3 Tage vor dem errechneten Kalbetermin) im Verhältnis zur Verweildauer im Laufstall während der Laktation ist dieser Effekt jedoch zu vernachlässigen.

d) **Sonstige Erkenntnisse**

Zu Beginn des Versuchs zeigte sich schnell, dass die ursprüngliche Größe des Separees mit einer Breite von 3 m und einer Tiefe von 6 m zu gering bemessen war. Insbesondere aus Sicht des Arbeitsschutzes stellte dies ein Problem dar, da im Falle eines notwendigen Eingreifens während der Geburt die Sicherheit der Mitarbeiter nicht ausreichend gewährleistet war. Zu testen gilt weiterhin, ob eine semiblickdichte Abtrennung der hier verbauten blickdichten Variante vorzuziehen ist, um den Kalbinnen einen gewissen Sichtkontakt nach außen zu gewährleisten („künstliches Gebüsch“).

Zudem war die Annahme der Kälber durch die Kühe nicht in allen Fällen unmittelbar gegeben. Bei einzelnen Tieren benötigte dieser Prozess eine gewisse Zeit.

4.1.15. Zusammenfassung (LFA + Gut Dummerstorf)

Im Versuch wurde ein optimierter Abkalbebereich mit separatem Rückzugsraum und verlängertem Kuh-Kalb-Kontakt untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Kühe das Separee teilweise nutzen und sich darin tendenziell kürzere Abkalbezeiten ergeben. Eine negative Auswirkung auf die Kolostrumversorgung der Kälber durch eine ausschließliche Erstversorgung der Mutter konnte nicht festgestellt werden. Gleichzeitig wurde deutlich, dass der hohe Platzbedarf, ein erhöhter Arbeitsaufwand sowie Aspekte des Arbeitsschutzes die praktische Umsetzung einschränken. Insgesamt konnten aufgrund der geringen Datengrundlage nur Tendenzen festgestellt werden, die jedoch Potenzial für weiterführende Untersuchungen bieten.

4.1.16. **Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (LFA + Gut Dummerstorf)**

DREWS, J., RÖMER, A. (2021): Milchviehställe der Zukunft. Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind) - zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz. IVM-Jahrestagung in Basthorst am 04./05.11.2021.

DREWS, J., RÖMER, A. (2022): Milchkuhhaltung der Zukunft - worauf müssen wir uns einstellen? (Wie) kann das in der Praxis funktionieren? - Projektvorstellung "InnoRind". 31. Milchrindtag MV am 16.03.2022 (virtuell).

Weitere Publikationen sind in regionalen sowie überregionalen agrarwissenschaftlichen Zeitschriften geplant.

Vorträge sind im Rahmen der Veranstaltungsreihen der LFA MV (z.B. Fütterungs- und Kälberseminar) sowie deutschlandweit für Landwirte geplant.

5. AG 4: Tierwohlplanung

5.1 Tierwohlplanung – Entwicklung eines praxistauglichen, präventiv orientierten Managementkonzepts für eine strukturierte und systematische Tierwohlplanung in der praktischen Rinderhaltung (TI-OL)

Zitierweise: Peschel U, March S, Brinkmann J (2026) AG4 Tierwohlplanung. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 249 - 258.

5.1.1 Vorhabenkonzept

5.1.1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Innovationsprojektes

Ziel des Teilprojektes „Tierwohlplanung“ war es, ein praxistaugliches, präventiv orientiertes Managementkonzept, das eine strukturierte und systematische Tierwohlplanung ermöglicht, für die Praxis zu entwickeln. Dieses Managementkonzept kann dazu beitragen, wesentliche Tierwohlprobleme (z. B. Lahmheiten, Integumentschäden, etc.) in Rinderhaltungen zu reduzieren und somit nachhaltig das Wohlergehen von Milchkühen, Mastrindern und Aufzuchtkälbern/ Junggrindern zu verbessern.

Um rinderhaltende Praxisbetriebe bei der strukturierten und systematischen Tierwohlplanung anhand des Regelkreises – Tierwohl messen und bewerten, Schwachstellenanalyse durchführen und Verbesserungsmaßnahmen ableiten, umsetzen und evaluieren – zu unterstützen, sollte eine frei zugängliche Internet-Plattform aufgebaut werden, die in den unterschiedlichen Settings und Beratungssituationen bzw. durch Einzelpersonen sowie in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung Anwendung finden kann.

Ziel des o. g. präventiv orientierten Managementkonzepts ist es,

1. die Tierwohlsituation des Einzeltieres und der Herde anhand valider Indikatoren objektiv und umfassend erfassen und beurteilen zu können,
2. diese Erhebungen auf Herdenebene auswerten und bewerten zu können und
3. in der Folge, darauf basierend, betriebsindividuell evidenzbasierte Tierwohlpläne zu erstellen und zur Verbesserung der Tierwohlsituation systematisch zu nutzen.

Viele sogenannte „Produktionskrankheiten“ in der Rinderhaltung, wie beispielsweise Lahmheiten, Integumentschäden (v. a. an Gliedmaßen und Gelenken), Eutergesundheits- und Stoffwechselstörungen haben eine hohe Tierschutzrelevanz (WBA, 2015), da sie in der Regel mit Schmerzen und/ oder Leid verbunden sind. Die Praxisforschung zeigt seit Jahren hohe Inzidenzen/ Prävalenzen für verschiedene Tiergesundheitsstörungen auf (bspw. WBA, 2015 oder PraeRi, 2020). Angesichts der immer noch viel zu hohen Inzidenzen/ Prävalenzen für verschiedene Tierschutzprobleme kommt der effektiven Prävention von Gesundheitsstörungen und anderen Tierschutzproblemen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung daher eine entscheidende Rolle in der Sicherstellung und Aufrechterhaltung des Wohlergehens zu (WBA, 2015). Gleichzeitig sind auch ökonomische Vorteile für die Tierhalter:innen zu erwarten. Aus experimentellen Untersuchungen oder epidemiologischen Studien liegt eine Fülle von Erkenntnissen zur Ätiologie bzw. zu Risikofaktoren vor. Häufig sind die Ursachen für Tierwohlprobleme

multifaktoriell, jedoch sind die einzelnen (Haupt-) Risikofaktoren inzwischen hinlänglich bekannt (z. B. Breen et al., 2009; Brenninkmeyer et al., 2013; Cicconi-Hogan et al., 2013; Compton et al., 2017; Dippel et al., 2009; Magrin et al., 2020; Thomsen et al., 2007a+b). Offensichtlich mangelt es aber an praxistauglichen Konzepten für ein präventiv orientiertes Tierwohlmanagement, die diese Erkenntnisse erfolgreich in die Praxis umsetzen bzw. deren Effektivität unter Praxisbedingungen wissenschaftlich belegt wurde. Eine strukturierte und präventiv orientierte Tierwohlplanung, die anhand des Regelkreises – Tierwohl messen und bewerten, Schwachstellenanalyse durchführen und Verbesserungsmaßnahmen ableiten, umsetzen und evaluieren – erfolgt (Abb. 117), ist bislang weder in der breiten Praxis der Nutztierhaltung noch in der landwirtschaftlichen Beratung oder breitflächig bei der Betreuung durch die Hoftierärzt:innen etabliert.

Aus einer Reihe an (zum Teil von BMLEH und BLE geförderten) Untersuchungen liegen vielversprechende Ergebnisse bzw. Erkenntnisse zur Vorbeugung von Produktionskrankheiten sowie zur Anwendung von Managementinstrumenten zur Verbesserung des Tierwohls vor, die im Rahmen dieses Vorhabens weiterentwickelt und über geeignete Ansätze des Wissenstransfers und nutzergerechte Aufbereitung in die Praxis transferiert werden sollten. Für den Bereich „Tierwohl messen und bewerten“ wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Indikatorenlisten und Erhebungsprotokolle (Main et al., 2007; WQ®, 2009) bzw. Datenrückmeldungen an Landwirt:innen geschaffen, bspw. der „Q Check-Report“ (DLQ, 2020) oder „Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind“ (Brinkmann et al., 2020a). Werkzeuge für die Erhebung im Stall durch die Landwirt:in wurden ebenfalls entwickelt (bspw. EiKoTiGer-Projektkonsortium 2020 oder Tierwohl Check-App, 2021) und eine Online-Schulung mit anschließendem Test, die zur Erhebung der Tierwohlintikatoren befähigt, wurde ebenfalls veröffentlicht (Cimer et al., 2021). Eine Einordnung und Bewertung des Tierwohls im eigenen Betrieb kann auf Basis breit abgestimmter Orientierungswerte aufgrund der Einschätzung von Expert:innen erfolgen, z. B. mittels Ampelfarben (vgl. DLQ, 2020; Brinkmann et al., 2020b). Detaillierte Werkzeuge und praxistaugliche Unterstützung im Bereich der Schwachstellenanalyse gibt es vergleichsweise noch wenig und diese beziehen sich aufgrund ihrer Komplexität häufig auf spezielle Themengebiete, wie bspw. Eutergesundheit (EIP Eutergesundheit).

Werkzeuge für die einzelnen Elemente einer Tierwohlplanung lagen somit vor, eine praxisanwendbare Vernetzung bestehender Werkzeuge, um eine effektive Herdengesundheitsplanung in Beratung und Praxis zu verankern, fehlte jedoch bislang. Neben der Implementierung des methodischen Konzeptes der präventiven Tierwohlplanung (oben beschriebener Regelkreis) in Praxis und Beratung war jedoch gerade diese Bündelung und strukturierte Verknüpfung notwendig, um eine Breitenwirkung in der landwirtschaftlichen Praxis zu erzielen.

5.1.1.2 Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Das „Kernstück“ der erarbeiteten Anwendung stellt eine zielgruppengerechte und nachvollziehbare Beschreibung des Konzepts der strukturierten und evidenzbasierten Tierwohlplanung anhand des Regelkreises und der aufeinander aufbauenden Schritte dar (Abb. 117). Durch eine gleichermaßen evidenzbasierte wie strukturierte Vorgehensweise kann so die Tierwohlsituation in Praxisbetrieben signifikant verbessert werden. Dies zeigen zahlreiche Studien (bspw. Brinkmann und March, 2010; Brinkmann et al., 2012 und 2016; Burke et al., 2006; Green et al., 2007; Huxley et al., 2004; March et al., 2012 und 2014; Ivemeyer et al., 2012 und 2015; Tremetsberger, 2015).

Das Konzept wurde zum einen in digitaler Form erläutert und zur Verfügung gestellt, ebenso wurde es in Ratgeber- bzw. Leitfadenformat als Printprodukt (sowie als PDF zum Download) verfügbar gemacht.

In einer digitalen Plattform wurden bestehende Werkzeuge der Tierwohlplanung (beispielsweise Q Check, EiKoTiGer, Tierwohl-Check, CowsAndMore) anhand der einzelnen Schritte des Regelkreises der Tierwohlplanung strukturiert, gebündelt und modular aufgebaut für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Mittels intensivem Austausch mit Landwirt:innen konnten praxis- bzw. nutzerrelevante Aspekte, beispielsweise zur Bedienungsfreundlichkeit für verschiedene Anwender:innen, bereits während der Projektlaufzeit, iterativ Eingang in die Konzeption der Plattform finden. Neben der Nutzung im Einzelbetrieb bzw. durch praktische Landwirt:innen und in der Beratung (unerheblich ob in Einzel- oder Gruppenberatung oder im Rahmen von Stable Schools) kann die Plattform mit den Werkzeugen der Tierwohlplanung auch in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung genutzt werden (berufliche sowie überbetriebliche Ausbildung, Beraterfortbildung, in Fachhochschulen oder (tierärztlichen) Hochschulen und Universitäten).

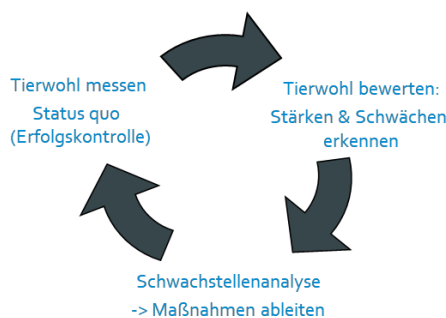


Abb. 117: Schema der Tierwohlplanung

5.1.2 Durchführung (TI-OL)

5.1.2.1 Arbeitspakete

Im Verbundprojekt InnoRind wurden im Teilprojekt Tierwohlplanung vorhandene wissenschaftliche Erkenntnisse und bestehende Werkzeuge systematisch aufgearbeitet. Das Konzept der Tierwohlplanung wurde zielgruppenorientiert entwickelt und sowohl als gedruckter Ratgeber als auch online über www.tierwohlplanung.de bereitgestellt. Das Teilprojekt gliederte sich in die folgenden Arbeitspakete:

Vorbereitung: Zielgruppenanalyse zur Optimierung der Praxistauglichkeit der Projektergebnisse. Recherche der einschlägigen Literatur und der verfügbaren Tools. Durchführung eines Workshops zum Thema "Unterstützung präventiv orientierter Tierwohlkonzepte".

Inhaltliche Ausarbeitung von Leitfaden und Online-Plattform: Textentwurf für den Leitfaden sowie iterative Überarbeitung und Optimierung. Online Plattform: Grundaufbau, Strukturentwurf und Inhaltszusammenstellung. Zusammenstellung der darzustellenden Tools und Infos, Kommunikation mit den Anbieter:innen für Verlinkung und Bildrechte.

Designentwicklung: Entwicklung von Logo, Schriftzug und Konzeptgrafik. Entwicklung der Text- und Grafikelemente für die Webseite. Design der Webseiten sowie iterative Überarbeitung und Optimierung.

Erstellung des Leitfadens: Entwurf im Format „Thünen- Ratgeber“, Text- und Bildzusammenstellung. mehrphasig iterative Designoptimierung, Druck.

Erstellung der Online-Plattform: Technische Entwicklung und Umsetzung: Recherche der technisch möglichen und langfristig erhalt- und pflegbaren Formate. Anlegen der Webdomain, Erstellung der Webseitengrundstruktur. Überprüfung der Funktionalitäten. Erstellung der Hauptseiten. Integration der Tools. Integration der grafischen Elemente. Vervollständigung der Tools und Infos. Überprüfung der Inhalte und Links. Veröffentlichung der Webseite.

Entwicklung des Analyse-Assistenten: Inhaltliche und technische Entwicklung einer einfachen webbasierten Anwendung für die Tierwohlplanung in Kälberhaltungen.

5.1.2.2 Material und Methoden

Zu Beginn des Projekts wurden umfangreiche vorbereitende Arbeiten durchgeführt, um die Praxistauglichkeit der geplanten Informationsangebote zu optimieren. Hierzu gehörte eine Zielgruppenanalyse, die Recherche der einschlägigen nationalen und internationalen Fachliteratur zum Thema Tiergesundheits- und Tierwohlplanung in Rinderhaltungen sowie eine Bestandsaufnahme bereits existierender Werkzeuge für die Tierwohlbewertung und Tierwohlplanung. Zur fachlichen und methodischen Optimierung wurde im Rahmen der Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau ein Workshop mit Expert:innen aus Forschung, Beratung und Praxis zum Thema „Unterstützung präventiv orientierter Tierwohlkonzepte“ durchgeführt.

Die inhaltliche Ausarbeitung umfasste sowohl die Erstellung eines praxisorientierten Leitfadens als auch den Aufbau einer digitalen Plattform. Für den Leitfaden erfolgte zunächst ein struktureller und textlicher Entwurf, der in mehreren Schleifen fachlich und sprachlich optimiert wurde. Parallel dazu wurden für die Online-Plattform der grundlegende Aufbau und die inhaltliche Struktur konzipiert. Die Identifizierung relevanter Tools und Informationsangebote, deren Aufbereitung für die Zielgruppen sowie die Abstimmung mit den jeweiligen Anbieter:innen hinsichtlich Verlinkung und Bildrechten waren zentrale Arbeitsschritte. Für jedes Tool bzw. Informationsmaterial wurde ein kurzer Text zur Information über Inhalt und Einsatzmöglichkeiten erstellt. Jedes Tierwohlplanungstool wurde zudem hinsichtlich der unterstützten Tierwohlplanungsschritte und des verfügbaren Formates bewertet.

Ein wesentlicher Teil des Projekts war die gestalterische Entwicklung. Dazu wurden ein Logo, ein Schriftzug und eine zentrale Konzeptgrafik entworfen, die das Prinzip der Tierwohlplanung visuell klar und verständlich vermitteln. Texte und Grafikelemente wurden gemeinsam mit Kommunikationsexpertinnen des Thünen-Instituts erarbeitet, um eine adressatengerechte Ansprache sicherzustellen. Für die Online-Plattform wurden zudem ein interaktives grafisches Element für die Konzeptvermittlung entwickelt. Für jedes Tierwohlplanungstool wurde eine Grafik mit den Informationen zu unterstützten Schritten und Format erstellt, welche auf den Übersichtsseiten zur ersten Orientierung dienen. Entwurf und Layout der Webseiten wurden mehrfach überarbeitet und auf Nutzerfreundlichkeit geprüft.

Für den Leitfaden im Format „Thünen-Ratgeber“ wurde ein Text auf Basis des vorhandenen Wissens erstellt. Neben der Erläuterung der Tierwohlplanung und ihrer Umsetzung wurden Abschnitte zu Hintergrundinformationen zu Tierwohl, Nutzen der Tierwohlplanung und Erfolgsfaktoren entworfen. Es wurden passende Bildmaterialien recherchiert und die zugehörigen Nutzungsrechte geklärt. Es folgte eine mehrphasige iterative Design- und Layoutoptimierung, bevor die Druckfassung finalisiert wurde.

Vorbereitend für die Entwicklung der Online-Plattform wurde die mögliche technische Umsetzung hinsichtlich eines langlebigen, administrierbaren und barrierearmen Webformates eruiert. Anschließend wurde die Domain <http://www.tierwohlplanung.de> eingerichtet und die Grundstruktur der Seite in TYPO3 als Thünen-Satellitenseite aufgebaut. Nach erfolgreicher Prüfung zentraler Funktionalitäten wurden die Hauptseiten erstellt und sukzessive grafische Elemente, Tools und Informationslinks integriert. Die inhaltliche Qualität und Usability wurden durch wiederholte Überprüfung sämtlicher Texte, Verlinkungen und Darstellungen sichergestellt. Abschließend erfolgten die vollständige Fertigstellung und die Veröffentlichung der Webseite.

Für die Entwicklung des Analyse-Assistenten für die Tierwohlplanung in Kälberhaltungen wurden zu jedem der Tierwohlindikatoren bei Kälbern bis 6 Monaten (Brinkmann et al. 2020a) relevante evidenzbasierte Risikofaktoren zugeordnet. Zu diesen wurden praktische Handlungsempfehlungen recherchiert und erarbeitet. Auf Basis des inhaltlichen Entwurfes wurde eine einfache webbasierte Anwendung in TYPO3 erstellt sowie Planungslisten in beschreibbarem PDF Format, die neben den Handlungsempfehlungen zu jedem Risikobereich auch Felder für die konkrete Planung der Maßnahmen enthalten.

5.1.3 Ergebnisse und Erkenntnisse (TI-OL)

Das Konzept der Tierwohlplanung

Das Konzept eines proaktiven Herdengesundheitsmanagements mit dem Fokus auf Risikominimierung hinsichtlich Beeinträchtigungen des Tierwohls kann als zyklischer, kontinuierlicher Prozess beschrieben werden, der systematische Überwachung, inkl. Zielwertdefinition, Risikoanalyse, Maßnahmenumsetzung und regelmäßige Evaluation umfasst. Dieser strukturierte Ansatz zur Tierwohlplanung wurde in den letzten 20 Jahren intensiv wissenschaftlich erforscht und in diversen Projekten erfolgreich in Praxisbetrieben implementiert (z.B. Brinkmann & March, 2010; Brinkmann et al., 2012 und 2016; Burke et al, 2006; Green et al., 2007; Huxley et al., 2004; Ivemeyer et al., 2012 und 2015; March et al., 2012 und 2014; Tremetsberger et al., 2015; Vaarst et al., 2011).

Erfolgsfaktoren der Tierwohlplanung

Als zentraler Erfolgsfaktor gilt die systematische und regelmäßige Analyse der Tierwohlsituation auf Betriebsebene sowie die kontinuierliche Überprüfung, Anpassung und Weiterentwicklung eingeleiteter Maßnahmen. Dieser zyklische Prozess ermöglicht eine evidenzbasierte und nachhaltige Verbesserung des Tierwohls.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor besteht in der aktiven Rolle der Tierhaltenden. Der Erfolg der Tierwohlplanung hängt maßgeblich davon ab, dass Landwirt:innen eigenständig betriebsindi-

viduelle Ziele formulieren und entsprechende Maßnahmenpläne (weiter-) entwickeln (Tremetsberger & Winckler, 2015, Vaarst et al., 2011). Externe Akteurinnen und Akteure – insbesondere Beratungspersonen und Tierärzt:innen – unterstützen diesen Prozess durch fachliche Expertise und eine objektive Außenperspektive. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist zudem eine klare gemeinsame Zielsetzung aller beteiligten Personen erforderlich. Voraussetzung hierfür sind eine Kommunikation auf Augenhöhe sowie eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Tierbetreuenden, Beratung und tierärztlicher Betreuung (Sibley, 2006). Tierwohlpläne können so sowohl einzelbetrieblich – unter Einbindung externer Fachpersonen – als auch in gruppenbasierten Formaten wie „Stable Schools“ entwickelt werden. Forschungsergebnisse zeigen, dass insbesondere der kollegiale Austausch in Gruppenprozessen zu einer deutlichen Reduktion von Tierwohlproblemen und des Arzneimiteleinsatzes beitragen kann. Neben der Bearbeitung identifizierter Problembereiche sollten dabei auch positive Entwicklungen systematisch erfasst und reflektiert werden, um Lernprozesse und Motivation langfristig zu stärken (Tremetsberger & Winckler, 2015, Vaarst et al., 2011).

Praxisgerechte Vermittlung des Konzeptes

Da die Basis für eine erfolgreiche Umsetzung der Tierwohlplanung die Verantwortungsübernahme durch die Tierbetreuenden ist, werden als Zielgruppe in erster Linie Landwirt:innen in den Rinder haltenden Praxisbetrieben und der Aus- und Weiterbildung adressiert, in zweiter Linie Berater:innen sowie Auszubildende und Auszubildende bzw. Lehrende und Lernende. Ausgerichtet auf die Hauptzielgruppe wurde ein klar strukturiertes und eingängiges Schema der Tierwohlplanung (Abb. 118) erstellt, das das einfache Prinzip und den kontinuierlichen Charakter der Umsetzung verdeutlicht:

- (1) Tierwohl messen und bewerten („Sehen“)
- (2) Risikoanalyse („Verstehen“)
- (3) Maßnahmen ableiten und umsetzen („Verbessern“)



Abb.118 Schema des Konzepts der Tierwohlplanung (© Thünen- Institut)

Mit dem Thünen-Ratgeber wurde ein umfassendes, praxistaugliches Leitdokument geschaffen, das das Konzept der Tierwohlplanung und die Hintergründe zielgruppengerecht erläutert, Umsetzungshinweise liefert sowie Nutzen und Erfolgsfaktoren dieses Managementansatzes darstellt. Der Ratgeber ist kostenlos für die Öffentlichkeit verfügbar: sowohl als PDF online zum Herunterladen (<https://www.tierwohlplanung.de/ratgeber>), sowie als Druckexemplar (bestellbar unter tierwohlplanung@thuenen.de).

Die Wissensvermittlung auf der Website www.tierwohlplanung.de ergänzt den Ratgeber komplementär, indem das Konzept und wichtige Praxistipps für ein Internet-affines Publikum in ansprechender Weise präsentiert werden. Das Konzept wird mit einer interaktiv animierbaren Grafik eingeführt, die die Grundprinzipien der Tierwohlplanung einfach erfassbar darstellen. Weitere Informationen sind dann „auf den zweiten Klick“ für Interessierte in kurzen Texten verfügbar. Für ein tieferes Verständnis der (wissenschaftlichen) Hintergründe und Erfolgsfaktoren kann der Ratgeber im PDF- Format heruntergeladen (<https://www.tierwohlplanung.de/ratgeber>) oder über tierwohlplanung@thuenen.de bestellt werden.

Vorhandene Hilfsmittel sichtbar machen

Eine Vielzahl von unterstützenden Tools und Informationsmaterialien für die Verwendung bei der Tierwohlplanung stehen bereits zur Verfügung, ihre Nutzung in der Praxis ist jedoch ausbaubar. Eine übersichtliche Zusammenstellung der verfügbaren Hilfsmittel kann die gezielte Auswahl in der Praxis unterstützen. Die im Projekt erstellte Webseite bietet eine strukturierte Auflistung verfügbarer Tools, die für die Tierwohlplanung bei Kühen (<https://www.tierwohlplanung.de/milchkuehe>), Kälbern (<https://www.tierwohlplanung.de/kaelber>) und Mastrindern (<https://www.tierwohlplanung.de/mastrinder>) zur Verfügung stehen. Diese Tools wurden hinsichtlich der von Ihnen unterstützten Tierwohlplanungsschritte und ihrer verfügbaren Formate (analog, digital) charakterisiert. Für jedes Tool wurde eine Seite angelegt, die eine kurze Beschreibung und ggf. wichtige Besonderheiten oder Einschränkungen (z.B. nur regional nutzbare Anwendungen) sowie Links zu den Webseiten der Urheber:innen enthält. Die in TYPO3 angelegten Seiten sind einfach redaktionell zu bearbeiten und bieten so eine Möglichkeit, auch in Zukunft als Satellitenseite des Thünen-Institutes den aktuellen Stand verfügbarer Tools den interessierten Webseitenutzer:innen darzustellen.

Erweiterung der Angebote

Bei der Recherche zu verfügbaren, evidenzbasiert angelegten Tools wurde deutlich, dass die Tierwohlplanungswerkzeuge bisher hauptsächlich Schritt 1 im Milchviehbereich unterstützen. Um Schritt 2 (VERSTEHEN - Ursachenanalyse) in der Haltung von Rindern aller Altersgruppen und Nutzungsrichtungen zusätzlich zu unterstützen, wurde auf [tierwohlplanung.de](https://www.tierwohlplanung.de) eine nach Themen sortierte Infothek (<https://www.tierwohlplanung.de/infothek>) angelegt, die so die Nutzer:innen schnell zu hilfreichen Materialien und Links für spezielle Tierwohlthemen hinleitet. Diese Infothek kann aufgrund der sich ständig erweiternden Fülle der Angebote nur eine Auswahl darstellen, bietet jedoch einen schnellen Zugriff auf wichtige Wissenstransferkanäle für Rinderhalter:innen.

Für eine Unterstützung von Tierwohl-Analyse und Planung (Schritt 2 und 3) für die Kälberhaltung wurde ein „Analyse-Assistent“ als separat nutzbares Tool auf der Webseite angelegt (<https://www.tierwohlplanung.de/analyse/risikofaktoren-kaelber>). Dieses Tool bietet konkrete Unterstützung bei der Ableitung von Maßnahmen im Bereich Kälbertierwohl auf Basis bereits erhobener Indikatoren und stellt passende Arbeitslisten zum digitalen Ausfüllen und/ oder zum Ausdrucken bereit.

5.1.4 Interpretation der Ergebnisse (TI-OL)

5.1.4.1 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Projektergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Ziele der Nutztierstrategie des Bundeslandwirtschaftsministeriums (2017), indem sie die Voraussetzungen für ein wirksames, präventiv orientiertes Tierwohlmanagement in der Praxis stärken. Im Mittelpunkt steht die Befähigung der Tierbetreuenden, Tierwohl systematisch, evidenzbasiert und kontinuierlich zu verbessern.

Durch die zielgruppengerechte Vermittlung eines klar strukturierten Tierwohlplanungskonzeptes sowie die Aufbereitung und Bereitstellung relevanter Werkzeuge unterstützen die Projektergebnisse einen nachhaltigen Wissenstransfer zwischen Forschung, Beratung und Praxis. Damit werden zentrale Anliegen der Nutztierstrategie adressiert: primär die Verbesserung des Tierwohls und damit sekundär die Stärkung der gesellschaftlichen Akzeptanz, die Sicherung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit und Resilienz tierhaltender Betriebe und die verbesserte Ressourceneffizienz durch Minderung leistungsbeeinträchtigender Erkrankungen und Schäden.

Die Projektergebnisse tragen außerdem zur Etablierung dauerhafter Strukturen für Wissenstransfer und Netzbildung bei, wie sie im Rahmen des „Stall der Zukunft“ gefordert werden. Durch die Schaffung leicht zugänglicher Informations- und Unterstützungsangebote wird die eigenständige Anwendung eines präventiv orientierten Tierwohlmanagements in Praxisbetrieben langfristig gefördert.

5.1.4.2 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Durch ein strukturiertes, evidenzbasiertes Vorgehen und gezielte Risikominimierung kann die Tierwohlsituation maßgeblich verbessert werden. Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass Tierwohlplanung die Tiergesundheitssituation positiv beeinflusst, beispielsweise durch Verbesserungen der Eutergesundheit oder die Reduktion von Lahmheiten bzw. des Arzneimiteleinsatzes in Milchviehbetrieben. (Green et al. 2007, Brinkmann und March 2010, Ivemeyer et al. 2012, Bennedsgaard et al. 2010, Speksnijder et al. 2017). Die praxisnahe Vermittlung des Konzeptes sowie die übersichtliche Bereitstellung von Hilfsmitteln für die fachgerechte Durchführung der Tierwohlplanung unterstützt die Implementierung dieses präventiv orientierten Ansatzes als Basis für eine nachhaltige Verbesserung der Situation und Erhaltung eines guten Tierwohllevels auf Rinder haltenden Betrieben.

5.1.4.3 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die Produktionskrankheiten sind schon im subklinischen Bereich von immenser Bedeutung für die Effizienz der tierischen Erzeugung (Kyriazakis et al. 2024, Bartley et al. 2016). Die Klimabilanz wird z.B. in der Milchviehhaltung stark von der Nutzungsdauer der Kühe beeinflusst, die Futtereffizienz sinkt bei vielen Erkrankungen beträchtlich und das Leistungspotenzial der Tiere wird nicht ausgeschöpft, wenn beispielsweise Eutererkrankungen das produktive Gewebe reduzieren. Gleichzeitig führen erhöhte Verletzungs- und Erkrankungshäufigkeiten zu einem hohen Arzneimittelverbrauch und damit unweigerlich auch zum Eintrag von unerwünschten Stoffen in die Umwelt (Abdallah et al. 2024). Tierwohlverbesserungen durch präventiv orientierte Konzepte wie die Tierwohlplanung können sowohl die Leistungsminderungen als auch den notwendigen Arzneimiteleinsatz reduzieren (Ivemeyer et al. 2012, Bennedsgaard et al. 2010, Speksnijder et al. 2017). Die Bereitstellung des Konzeptes der Tierwohlplanung und verfügbarer hilfreicher Tools fördert die breite Implementierung eines präventiv orientierten Tierwohlmanagements, welches die Ressourceneffizienz der tierischen Erzeugung verbessern und den Arzneimiteleinsatz in den Rinderställen reduzieren kann.

5.1.4.4 Sonstige Erkenntnisse

In der für die Zusammenstellung der Tierwohlplanungstools erfolgten Kommunikation mit den Anbieter:innen dieser, hauptsächlich die Eigenkontrolle/ Tierwohlbewertung unterstützenden Werkzeuge wurde deutlich, dass die Bereitstellung der Tools alleine nicht zu einer breiten Praxiseinsatz führt. Eine professionelle Bewerbung dieser Tools sollte über die Projektlaufzeit hinaus geplant und gefördert werden. Im Workshop „Präventiv orientiertes Tierwohlmanagement in der Praxis unterstützen“ wurde deutlich, dass ein multidimensionaler Ansatz für die Implementierungsförderung notwendig ist, der sowohl die Motivation in der Praxis erhöht, als auch Wissensangebote und unterstützende Bedingungen für Landwirt:innen bereitstellt. Das mit diesem Projekt praxisgerecht aufgearbeitete Konzept der Tierwohlplanung kann als Basis für die breite zielgruppenfokussierte Kommunikation der Umsetzung und des Nutzens eines strukturierten präventiv orientierten Tierwohlmanagements, einer regelmäßigen Eigenkontrolle als Basis dafür und des Einsatzes verfügbarer Tools in die landwirtschaftliche Praxis und Ausbildung dienen.

5.1.5 Zusammenfassung (TI-OL)

Für die praxisgerechte Vermittlung der Tierwohlplanung als präventiv orientiertes Tierwohlmanagement wurden ein strukturiertes Vorgehen für das Konzept („Sehen – Verstehen – Verbessern“) sowie ein Ratgeber entwickelt, der Grundlagen, Umsetzungshinweise und Erfolgsfaktoren anschaulich erläutert. Die ergänzende Website www.tierwohlplanung.de bietet zielgruppengerecht Informationen und Praxistipps sowie zusätzliche Hilfsmittel wie eine Tool-Übersicht, eine thematisch sortierte Infothek und einen digitalen Analyse-Assistenten für die Kälberhaltung.

Das Projekt stärkt damit die Voraussetzungen für ein wirksames, präventiv orientiertes Tierwohlmanagement und leistet einen Beitrag zu den Zielen der Nutztierstrategie. Durch strukturierte Risikoanalyse und gezielte Maßnahmenumsetzung kann das Tierwohl verbessert, der Arzneimittel Einsatz reduziert und die Ressourceneffizienz tierhaltender Betriebe gesteigert werden.

5.1.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen (TI-OL)

Peschel U., March S., Brinkmann J. (2025) Tierwohlplanung – Ein Managementkonzept zur Verbesserung des Tierwohls in der Praxis: Empfehlungen aus der Wissenschaft und Erfahrungen aus der Praxis; Ratgeber. Westerau: Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, 42 p, DOI:10.3220/253-2025-67

Peschel U., March S., Brinkmann J. (2025) Tierwohlplanung – SEHEN - VERSTEHEN - VERBESSERN: Mehr Tierwohl durch proaktives Herdenmanagement; Online-Anwendung. Westerau: Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, <https://www.tierwohlplanung.de/>

Peschel U, Brinkmann J, Ivemeyer S, Leeb C, March S (2024): Präventiv orientiertes Tierwohlmanagement in der Praxis unterstützen. Workshop mit Vortrag und Proceeding, 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 05-08. März 2024, Gießen.

Brinkmann J, Peschel U, March S (2023): Praxistaugliche Managementkonzepte zur Verbesserung und Planung des Tierwohls. Vortrag auf der Bau-Lehrschau in Futterkamp am 09.11.2023.

Geplant:

Peschel U, Brinkmann J, March S (2026): Promoting Cattle Health and Welfare Planning. Posterbeitrag auf der IFOAM Animal Husbandry Alliance Conference 2026, 28.-30. April 2026, Frick, Schweiz. (Beitrag bereits angenommen)

Peschel U, Brinkmann J, March S (2026): Tierwohlplanung – ein präventiv orientiertes Managementkonzept für die (ökologische) Rinderhaltung. Posterbeitrag auf der 18. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 03-06. März 2026, Bonn. (Beitrag bereits angenommen)

6 Querschnittsthema „Tierwohl“

6.1 Begleitende Evaluation der Tierwohlsituation in allen Innovationsprojekten des Verbundvorhabens „InnoRind“ (TI-OL)

Zitierweise: Peschel U, March S, Brinkmann J (2026) QT Tierwohl. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 259 - 272.

6.1.1 Vorhabenkonzept

6.1.1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

Begleitung aller in InnoRind durchgeführten Versuchsanstellungen zu je drei Zeitpunkten mittels anerkannter Protokolle zur Erhebung von Tierwohlindikatoren (als Werkzeuge der Tierwohlplanung) – TI-OL

Seit vielen Jahren sind bedeutende Tierschutzprobleme in der Rinderhaltung bekannt. Beispielsweise werden Lahmheiten, Gliedmaßenschäden oder Eutergesundheits- und Stoffwechselstörungen bei Milchkühen bzw. Schwanzspitzennekrosen, Haut- und Gelenksschäden oder eingeschränkte Ruhe- und Bewegungsmöglichkeiten bei Mastrindern sowie hohe Mortalitätsraten, Atemwegserkrankungen, Einschränkungen in der Ausführung des normalen Sozialverhaltens (inkl. Mutter-Kind-Beziehung) bei Aufzuchtkälbern genannt (WBA, 2015).

Seit 2014 ist für Nutztierhalter:innen die Durchführung einer betrieblichen Eigenkontrolle unter Verwendung geeigneter tierbezogener Merkmale („Tierschutzindikatoren“) zur Sicherstellung der in § 2 TierSchG beschriebenen Anforderungen (u. a. angemessene Ernährung, Pflege, verhaltensgerechte Unterbringung, nicht eingeschränkte artgemäße Bewegung, Vermeidung von Schmerzen, Leiden und Schäden) verpflichtend (§ 11 Abs. 8 TierSchG, 2006). Wissenschaftliche und anwendungsorientierte Indikatorensets zur Erfassung des Tierwohls anhand von vornehmlich tierbezogenen Indikatoren liegen beispielsweise mit dem Welfare Quality®-Protokoll (Welfare Quality®, 2009) vor. Zudem wurden in der Zwischenzeit spezielle Werkzeuge für die landwirtschaftliche Praxis und Anwendung im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle bzw. für das einzelbetriebliche Management erarbeitet, beispielsweise existieren die Leitfäden Tierschutzindikatoren für die Praxis (KTBL, 2020), der Q Check-Report (DLQ, 2020) sowie die App-Anwendung des EIP-Projektes Tierwohl-Check (Tierwohlcheck-Projektkonsortium, 2021).

Diese Ansätze stützen sich auf bereits vorliegende, wissenschaftlich überprüfte und auf Praxistauglichkeit getestete Erhebungsprotokolle, die den Vorteil haben, dass sie ohne besondere apparative Ausstattung jederzeit in der Praxis anwendbar sind. Zumeist fokussieren diese Beurteilungssysteme auf tierbezogene Indikatoren, deren Validität sowie Reliabilität gesichert ist. Diese werden direkt am Tier erfasst und zeigen somit als direkte (Output-) Indikatoren, wie das Einzeltier auf die Einflüsse aus Haltungsumwelt, Fütterung und Management (indirekte (Input-) Indikatoren) reagiert bzw. in welchem Maße seine Anpassungsfähigkeit u. U. überfordert ist.

Eine messbare Verbesserung des Tierwohls in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung und die Relevanz einer angemessenen Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen wird ebenfalls von Seiten der Gesellschaft erwartet (Schulze et al., 2021, unveröffentlicht).

6.1.1.2 Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Die Untersuchungen des Querschnittsthemas Tierwohl sollten auf allen 9 der im Projekt mitwirkenden Versuchsbetriebe und bei 5 bzw. 7 Innovationsprojekten der Kälberaufzucht, Milchkuh- sowie Mastrinderhaltung vorgenommen werden.

Die Tierwohlsituation in den Versuchstiergruppen sollte anhand tierbezogener Indikatoren erfasst werden, die vornehmlich auf den standardisierten Methoden und Ablaufschemata der Veröffentlichung „Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind“ (Brinkmann et al., 2020a) beruhen. Für die Bewertung der einzelbetrieblichen Tierwohlsituation sollten vorliegende Orientierungswerte (DLQ, 2020; Brinkmann et al., 2020b) genutzt werden.

Die Erhebung der Indikatoren sollte je Versuchsbetrieb rund sechsmal in zwei Versuchsjahren erfolgen, um die Tierwohlsituation je nach Versuchsanstellung dreimal pro Durchgang (Beginn/ Mitte/ Ende der Versuchsphasen) erfassen und bewerten zu können.

Die Erhebung der Tierwohlindikatoren auf den Versuchsbetrieben, sowie die Auswertung und Rückmeldung der Tierwohlsituation an die Versuchsbetriebe wurde durch die Arbeitsgruppe Tierwohl des Thünen-Instituts vorgenommen. Die Rückmeldung und Bewertung der Ergebnisse erfolgte mittels Einordnung in bereits verfügbare Orientierungsrahmen (ebd.) sowie anhand eines vertikalen Benchmarkings, d. h. dem Vergleich der Ergebnisse der Tierwohlerhebungen in den verschiedenen Versuchsanstellungen zu den verschiedenen Zeitpunkten im Versuchsverlauf.

6.1.2 Durchführung

6.1.2.1 Arbeitspakete

Aufgrund längerer Planungsphasen und unerwartet langer Bearbeitungszeiten der Bauanträge hat sich der Bau- und somit auch der Versuchsbeginn bei einigen Projektpartner:innen deutlich verschoben. Aufgrund dieser Verzögerungen wurde zu Beginn der Umsetzung des Teilprojektes klar, dass die geplanten Arbeiten, die Erhebung von Tierwohlindikatoren in den Versuchsanstellungen, im gesamten Verbundvorhaben ohne Anpassung nicht bis zum Ende der geplanten Projektlaufzeit abzuschließen sein würden, sodass für die betroffenen Teilprojekte und Versuchsbetriebe zur Zielerreichung eine Verlängerung notwendig wäre.

Mit dem Schreiben vom 26.07.2023 wurde den Projektnehmer:innen von der BLE jedoch mitgeteilt, dass aufgrund der Einschränkungen im aktuellen Bundesprogramm Nutztierhaltung weder eine Laufzeitverlängerung des Verbundvorhabens über den 31.07.2025 hinaus, noch eine Aufstockung der bereits bewilligten Projektmittel möglich ist und daher die Projektplanung zu prüfen sowie im Bedarfsfall entsprechend anzupassen ist.

Um die im Antrag dargelegten Ziele des Innovationsprojekts Tierwohlplanung und des Querschnittsthemas Tierwohl trotzdem erreichen zu können, wurde wie folgt reagiert:

Die Erhebung der Indikatoren sollte für das Querschnittsthema Tierwohl je Versuchsbetrieb rund sechsmal in zwei Versuchsjahren erfolgen, um die Tierwohlsituation je nach Versuchsanstellung dreimal pro Durchgang (Beginn/ Mitte/ Ende der Versuchsphasen) erfassen und bewerten zu können.

Aus den o.g. Gründen erfolgten die Erhebung der Indikatoren je Versuchsbetrieb nun viermal, um die Tierwohlsituation je Versuchsbetrieb einmal je Halbjahr (Sommerhalbjahr 2023, Winterhalbjahr 2023/2024, Sommerhalbjahr 2024, Winterhalbjahr 2024/2025) erfassen und bewerten zu können. So konnte der Status quo sowie die Entwicklung der Tierwohlsituation auf den Versuchsbetrieben im Projektverlauf unter Berücksichtigung saisonaler Einflüsse (Sommerhalbjahr (ggf. Sommerweidegang), Winterhalbjahr (Stallhaltung)) beschrieben werden.

6.1.2.2 Material und Methoden

Die Tierwohlsituation in den beteiligten Versuchstierställen wurde anhand tierbezogener Indikatoren erfasst, die vornehmlich auf den standardisierten Methoden und Ablaufschemata der Veröffentlichung „Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind“ (Brinkmann et al., 2020a) beruhen. Einige Indikatoren wurden nach den Erhebungsleitfäden Nationales Tierwohl-Monitoring erhoben (Frieten et al., 2023a-c).

Die Bewertung der einzelbetrieblichen Tierwohlsituation erfolgt anhand vorliegender Orientierungswerte (DLQ, 2020; Brinkmann et al., 2020b).

Die Erhebung der Indikatoren wurde je Versuchsbetrieb viermal in zwei Versuchsjahren durchgeführt, um die Tierwohlsituation entsprechend der Empfehlungen für die betriebliche Eigenkontrolle zweimal jährlich in der Sommer- und Wintersaison erfassen und bewerten zu können.

Die Erhebung der Tierwohlindikatoren auf den Versuchsbetrieben, sowie die Auswertung und Rückmeldung der Tierwohlsituation an die Versuchsbetriebe wurde durch die Arbeitsgruppe Tierwohl des Thünen-Instituts vorgenommen. Die Rückmeldung und Bewertung der Ergebnisse erfolgte mittels Einordnung in bereits verfügbare Orientierungsrahmen (ebd.) sowie anhand eines vertikalen Benchmarkings, d. h. dem Vergleich der Ergebnisse der Tierwohlerhebungen in den einzelnen Betrieben zu den verschiedenen Zeitpunkten im Projektverlauf. Eine deskriptive Gesamtauswertung erfolgte für die einzelnen Indikatoren zu den vier Erhebungszeitpunkten.

6.1.3 Ergebnisse und Erkenntnisse

Die Erhebung der Indikatoren erfolgte je Versuchsbetrieb viermal, um die Tierwohlsituation je Versuchsbetrieb einmal je Halbjahr erfassen und bewerten zu können. Status quo sowie die Entwicklung der Tierwohlsituation auf dem jeweiligen Betrieb können so im Projektverlauf unter Berücksichtigung saisonaler Einflüsse (Sommerhalbjahr (ggf. Sommerweidegang), Winterhalbjahr (Stallhaltung)) beschrieben werden.

Die Erhebungen wurden durch das Team der AG Tierwohl des Thünen-Institutes durchgeführt. Neueingestellte Teammitglieder wurden zu Beginn mittels E-Learning (<https://tierschutzindikatoren-schulung.ktbl.de/>) geschult. Die Überprüfung der Beobachter:innenübereinstimmung erfolgte zu Beginn des Projektes und wiederholt zu Beginn einer jeden Erhebung auf den Betrieben mittels zugehörigem zertifiziertem Onlinetest.

Die Erhebungen fanden nach Absprache mit den beteiligten Versuchsbetrieben je einmal im Sommerhalbjahr 2023, im Winterhalbjahr 2023/2024, im Sommerhalbjahr 2024 und im Winterhalbjahr 2024/2025 statt. In jedem Betrieb wurden die Mitarbeitenden über die Durchführung informiert. Mehrere Betriebe nutzten das Angebot einer Einführung in die Methodik. Für die Erhebung des Indikators „Komplikationen nach Enthornung“ in den Kälberhaltungen wurden die jeweiligen Projektmitarbeitenden in den Betrieben entsprechend geschult.

Die Erhebungsdaten wurden durch das Projektteam ausgewertet und den Betrieben zusammen mit den entsprechenden Orientierungswerten in Form einer Übersichtstabelle zurückgemeldet. Eine Besprechung und Diskussion der Ergebnisse fanden im Regelfall vor der nachfolgenden Erhebung statt, in Einzelfällen auch in Online-Meetings. In zwei Versuchsbetrieben wurden zusätzliche Termine für die Ergebnisbesprechung und Herleitung von Maßnahmen (im Sinne der Tierwohlplanung) sowie Erarbeitung betriebsindividueller Erhebungsprotokolle durchgeführt.

Die Ergebnisse der Erhebungen finden sich in den folgenden Tabellen 53 bis 61. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Projektbetriebe nicht repräsentativ für die Rinderhaltung in Deutschland sind und die geringe Betriebszahl je Produktionsrichtung (Milchkuh-, Kälber-, Mastrinderhaltung) eine weiterführende wissenschaftliche Auswertung und Interpretation nicht zulassen.

Im September 2024 wurde im Rahmen des Projekttreffens in Grund und Achselschwang ein Workshop durchgeführt, in dem die Tierwohlerhebung entsprechend der Methodik (Brinkmann et al., 2020) vermittelt und gemeinsam geübt wurde. Neben Teilnehmer:innen aus dem Projektteams nutzen Mitarbeitende der besuchten Versuchsbetriebe die Gelegenheit, die fachlich fundierte Tierwohlerhebung zu erlernen.

Ergebnisse der Betriebserhebungen

Milchkühe

Tabelle 53: Herden- und Stichprobengröße (Mittelwert, Min, Median, Max) zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt in den vier untersuchten Milchviehhaltungen

	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Herdengröße (Milchkühe)	Sommer 23	231	88	221	395
	Winter 23/24	226	89	214	385
	Sommer 24	218	81	203	383
	Winter 24/25	211	77	204	360
Stichprobengröße (Milchkühe)	Sommer 23	78	67	77	90
	Winter 23/24	72	58	74	80
	Sommer 24	75	58	78	86
	Winter 24/25	72	60	71	85

Tabelle 54: Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den vier untersuchten Milchviehhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Betriebswerte			
		Mittelwert	Min	Median	Max
Körperkondition					
Anteil unterkonditionierter Kühe (%)	Sommer 23	9,9	7,2	9,7	12,9
	Winter 23/24	11,1	4,5	6,1	27,6
	Sommer 24	11,1	2,6	13,4	15,1
	Winter 24/25	5,9	0,0	5,1	13,2
Anteil überkonditionierter Kühe (%)	Sommer 23	4,1	1,4	3,3	8,4
	Winter 23/24	11,1	4,3	11,7	16,7
	Sommer 24	3,2	1,3	3,2	5,1
	Winter 24/25	3,0	0,0	3,7	4,5
Verschmutzung					
Anteil Kühe mit verschmutztem unterem Hinterbein (%)	Sommer 23	56,8	44,8	55,5	71,4
	Winter 23/24	81,4	62,5	82,4	98,3
	Sommer 24	77,1	59,3	80,7	87,9
	Winter 24/25	78,5	42,4	86,6	98,3
Anteil Kühe mit verschmutztem oberem Hinterbein (%)	Sommer 23	33,7	4,5	34,8	60,7
	Winter 23/24	37,1	16,7	38,6	54,3
	Sommer 24	41,5	31,4	34,8	64,9
	Winter 24/25	44,1	28,2	43,3	61,8
Anteil Kühe mit verschmutztem Euter (%)	Sommer 23	14,9	10,0	13,6	22,6
	Winter 23/24	11,6	7,5	11,1	16,7
	Sommer 24	19,1	8,1	12,7	42,9
	Winter 24/25	14,6	4,5	15,3	23,3

Tabelle 54 (Fortgesetzt): Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den vier untersuchten Milchviehhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Betriebswerte			
		Mittelwert	Min	Median	Max
Integumentschäden					
Anteil Kühe mit mind. einem Integumentschaden an Vorderfußwurzel, Sprunggelenk oder Nacken (%)	Sommer 23	15,4	3,0	12,8	33,0
	Winter 23/24	5,5	0,0	4,9	12,3
	Sommer 24	5,8	0,0	3,0	17,1
	Winter 24/25	9,9	0,0	9,3	21,2
Anteil Kühe mit Wunde und/oder Kruste am Sprunggelenk (%)	Sommer 23	10,8	3,0	9,8	20,5
	Winter 23/24	5,3	0,0	6,0	9,2
	Sommer 24	3,3	0,0	1,4	10,5
	Winter 24/25	7,6	0,0	6,0	18,2
Anteil Kühe mit Schwellung am Sprunggelenk (%)	Sommer 23	4,4	1,2	1,5	13,3
	Winter 23/24	0,8	0,0	0,0	3,0
	Sommer 24	2,6	0,0	1,3	7,7
	Winter 24/25	3,2	0,0	2,6	7,6
Anteil Kühe mit Wunde und/oder Kruste am Vorderfußwurzelgelenk (%)	Sommer 23	0,3	0,0	0,0	1,1
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,3	0,0	0,0	1,2
Anteil Kühe mit Schwellung am Vorderfußwurzelgelenk (%)	Sommer 23	1,1	0,0	0,0	4,4
	Winter 23/24	0,7	0,0	0,7	1,4
	Sommer 24	0,3	0,0	0,0	1,2
	Winter 24/25	0,6	0,0	0,0	2,4
Anteil Kühe mit Wunde und/oder Kruste am Nacken (%)	Sommer 23	1,2	0,0	0,0	4,8
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil Kühe mit Schwellung am Nacken (%)	Sommer 23	0,6	0,0	0,6	1,4
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,3	0,0	0,0	1,3
Schwanzschäden					
Anteil Kühe mit Schwanzschäden (%)	Sommer 23	9,6	6,7	10,8	11,4
	Winter 23/24	11,5	5,0	9,7	21,4
	Sommer 24	15,7	9,3	13,1	27,3
	Winter 24/25	13,6	8,2	11,2	23,7
Klauenzustand					
Anteil Kühe mit mangelhaftem Klauenzustand (%)	Sommer 23	9,8	7,3	8,4	15,2
	Winter 23/24	6,6	0,0	8,1	10,4
	Sommer 24	2,7	0,0	0,7	9,4
	Winter 24/25	1,3	0,0	0,6	3,8
Lahmheiten					
Anteil lahmer Kühe (%)	Sommer 23	22,8	16,7	22,8	28,9
	Winter 23/24	10,7	3,4	9,6	20,0
	Sommer 24	13,8	6,9	13,1	22,4
	Winter 24/25	10,0	6,7	11,0	11,5

Tabelle 54 (Fortgesetzt): Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den vier untersuchten Milchviehhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Betriebswerte			
		Mittelwert	Min	Median	Max
Liegeplatznutzung					
Anteil liegender Kühe (Stall Usage Index) (%)	Sommer 23	75,9	57,7	83,7	86,2
	Winter 23/24	73,0	66,0	70,3	85,4
	Sommer 24	62,7	54,5	65,5	68,0
	Winter 24/25	64,0	59,6	63,9	68,7
Anteil vollständig liegender Kühe (Cow Comfort Index) (%)	Sommer 23	81,5	70,0	79,2	95,4
	Winter 23/24	90,6	82,0	91,0	98,3
	Sommer 24	84,8	78,3	82,0	94,0
	Winter 24/25	87,8	84,0	87,0	93,2
Anteil Spalten- bzw. Ganglieger (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0
Aufstehverhalten					
Anteil Kühe mit nicht flüssigem Aufstehverhalten (%)	Sommer 23	30,0	20,0	30,0	40,0
	Winter 23/24	33,5	10,0	30,0	64,0
	Sommer 24	30,0	10,0	30,0	50,0
	Winter 24/25	28,8	20,0	27,5	40,0
Ausweichdistanz					
Anteil Kühe denen man sich maximal auf eine Entfernung von 1 m annähern kann (%)	Sommer 23	18,1	10,8	18,3	25,3
	Winter 23/24	15,9	9,4	12,7	25,6
	Sommer 24	16,6	12,7	13,3	23,8
	Winter 24/25	13,3	9,1	9,4	21,5
Wasserversorgung					
Tier-Tränkeplatz-Verhältnis (Anzahl Tiere je Tränke) Median (Min; Max) ³	Sommer 23	14	10	13	18
	Winter 23/24	11	8	10	17
	Sommer 24	16	15	15	17
	Winter 24/25	15	13	14	19

Tabelle 55: Ausprägungen der bereits vorliegenden und jährlich ausgewerteten Indikatoren auf Betriebs-ebene (Mittelwert, Min, Median, Max) in den Jahren 2022-2024 in den vier untersuchten Milchviehhaltungen

Indikatoren	Betrachtungs- zeitraum	Betriebswerte			
		Mittelwert	Min	Median	Max
Anteil eutergesunder Kühe (Milchzellgehalt <100.000 Zellen/ml) (%) ^{2,3}	2022	71,5	66,3	69,7	80,4
	2023	72,4	63,6	74,5	77,0
	2024	70,9	58,4	73,9	77,6
Anteil euterkranker Kühe, die die Lieferfähigkeit der Milch gefährden (Zellgehalt >400.000 Zellen/ml) (%) ^{2,3}	2022	7,2	4,2	5,8	12,9
	2023	8,3	4,7	7,0	14,7
	2024	9,0	3,8	6,9	18,5
Erstlaktierende mit Zellgehalt > 100.000 (%) ^{2,3}	2022	26,2	21,2	26,9	29,6
	2023	29,2	22,5	29,0	36,2
	2024	23,2	13,6	22,1	34,8
Anteil Kühe mit Verdacht auf Energiemangel (Fett-Eiweiß-Quotient $\geq 1,5$ in ersten 100 Tagen)(%) ^{2,3}	2022	8,2	3,0	9,1	11,5
	2023	10,1	2,3	10,9	16,2
	2024	9,5	2,6	9,7	16,2
Anteil Kühe mit Verdacht auf Pansenfermentationsstörung (Fett- Eiweiß-Quotient < 1,0 in ersten 100 Tagen)(%) ^{2,3}	2022	16,5	15,4	16,6	17,2
	2023	12,2	6,7	8,6	24,9
	2024	13,8	8,3	13,6	19,7
Schwergeburtenrate (%) ^{2,4}	2022	7,0	1,1	6,1	14,7
	2023	3,9	0,9	3,3	7,9
	2024	3,3	0,9	2,8	6,5
Mittlere Nutzungsdauer der gemerzten Kühe (Monate) ^{2,3}	2022	38,3	33	38	45
	2023	34,8	30	34	42
	2024	37,1	28	38	45
Tierverluste (Mortalitätsrate in %) ^{2,4}	2022	5,3	3,4	5,7	6,2
	2023	5,8	4,9	5,9	6,4
	2024	8,0	4,6	8,9	9,7

Kälber (bis 6 Monate)

Tabelle 56: Stichprobengröße (Mittelwert, Min, Median, Max) zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt in den sieben untersuchten Kälberhaltungen

	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Anzahl beurteilter Kälber (Anzahl Kälber zum Erhebungszeitpunkt)	Sommer 23	59	18	49	122
	Winter 23/24	66	44	52	124
	Sommer 24	65	28	54	138
	Winter 24/25	60	27	49	118

Tabelle 57: Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den sieben untersuchten Kälberhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Anteil Kälber die gegenseitiges Besaugen zeigen, bzw. eine Nasenklammer tragen (%)	Sommer 23	6,4	0,0	3,5	23,4
	Winter 23/24	2,7	0,0	1,2	10,4
	Sommer 24	2,6	0,0	2,7	6,5
	Winter 24/25	1,5	0,0	0,0	5,6
Anteil zu magerer Kälber (%)	Sommer 23	1,3	0,0	0,8	5,6
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,9	0,0	0,0	3,2
	Winter 24/25	0,8	0,0	0,0	3,4
Anteil unterentwickelte Kälber (%)	Sommer 23	1,0	0,0	0,0	5,6
	Winter 23/24	0,7	0,0	0,0	2,3
	Sommer 24	0,4	0,0	0,0	2,5
	Winter 24/25	0,3	0,0	0,0	1,6
Anteil offensichtlich kranker Kälber (m²)	Sommer 23	0,2	0,0	0,0	1,7
	Winter 23/24	0,8	0,0	0,0	3,5
	Sommer 24	0,6	0,0	0,0	2,5
	Winter 24/25	0,2	0,0	0,0	1,7
Anteil Kälber mit Augenausfluss (%)	Sommer 23	0,1	0,0	0,0	0,8
	Winter 23/24	1,5	0,0	1,6	4,5
	Sommer 24	1,2	0,0	0,0	6,5
	Winter 24/25	0,4	0,0	0,0	1,7
Anteil Kälber Nasenausfluss (%)	Sommer 23	0,4	0,0	0,0	1,7
	Winter 23/24	5,5	0,0	2,0	13,1
	Sommer 24	3,7	0,0	2,2	14,3
	Winter 24/25	9,5	2,3	8,2	29,6
Anteil verschmutzter Kälber (%)	Sommer 23	2,1	0,0	0,0	10,7
	Winter 23/24	1,3	0,0	0,0	4,8
	Sommer 24	3,7	0,0	3,2	14,5
	Winter 24/25	1,7	0,0	0,0	9,3
Anteil Kälber mit unzureichender Einstreu (%)	Sommer 23	10,3	0,0	0,0	40,0
	Winter 23/24	3,7	0,0	0,0	17,9
	Sommer 24	7,7	0,0	0,0	41,0
	Winter 24/25	5,6	0,0	0,0	37,8

Tabelle 58: Ausprägungen der bereits vorliegenden und jährlich ausgewerteten Indikatoren auf Betriebs-ebene (Mittelwert, Min, Median, Max) in den Jahren 2022-2024 in den sieben untersuchten Kälberhaltungen

Indikatoren	Betrachtungs- zeitraum	Betriebswerte			
		Mittelwert	Min	Median	Max
Anteil Atemwegsbehandlungen bezogen auf Kalbungen pro Jahr (%)	2022	10,4	2,8	10,0	19,5
	2023	12,7	3,3	17,3	20,7
	2024	15,5	1,3	7,0	36,8
Anteil Durchfallbehandlungen bezogen auf Kalbungen pro Jahr (%)	2022	11,7	1,0	5,2	23,1
	2023	14,9	1,7	11,2	34,3
	2024	9,8	4,4	9,3	18,3
Tierverluste bis einschl. 3. Lebensmonat bezogen auf durchschnittlich lebende Kälber (%)	2022	5,9	1,2	7,9	9,8
	2023	5,4	0,9	2,8	16,2
	2024	6,6	0,0	5,8	16,3
Tierverluste > 3. bis einschl. 6. Lebensmonat bezogen auf durchschnittlich lebende Kälber (%)	2022	1,1	0,0	0,7	5,5
	2023	0,5	0,0	0,0	1,9
	2024	1,0	0,0	0,5	3,0
Anteil Kälber mit Komplikationen nach der Enthornung bezogen auf die Gesamtzahl der Enthornungen der letzten 12 Monate (%)	2022	-	-	-	-
	2023	4,7	0,0	3,9	10,2
	2024	14,0	8,1	8,3	25,7

Mastrinder

Tabelle 59: Herden- und Stichprobengröße (Mittelwert, Min, Median, Max) zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt in den drei untersuchten Mastrinderhaltungen

	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Anzahl Mastrinder zum Erhebungszeitpunkt	Sommer 23	89	37	97	132
	Winter 23/24	79	26	73	138
	Sommer 24	100	53	114	133
	Winter 24/25	91	24	116	133
Anzahl beurteilter Tiere	Sommer 23	53	37	56	65
	Winter 23/24	46	26	42	71
	Sommer 24	59	53	58	67
	Winter 24/25	46	24	51	62

Tabelle 60: Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den drei untersuchten Mastrinderhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Anteil Mastrinder mit Augenausfluss (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	8,0	0,0	4,8	19,2
	Sommer 24	0,5	0,0	0,0	1,5
	Winter 24/25	0,5	0,0	0,0	1,6
Anteil Mastrinder mit Nasenausfluss (%)	Sommer 23	5,5	1,8	5,4	9,4
	Winter 23/24	14,2	2,4	7,7	32,4
	Sommer 24	12,2	3,0	3,4	30,2
	Winter 24/25	6,4	2,0	4,8	12,5
Anteil unterentwickelter Mastrinder (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,5	0,0	0,0	1,5
	Winter 24/25	0,5	0,0	0,0	1,6
Anteil verschmutzter Mastrinder (%)	Sommer 23	6,5	3,6	7,7	8,1
	Winter 23/24	34,0	2,4	19,2	80,3
	Sommer 24	13,7	7,5	16,4	17,2
	Winter 24/25	42,3	19,4	29,2	78,4
Anteil Mastrinder mit mind. einem Integumentschaden an Vorderfußwurzel, Sprunggelenk oder Nacken (%)	Sommer 23	13,2	0,0	17,4	22,2
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	1,0	0,0	0,0	3,1
	Winter 24/25	2,1	0,0	0,0	6,3
Anteil Mastrinder mit Wunde und/oder Kruste am Sprunggelenk (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil Mastrinder mit Schwellung am Sprunggelenk (%)	Sommer 23	3,5	0,0	3,4	7,1
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	3,1	0,0	3,4	6,0
	Winter 24/25	2,2	0,0	0,0	6,5
Anteil Mastrinder mit Wunde und/oder Kruste am Vorderfußwurzelgelenk (%) ^{*1}	Sommer 23				
	Winter 23/24				
	Sommer 24				
	Winter 24/25				
Anteil Mastrinder mit Schwellung am Vorderfußwurzelgelenk (%)	Sommer 23	11,0	0,0	14,3	18,6
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	2,8	0,0	1,5	6,9
	Winter 24/25	5,3	0,0	0,0	16,0
Anteil Mastrinder mit Wunde und/oder Kruste am Nacken (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil Mastrinder mit Schwellung am Nacken (%)	Sommer 23	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 23/24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Sommer 24	0,0	0,0	0,0	0,0
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle 60 (fortgesetzt): Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den drei untersuchten Mastrinderhaltungen

Indikatoren	Zeitpunkt Erhebung	Mittelwert	Min	Median	Max
Anteil Mastrinder mit mangelhaftem Klauenzustand (%)	Sommer 23	6,9	0,0	10,0	10,8
	Winter 23/24	4,8	0,0	0,0	14,5
	Sommer 24	9,4	1,5	5,9	20,8
	Winter 24/25	0,0	0,0	0,0	0,0
Anteil lahmer Mastrinder (%)	Sommer 23	2,9	0,0	1,8	6,9
	Winter 23/24	1,9	0,0	0,0	5,6
	Sommer 24	2,8	0,0	1,5	6,9
	Winter 24/25	1,2	0,0	1,6	2,0
Anteil Mastrinder die Zungerollen/-schlagen zeigen Median (Min; Max) (%)	Sommer 23	1,8	0,0	1,8	3,6
	Winter 23/24	2,6	0,0	2,2	5,5
	Sommer 24	1,7	1,5	1,7	1,8
	Winter 24/25	1,1	0,0	0,9	2,4
Flächenangebot je Tier - Anfangsmast Median (Min; Max) (m²)	Sommer 23	-	-	-	-
	Winter 23/24	7,8	4,1	7,8	11,5
	Sommer 24	5,2	5,2	5,2	5,2
	Winter 24/25	8,7	3,9	8,7	13,4
Flächenangebot je Tier - Mittelmast Median (Min; Max) (m²)	Sommer 23	4,1	3,0	4,1	5,2
	Winter 23/24	6,3	3,5	6,3	9,0
	Sommer 24	4,1	3,7	4,1	4,5
	Winter 24/25	4,4	3,5	4,4	5,2
Flächenangebot je Tier - Endmast Median (Min; Max) (m²)	Sommer 23	4,4	3,5	4,4	5,2
	Winter 23/24	4,4	3,5	4,4	5,2
	Sommer 24	3,5	3,5	3,5	3,5
	Winter 24/25	6,4	3,7	6,4	9,0
Tier-Tränkeplatz-Verhältnis (Anzahl Tiere je Tränke) Median (Min; Max)	Sommer 23	6	6	6	6
	Winter 23/24	6	5	6	6
	Sommer 24	5	4	5	5
	Winter 24/25	5	4	5	6

*¹ Der Indikator wurde erhoben, jedoch nicht ausgewertet. Grund dafür war die geringe Stichprobengröße in mehreren Erhebungen, weil ein hoher Verschmutzungsgrad der Karpalgelenke die Beurteilung verhinderte.

Tabelle 61: Ausprägungen der halbjährlich erhobenen Indikatoren auf Betriebsebene (Mittelwert, Min, Median, Max) zu den vier Erhebungszeitpunkten in den drei untersuchten Mastrinderhaltungen

Indikatoren	Betrachtungszeitraum	Mittelwert	Min	Median	Max
Tierverluste (%)	2022	1,5	0,0	1,8	2,7
	2023	1,2	0,0	1,8	1,9
	2024	1,0	0,0	1,3	1,8

6.1.4 Interpretation der Ergebnisse

Die im Vorhaben ursprünglich geplante Durchführung von Tierwohlerhebungen in allen Versuchsanstalten zu je drei Zeitpunkten mittels anerkannter Protokolle zur Erhebung von Tierwohlindikatoren (als Werkzeuge der Tierwohlplanung) musste aus oben geschilderten Gründen angepasst werden. Die Erhebung der Indikatoren erfolgte je Versuchsbetrieb viermal, um die Tierwohlsituation je Versuchsbetrieb einmal je Halbjahr (Sommerhalbjahr 2023, Winterhalbjahr 2023/2024, Sommerhalbjahr 2024, Winterhalbjahr 2024/2025) erfassen und bewerten zu können. So konnte der Status quo sowie die Entwicklung der Tierwohlsituation auf den Versuchsbetrieben im Projektverlauf unter Berücksichtigung saisonaler Einflüsse (Sommerhalbjahr (ggf. Sommerweidegang), Winterhalbjahr (Stallhaltung)) beschrieben und, im Sinne einer Tierwohlplanung, für Managementanpassungen in den Betrieben verwendet werden.

6.1.4.1 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die im Projekt durchgeführte Erhebung von Tierwohlindikatoren demonstriert beispielhaft, wie eine strukturierte und regelmäßige Eigenkontrolle im Rahmen der Tierwohlplanung (Schritt 1: „Sehen“) praktisch umgesetzt werden kann. Durch die systematische Erfassung und Bewertung relevanter Indikatoren werden Risikobereiche sichtbar gemacht und eine evidenzbasierte Grundlage für Managemententscheidungen geschaffen. Damit leistet das Vorgehen einen direkten Beitrag zu den Zielen der Nutztierstrategie (BMEL 2017), indem es die Betriebe in die Lage versetzt, Tierwohl kontinuierlich zu überwachen, gezielt zu verbessern und präventiv auszurichten.

6.1.4.2 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Die im Projekt durchgeführte systematische Erhebung von Tierwohlindikatoren und die Rückmeldungen der Ergebnisse und gemeinsame Diskussion mit den Versuchsbetrieben demonstrieren beispielhaft die praktische Umsetzung einer fundierten Eigenkontrolle als Basis der Tierwohlplanung. Durch die objektive Identifikation von Stärken und Risikobereichen entsteht eine fundierte Grundlage für gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Tierhaltung. Dieses Vorgehen trägt unmittelbar dazu bei, Tierwohlprobleme frühzeitig zu erkennen, wirksame Verbesserungsstrategien abzuleiten und das Tierwohlniveau nachhaltig zu erhöhen. Die Einbindung von Projektbeteiligten aus Ausbildung und Wissenstransfer verstärkt diesen Effekt, indem das erworbene Wissen in die Breite getragen und so weitere Betriebe zu einer tierwohlorientierten Arbeitsweise befähigt werden.

6.1.4.3 Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Die systematische Erhebung von Tierwohlindikatoren im Projekt verdeutlicht, wie frühzeitig Produktionsrisiken erkannt werden können, die zu krankheitsbedingten Leistungseinbußen und ineffizienter Ressourcennutzung führen. Indem Tierwohlprobleme über die Eigenkontrolle und Tierwohlplanung frühzeitig adressiert werden, können sowohl Leistungsminderungen als auch ein erhöhter Arzneimiteleininsatz reduziert werden. Dadurch trägt der Ansatz mittelbar dazu bei, Umweltwirkungen der Tierhaltung – etwa durch geringere Emissionen pro Produkteinheit und reduzierte Einträge unerwünschter Stoffe – nachhaltig zu verringern. Über die eingebundenen Multiplikator:innen wird über das Projekt hinaus eine breitere Implementierung dieses präventiven Ansatz und ressourcenschonender Haltungs- und Managementstrategien gefördert.

6.1.4.4 Sonstige Erkenntnisse

6.1.5 Zusammenfassung

Im Querschnittsthema „Tierwohl“ wurden Erhebungen von Tierwohlindikatoren nach etablierten Protokollen auf den beteiligten Versuchsbetrieben je viermal, als Sommer- und Wintererhebungen, und mit Auswertung von drei Kalenderjahren durchgeführt. Das Vorgehen entspricht den für die betriebliche Eigenkontrolle empfohlene Umsetzung und kann als Basis für eine strukturierte Tierwohlplanung genutzt werden. Die erhobenen Daten wurden anhand bestehender Orientierungswerte eingeordnet und hinsichtlich ihrer Entwicklung im Projektverlauf bewertet und mit den Betrieben besprochen. Abweichungen können so erkannt und, durch eine weitere Analyse, zu Anpassungen im Management führen, die das Tierwohl in den Rinder haltenden Betrieben verbessern und erhalten kann. Die Umsetzung der Eigenkontrolle und Tierwohlplanung wurden im Projekt beispielhaft demonstriert und für Multiplikatoren in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung sichtbar gemacht.

6.1.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Die individuellen Ergebnisse der Tierwohlerhebungen wurden nur an die jeweiligen Betriebe rückgemeldet und, je nach Wunsch der Verantwortlichen, gemeinsam in einem Gespräch interpretiert und Schlussfolgerungen für das Management im Sinne einer Tierwohlplanung hergeleitet.

6. Querschnittsthema „Tierwohl“

6.2 Begleitende Evaluation der Tierwohlsituation in allen Innovationsprojekten des Verbundvorhabens „InnoRind“ (HSRW)

Zitierweise: Chapa Gonzalez J M, Wiedemann S (2026) QT Tierwohl. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 273 - 279.

6.2.1 Vorhabenkonzept

6.2.1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

Innovationsprojekten zur Kälberhaltung zu definierten Zeitpunkten im jeweiligen Versuchsverlauf (insbes. einheitliche regelmäßige Beurteilung der Tiergesundheit, Erhebungen zum Tierverhalten in der zu beurteilenden Haltungsform und Analyse physiologischer Stressparameter)

6.2.1.2 Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

In den Innovationsprojekten zur Kälberhaltung werden einheitliche Protokolle zur täglichen bzw. eingehenderen wöchentlichen Erfassung der Tiergesundheit (Beurteilung des Allgemeinzustands, der Kotkonsistenz, Auffälligkeiten, Gewichtsentwicklung, etc.) angewendet. Die Erarbeitung der Protokolle und die Auswertung für die jeweiligen Versuchsgruppen erfolgt unter koordinierender Leitung der HSRW. Das Verhalten der Versuchs- und Kontrolltiere in den Kälberprojekten wird ebenfalls auf den einzelnen Betrieben bzw. durch die HSRW zu definierten potenziell stressauslösenden Zeitpunkten mit Hilfe von Kameras und/oder technischen Mitteln eingehend erhoben. Hierbei steht die Erfassung des natürlichen Verhaltens in den jeweiligen Haltungsformen (Einzel-/Gruppenhaltung bzw. Haltung mit der Mutter) und zu potenziell stressauslösenden Ereignissen (Umstallung von Kälbern mit unterschiedlichem Alter aus Einzel- bzw. Paar-/Kleingruppenhaltungen in größere Gruppenbuchten) im Fokus. Gerade während der Umstallung und dem Transport stehen die Kälber in engem Kontakt mit Menschen und müssen sich an eine neue Umgebung und neue Gruppenkameraden anpassen, was zu sozialem Stress führen kann. Die Stressreaktion der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse soll über die Messung von Cortisol im Speichel der Kälber zu diesen Zeitpunkten an der CAU (Versuchsbetrieb Karkendamm) und der HSRW (Versuchsbetriebe Futterkamp und Gut Dummerstorf, sowie optional Haus Riswick und LfL Achselschwang) erfolgen.

6.2.2 Durchführung (HSRW)

a) Organisatorisches

Die Hochschule Rhein-Waal (HSRW) war im Verbundprojekt InnoRind insbesondere für die verhaltensbasierte und sensorbasierte Erfassung von Anpassungsreaktionen von Kälbern im Zusammenhang mit Haltungs- und Managementänderungen verantwortlich. Ein Schwerpunkt lag auf der Entwicklung, Validierung und Anwendung automatisierter Verfahren zur kontinuierlichen Erfassung von Aktivität, Liege- und Stehverhalten mittels Beschleunigungssensoren.

Der Projektverlauf war durch mehrere externe und organisatorische Verzögerungen geprägt. Insbesondere kam es durch den zwischenzeitlichen Wechsel des Projektmitarbeiters in eine Vertretungsprofessur zu einer projektbedingten Unterbrechung der vollen Bearbeitung des Teilprojekts. Zudem verzögerte sich die Bereitstellung vollständiger Datensätze aus den beteiligten Versuchsbetrieben. Vom 01.08.2025 – 31.01.2026 war der Mitarbeiter wieder vollumfänglich im Projekt tätig, sodass die Auswertung, methodische Vertiefung und Publikationsvorbereitung mit hoher Intensität fortgeführt werden konnten.

Ungeachtet dieser Verzögerungen konnten zentrale methodische und inhaltliche Ziele erreicht werden, insbesondere der Aufbau eines robusten sensorbasierten Monitoringsystems für Kälber sowie die Analyse von Verhaltensänderungen rund um die Umstallung von Einzel- bzw. Paarhaltung in Gruppenhaltung.

b) Material und Methoden

Die Datenerhebung für den HSRW-Teil erfolgte auf dem Versuchs- und Lehrbetrieb Haus Riswick (LWK NRW). Untersucht wurden insgesamt 61 Holstein-Kälber, die ab dem ersten Lebenstag entweder in Einzelhaltung oder in Paar- bzw. Kleingruppenhaltung untergebracht waren. Im Alter von durchschnittlich etwa 14 Tagen wurden die Kälber in größere Gruppenbuchten mit automatischem Tränkesystem umgestallt.

Zur objektiven und kontinuierlichen Erfassung des Verhaltens wurden die Kälber mit dreiachsigen Beschleunigungssensoren (HOBO Pendant G) am Hinterbein ausgestattet. Die Sensoren zeichneten im 10-Sekunden-Intervall Beschleunigungs- und Lageinformationen auf. Für jedes Tier wurden jeweils ca. 2,5 Tage vor und 2,5 Tage nach der Umstallung Daten erhoben.



Abbildung 119 Darstellung der Sensoren und der Anbringung am rechten Hinterbein sowie der begleitenden Videoaufnahmen

Die Rohdaten wurden mithilfe eines zuvor entwickelten und videobasiert trainierten Klassifikationsalgorithmus in die Verhaltenskategorien Liegen, Stehen und Aktivität überführt. Die Validierung dieses Algorithmus ergab eine Gesamtklassifikationsgenauigkeit von ca. 88 % (Cohen's Kappa ca. 0,75), womit eine robuste Grundlage für die verhaltensbiologische Auswertung geschaffen wurde.

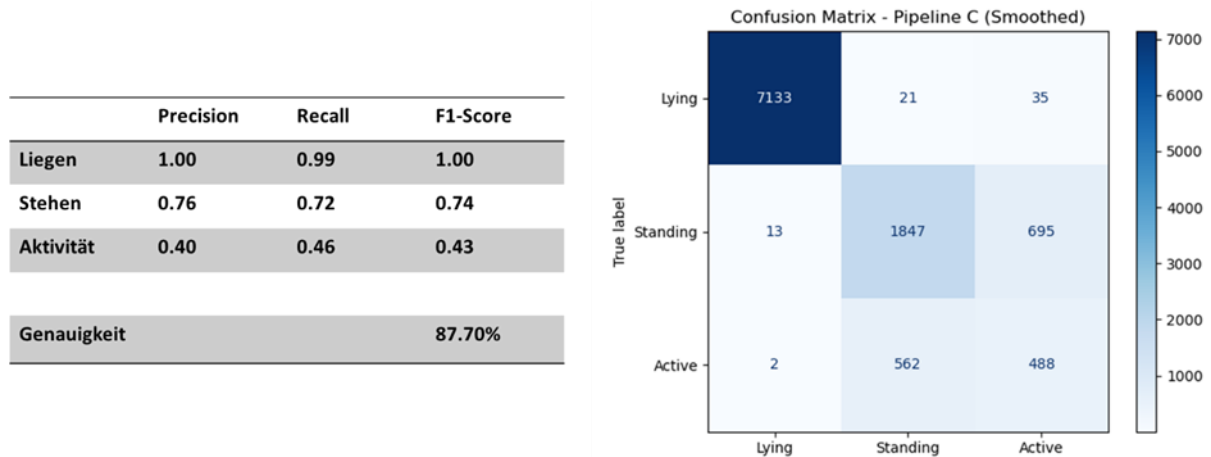


Abbildung 120 Ergebnisse der finalen Validierung des selbstlernenden Algorithmus zur Verhaltensklassifikation

Aus den klassifizierten Zeitreihen wurden für jedes Kalb und jede Beobachtungsperiode sowohl Zeitbudgets (Gesamtdauer und prozentualer Anteil von Liegen, Stehen und Aktivität) als auch Parameter der Verhaltensstruktur (Anzahl und mittlere Dauer von Verhaltensphasen) berechnet. Zusätzlich erfolgte eine tageszeitliche Segmentierung in vier 6-Stunden-Blöcke (Nacht, Morgen, Nachmittag, Abend), um mögliche Veränderungen der circadianen Muster abzubilden.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels linearer gemischter Modelle, wobei Periode (vor vs. nach Umstallung), Ausgangshaltung (Einzel vs. sozial) sowie deren Interaktion als feste Effekte und das Tier als Zufallsfaktor berücksichtigt wurden.

Ergänzend zu den verhaltensbasierten Analysen über Beschleunigungssensoren übernahm die HSRW im Projekt die laboranalytische Auswertung von Speichelproben zur Bestimmung der Cortisolkonzentration als physiologischen Stressindikator. Hierzu wurde das kommerzielle Testkit „Cortisol Saliva ELISA“ der Firma IBL verwendet.

Insgesamt wurden im Projekt 459 Speichelproben analysiert, davon 423 Proben vom Versuchs- und Lehrbetrieb Haus Riswick sowie 36 Proben vom Standort Gut Dummerstorf. Für Haus Riswick konnten Proben von insgesamt 141 Tieren ausgewertet werden. Die Analysen erfolgten gemäß den Herstellerangaben in Doppelbestimmung im Labor der HSRW.

Die Cortisoluntersuchungen dienten der objektiven Ergänzung der verhaltensbasierten Ergebnisse und ermöglichten eine physiologische Einordnung der Stressbelastung in Zusammenhang mit Umstallungsereignissen und Haltungsbedingungen. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in den jeweiligen Standortberichten, insbesondere im Bericht der LWK NRW, ausführlich dargestellt und ausgewertet.

6.2.3 Ergebnisse und Erkenntnisse

Über alle Beobachtungszeiträume hinweg verbrachten die Kälber den größten Teil des Tages liegend, gefolgt von Stehen und Aktivität. Die Umstallung in die Gruppenhaltung war in beiden Haltungsgruppen mit deutlichen Veränderungen der Zeitbudgets und der Verhaltensstruktur verbunden.

In beiden Gruppen nahm nach der Umstallung die Stehzeit deutlich zu, was als Ausdruck einer erhöhten Auseinandersetzung mit der neuen Umgebung, der neuen sozialen Situation und der veränderten Stallstruktur interpretiert werden kann. Die Veränderungen in Liegen und Aktivität unterschieden sich jedoch in Abhängigkeit von der vorherigen Haltungsform.

Kälber aus Einzelhaltung zeigten nach der Umstallung eine Zunahme sowohl der Aktivitätsdauer als auch der Stehzeit sowie leicht erhöhte Liegezeiten. Demgegenüber wiesen Kälber aus Paar- bzw. Gruppenhaltung nach der Umstallung zwar ebenfalls eine erhöhte Stehzeit auf, verbrachten jedoch tendenziell weniger Zeit liegend und aktiv. Dabei traten ausgeprägte individuelle Unterschiede zwischen den Tieren auf.

Neben den Veränderungen der Zeitbudgets zeigte sich auch eine Veränderung der Struktur der Verhaltensphasen. Bei Kälbern aus Einzelhaltung wurden Liege- und Stehphasen nach der Umstallung im Mittel länger, was auf eine geringere Fragmentierung dieser Verhaltensweisen hindeutet. Bei Kälbern aus sozialer Aufzucht waren die Veränderungen differenzierter: Die Liegephasen wurden tendenziell kürzer, während die Stehphasen länger wurden. Die Struktur der Aktivitätsphasen veränderte sich hingegen nur geringfügig.

Die tageszeitlichen Muster, insbesondere der höhere Liegeanteil während der Nachtstunden und geringere Liegezeiten am Nachmittag, blieben über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg grundsätzlich stabil und wurden durch die Umstallung nur moderat beeinflusst. Dies deutet darauf hin, dass trotz der erheblichen Umgebungsänderung die circadiane Organisation des Verhaltens weitgehend erhalten blieb.

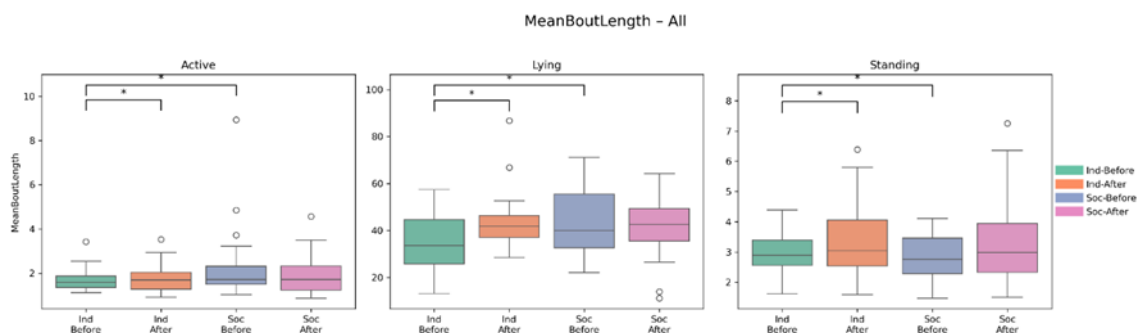


Abbildung 121 Beispielhafte Darstellung der mittleren Dauer der Verhaltensphasen (Boutlängen) für Aktivität, Liegen und Stehen bei Kälbern aus Einzel- und sozialer Haltung vor und nach der Umstallung in die Gruppenhaltung. Die Abbildung steht stellvertretend für weitere, analog aufgebaute Auswertungen. Dargestellt sind Boxplots; * kennzeichnet signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

6.2.4 Interpretation der Ergebnisse

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Ergebnisse zeigen, dass die Umstallung in die Gruppenhaltung für Kälber eine deutliche Anpassungsanforderung darstellt, die sich sowohl in den Zeitbudgets als auch in der Struktur der Verhaltensweisen widerspiegelt. Die Zunahme der Stehzeit in

beiden Haltungsgruppen ist plausibel als Ausdruck erhöhter Wachsamkeit, Erkundung und sozialer Interaktion in der neuen Umgebung zu interpretieren.

Die unterschiedlichen Reaktionsmuster von Kälbern aus Einzel- bzw. sozialer Aufzucht deuten darauf hin, dass frühere soziale Erfahrungen die Art und Weise beeinflussen, wie Tiere mit der Umstellung auf eine größere Gruppe umgehen. Während Kälber aus Einzelhaltung offenbar stärker und nachhaltiger mit erhöhter Aktivität und veränderten Liegestrukturen reagieren, scheinen sozial vorerfahrene Kälber die neue Situation schneller in bestehende Verhaltensmuster zu integrieren.

Die relativ stabile tageszeitliche Organisation des Verhaltens kann als Hinweis auf eine grundsätzlich gute Anpassungsfähigkeit der Kälber interpretiert werden, auch wenn die kurzfristigen Veränderungen im Zeitbudget und in der Verhaltensstruktur klar zeigen, dass die Umstellung eine relevante Belastungssituation darstellt.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung sowohl der Gestaltung von Umstellungsprozessen als auch der vorherigen Haltungsform für das Tierwohl in der Kälberaufzucht. Gleichzeitig zeigen sie das hohe Potenzial sensorbasierter Verhaltensanalysen für eine objektive und kontinuierliche Bewertung von Anpassungsprozessen im praktischen Stallumfeld.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Im Rahmen des InnoRind-Verbundprojekts konnte durch den Einsatz von Beschleunigungssensoren erstmals für einen größeren Datensatz unter Praxisbedingungen detailliert untersucht werden, wie sich Kälber rund um die Umstellung von Einzel- bzw. Paarhaltung in Gruppenhaltung verhaltensbiologisch anpassen.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Umstellung mit relevanten, wenn auch überwiegend vorübergehenden Veränderungen der Zeitbudgets und der Verhaltensstruktur verbunden ist und dass die vorherige Haltungsform einen messbaren Einfluss auf die Art dieser Anpassungsreaktionen hat.

Gleichzeitig wurde erfolgreich ein praxistaugliches, automatisiertes Monitoringsystem etabliert, das eine kontinuierliche und objektive Erfassung von Liegen, Stehen und Aktivität ermöglicht und damit neue Perspektiven für Tierwohlmonitoring und Managementunterstützung in der Kälberaufzucht eröffnet.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Hierzu wurden im Querschnittsthema Tierwohl keine Untersuchungen durchgeführt.

d) Sonstige Erkenntnisse

Neben der Auswertung der am Standort Haus Riswick erhobenen Sensordaten wurde der an der HSRW entwickelte und validierte Algorithmus zur Verhaltensklassifikation auch auf Datensätze weiterer Projektpartner angewendet.

Insbesondere wurden die Beschleunigungssensordaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) mit dem HSRW-Algorithmus ausgewertet und den Pro-

jektpartnern in aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt. Dadurch konnte der Algorithmus standortübergreifend eingesetzt und seine Praxistauglichkeit unter unterschiedlichen Haltungs- und Managementbedingungen demonstriert werden.

Diese Arbeiten zeigen, dass der entwickelte Ansatz nicht auf einen einzelnen Versuchsbetrieb beschränkt ist, sondern grundsätzlich als übertragbares Werkzeug für die verhaltensbasierte Analyse und das Tierwohlmonitoring in der Kälberhaltung eingesetzt werden kann.

6.2.5 Zusammenfassung

Im Rahmen des InnoRind-Verbundprojekts konnte durch den Einsatz von Beschleunigungssensoren erstmals für einen größeren Datensatz unter Praxisbedingungen detailliert untersucht werden, wie sich Kälber rund um die Umstallung von Einzel- bzw. Paarhaltung in Gruppenhaltung verhaltensbiologisch anpassen.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Umstallung mit relevanten, wenn auch überwiegend vorübergehenden Veränderungen der Zeitbudgets und der Verhaltensstruktur verbunden ist und dass die vorherige Haltungsform einen messbaren Einfluss auf die Art dieser Anpassungsreaktionen hat. Insbesondere die Veränderungen der Stehzeiten sowie der Struktur von Liege- und Stehphasen unterstreichen, dass die Umstallung für die Tiere eine substanzielle Anpassungsanforderung darstellt.

Gleichzeitig konnte erfolgreich ein praxistaugliches, automatisiertes Monitoringsystem etabliert werden, das eine kontinuierliche und objektive Erfassung von Liegen, Stehen und Aktivität ermöglicht und damit neue Perspektiven für ein tierindividuelles Tierwohlmonitoring und eine managementbezogene Entscheidungsunterstützung in der Kälberaufzucht eröffnet.

Die vorliegenden Ergebnisse machen zugleich deutlich, dass das Anpassungsverhalten von Kälbern an Haltungs- und Managementänderungen ein komplexer und individuell variierender Prozess ist. Weitere Untersuchungen sind daher erforderlich, um die hier beobachteten kurzfristigen Verhaltensreaktionen in einen langfristigen Kontext einzuordnen, Managementstrategien gezielt weiterzuentwickeln und die Aussagekraft sensorbasierter Indikatoren für das Tierwohl weiter zu präzisieren.

Ergänzend zu den verhaltensbasierten Analysen über Beschleunigungssensoren wurden im Projekt umfangreiche Cortisoluntersuchungen als physiologischer Stressindikator durchgeführt und an der HSRW zentral ausgewertet. Zudem konnte der entwickelte Algorithmus erfolgreich auf Datensätze weiterer Projektpartner (u. a. LfL Bayern) angewendet werden.

Damit wurde nicht nur ein inhaltlicher Erkenntnisgewinn für einzelne Versuchsbetriebe erzielt, sondern zugleich gezeigt, dass die entwickelten Methoden grundsätzlich standortübergreifend einsetzbar und für ein vernetztes, digitales Tierwohlmonitoring geeignet sind.

6.2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Vorträge:

- Wiedemann, Steffi (2025): Aus der Forschung in die Praxis: Einblicke in Ergebnisse und Schlussfolgerungen der AG Kalb im InnoRind-Projekt. Euroduna-Feed Insights 2025, 08./09.10.2025 in Bramsche
- Wiedemann, Steffi (2026): Innovationen in der Kälberhaltung – Empfehlungen für die Praxis aus dem Projekt „InnoRind“. Kälbertag, 29.01.2026, Haus Düsse, Bad Sassendorf
- Wiedemann, Steffi (2026): Frühe Kleingruppenhaltung am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Gemeinsam Fit – Kälberaufzucht neu gedacht, 29.01.2026, Webinarreihe InnoRind, Online

Geplante Publikationen:

- Chapa Gonzalez, Jose Maria; Schmitz, Kirsten; Janknecht, Gregor; Wiedemann, Steffi (2026): Accelerometer-based assessment of behavioral adaptation in dairy calves during transition from individual or social housing to group housing (In Vorbereitung; Publikation der Ergebnisse)
- Chapa Gonzalez, Jose Maria; Schmitz, Kirsten; Janknecht, Gregor; Wiedemann, Steffi (2026): A labeled video dataset for studying behavioral adaptation of dairy calves to regrouping (In Vorbereitung als Data Paper)

7. Querschnittsthema „Tierhygiene und Antibiotikareduktion“

7.1. Tierhygiene & Antibiotikareduktion (CAU)

Zitierweise: Lamp O, Weiß M, Blumenberg J, Thiel F, Dambon F, Hölzel C (2026) QT Tierhygiene. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 280 - 290.

7.1.1. Vorhabenkonzept

7.1.1.1. Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

Arbeitspaket 1: Beurteilung potentieller Hygiene- und One-Health-Auswirkungen aller Innovationsprojekte (IP)

- Hygienecheck zu jedem Innovationsprojekt
- Erfassung von Antibiotikaeinsatz und Indikation mittels Abgabebelegen
- Analyse von Antibiotika- und Resistenzgehalt sowie
- Vorkommen von Zoonoseerregern in den Ausscheidungen der gehaltenen Tiere

Arbeitspaket 2: Spezifische Untersuchungen in hygienerelevanten Projekten

- Analyse hygienerelevanter Proben (Umgebungsproben, Luftkeimgehalte)
- „Tracking“ von Indikatorkeimen und/oder -genen zur Beurteilung projektassoziierter Übertragungsrisiken bei Kälbern in den ersten beiden Lebenswochen

Diversen Maßnahmen, die die Rinderhaltung der Zukunft positiv umgestalten könnten, wird ein – oft eher negativer – Einfluss auf Hygieneparameter zugeschrieben. Ein prominentes Beispiel sind Maßnahmen im Abkalbbereich, die eine verlängerte Kontaktzeit von Kuh und Kalb vorsehen. Hier wird die bisher übliche, frühe Trennung von Kuh und Kalb im Hinblick auf den Schutz vor Erregerübertragung meist als positiv eingeschätzt (Einzelquellen zusammengefasst in Beaver et al., 2019), ohne dass diese Einschätzung jedoch zuverlässig von einer entsprechenden Datengrundlage gedeckt wäre (Beaver et al., 2019). Auswirkungen auf One-Health-Aspekte wie das Vorkommen von Zoonoseerregern – darunter werden auch antibiotikaresistente Keime verstanden – sind durch veränderte Haltungsformen in beide Richtungen, also zum Guten wie zum Schlechten mindestens denkbar (Young et al., 2009). Auch zueinander gegenläufige Effekte wurden beobachtet: Die absoluten Gehalte (je kg N) an bestimmten Resistenzgenen und Multiresistenzmarkern waren laut jüngeren Untersuchungen in strohvermischten Tierausscheidungen höher, verglichen zur Gülle, sodass positive Auswirkungen eines parallel verringerten Antibiotikaeinsatzes auf den strohnutzenden Betrieben hinsichtlich der Umweltausbreitung von Resistenzen nivelliert oder ins Gegenteil verkehrt wurden (Bassitta, 2016).

Nicht selten wird die Scheu vor negativen Auswirkungen zum Verhinderer von Innovation. Eine Objektivierung dieser Diskussion ist daher von hoher Relevanz. Deshalb wird jede Maßnahme auf denkbare Hygieneauswirkungen überprüft und diese Einschätzung analytisch verifiziert. Die Erregerübertragung auf die besonders empfängliche Gruppe der Kälber wird im Projektverlauf im Detail untersucht. In hygienerelevanten IP werden Proben zum vergleichenden Hy-

giene-Monitoring entnommen und entsprechende Daten erfasst. Zudem werden in den gesammelten Tierausscheidungen Indikatoren für eine etwaige One-Health-Auswirkung gemessen (Antibiotika- und Resistenzemission, Zoonoseerreger). Sofern Auswirkungen bestimmter Maßnahmen auf Hygiene- oder One-Health-Parameter bestätigt werden sollten, werden diese Auswirkungen quantitativ betrachtet und hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz sorgfältig diskutiert. Nötigenfalls werden Lösungswege entwickelt, die nach Möglichkeit bereits im Versuchszeitraum implementiert und beurteilt werden.

7.1.2. Wissenschaftlich-praktische Umsetzung Arbeitspaket 1

Für die Betriebsbegehungen wird nach Sichtung relevanter etablierter Protokolle eine Checkliste entwickelt oder modifiziert, die die Hygienebedingungen in der Innovationsmaßnahme und einem Vergleichssystem abfragt. Als Vergleichssystem wird der Zustand vor Innovation oder ein von der Maßnahme nicht erfasster Vergleichsbereich einbezogen. Zusätzlich können Modifikationen der Maßnahmen zueinander verglichen werden. Anhand der Checkliste werden typische kritische Hygieneaspekte betrachtet und vor Ort evaluiert. Sollten diese Punkte von besonderer Relevanz für die Tiergesundheit sein, werden gezielt Proben aus der diesen Bereichen der Tierhaltung entnommen und mikrobiologisch untersucht.

Der Antibiotikaeinsatz samt Indikation wird den Abgabebelegen entnommen, wirkstoffgenau digital erfasst und den Indikationen zugeordnet. Ein Vergleichszeitraum oder -betriebsbereich wird miterfasst. Der Gehalt an Antibiotika in den Ausscheidungen der Tiere wird mittels der etablierten Analyse massenspektrometrisch bestimmt. Erfasst werden außerdem exemplarisch Resistenzmarkergene mittels quantitativer PCR (Bassitta, 2016). Ziel dieser Untersuchungen ist es, eventuelle Auswirkungen der Maßnahmen auf die Emission von Antibiotika und Resistenzgenen mit dem Wirtschaftsdünger abzuschätzen bzw. unmittelbar zu erfassen. Soweit es technisch sinnvoll und ressourceneffizient zu ermöglichen ist, werden auch Auslaufflächen (z. B. Drainagen) auf stoffliche Antibiotikaemission beprobt. Das Vorkommen von Zoonoseerregern (z. B. *Salmonella* spp., ESBL-Bildner, EHEC; potentiell zoonotisch auch *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis*) in den gesammelten Tierausscheidungen wird qualitativ mittels PCR erfasst und im positiven Fall quantifiziert.

Arbeitspaket 2

Hygiene-relevante Proben schließen bei Projekten mit stallklimatischer Ausrichtung ein vierteljährliches Übersichtsscreening der Luftqualität ein (Impingement- oder AirScan Verfahren: aerobe Gesamtkeimzahl, pathogene Bakterien), in Schwerpunktprojekten halbjährlich ergänzt durch den zusätzlichen Nachweis (AirScan-Verfahren) von bakteriellen Atemwegserregern und allgemeinem Luftkeimgehalt. Die auf Einatemhöhe der Kälber eingesaugte Luft wird hierbei durch Gelatinemembranen geführt, die nach Auflösen im Medium / Puffer sowohl für kulturelle Untersuchungen als auch zur DNA-Extraktion mit anschließender (q)PCR genutzt werden können (Friese, 2010). Weitere Hygieneproben werden nach Auswertung der adspektori-schen Hygienechecks festgelegt und können z. B. Abklatschtupfer, Tränkwasser-, Einstreu- bzw. Flächenproben (Sockentupfer) und anderes einschließen. Zudem erfolgt an 300 Sentineltieren aus AG 1 ein Schnelltest auf fünf häufig vorkommende Durchfallerreger. Zur näheren Abschätzung des maßnahmenassoziierten Infektionsrisikos in den ersten 14 Lebenstagen der Kälber werden auf zwei Betrieben detaillierte Untersuchungen an abkalbenden Kühen und Kälbern durchgeführt. Hierfür werden zunächst betriebsspezifische Pathogene oder Indikatorkeime bzw. -gene ausgewählt. Voraussetzung ist das regelmäßige, jedoch nicht durchgehende Vorkommen der Kandidatenkeime bzw. -gene bei abkalbenden Kühen und jungen Kälbern. Da hierbei im Projektverlauf mit Verschiebungen zu rechnen ist, werden je Betrieb drei

unterschiedliche Marker etabliert. In Frage kommen beispielsweise Virulenzfaktorcodierende Gene von *E. coli* oder ESBL-Gene, aber natürlich auch die oben genannten Zoonoseerreger, sofern im Betrieb vorhanden. Alternativ kann auch auf apathogene Indikatorkeime zurückgegriffen werden. Über den zum Zweck der Mikrobiomanalyse entnommenen Nasentupfer (vgl. AG Kälber) können zudem Atemwegserreger erfasst und einbezogen werden. Im Kreuzdesign wird erhoben, ob das Infektionsrisiko (gemessen anhand der Prävalenz der Indikatorkeime) bei früh vs. spät abgesetzten Kälbern erhöht ist, und ob das gemeinsame Aufstallen von Kälbern unmittelbar nach der Trennung von Kuh und Kalb mit einem erhöhten Infektionsrisiko einhergeht.

7.1.3. Durchführung

Arbeitspakete

AP1

In Arbeitspaket 1 wurden anders als ursprünglich vorgesehen nur je ein Betriebsbesuch auf den Betrieben mit Stallneubauten vorgenommen, da finanzielle und personelle Ressourcen keine zusätzlichen Besuche erlaubten.

Ein weiterer zentraler Aspekt von AP1 ist die Auswertung des Antibiotikaeinsatzes auf den Versuchsbetrieben vor und während der Umsetzung von Projektmaßnahmen. Hierzu wurden sowohl die betrieblichen Dokumentationen des Tierarzneimitelesatzes ausgewertet als auch Proben von Gülle und Einstreu auf Rückstände von Antibiotika untersucht. Aufgrund des Wegfalles der Analysemöglichkeit an der TU München wurde das Julius Kühn Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig, als durchführende Einrichtung gewonnen. Die Untersuchungen auf Antibiotika-Resistenzgene und Zoonoseerregern wurde hingegen im Labor des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der CAU Kiel vorgenommen.

AP2

Das Arbeitspaket 2 beinhaltet spezielle tiergesundheitlich relevante Untersuchungen in Betrieben mit Um- oder Neubauten in der Kälberaufzucht. So wurden am BaySG Achselschwang aufgrund der auf Lüftungs- und Stallklimaoptimierung ausgerichteten Baumaßnahme nach der Inbetriebnahme des neuen Stalles wiederholt Luftkeimuntersuchungen mit einem über das QT Tierhygiene zur Verfügung gestellten Luftkeimsammler vorgenommen (siehe Kap. 2 AG Kälber LfL, Luftkeimproben Achselschwang).

Auf den Versuchsbetrieben Karkendamm und Futterkamp wurden Kotproben von Kälbern in den ersten Lebenswochen gezielt auf das Vorkommen von ESBL-bildenden *E. coli* (ESBL: Extended Spectrum Beta-Lactamases) untersucht, um fäkal-orale Infektionsrisiken in verschiedenen Haltungskonzepten zu analysieren. Darüber hinaus wurden auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm naso-orale Tupferproben auch auf das Vorkommen von bakteriellen Atemwegserregern untersucht. Die letzteren Analysen sind in Kap. 1 AG Kälber, CAU näher beschrieben.

Allen Betrieben mit Projektmaßnahmen im Kälberbereich wurden kommerzielle Schnelltests für fünf typische Durchfallerreger (BoDia Plus, Fassisi Gesellschaft für Veterinärdiagnostik und Umweltanalysen mbH, Göttingen) zur Verfügung gestellt, um diese im Fall von Durchfallerkrankungen zur ad-hoc Diagnostik und zum Screening von unauffälligen Kälbern eigenverantwortlich einzusetzen.

Material und Methoden

Im Rahmen der Betriebsbesuche (AP1) wurden die Betriebe einem allgemeinen Hygiene- und **Biosicherheitscheck** nach standardisiertem Schema unterzogen, um betriebliche Schwachstellen in der Biosicherheit sowie kritische Aspekte in der betrieblichen Reinigung und Desinfektion offenzulegen. Hierzu wurden neben der allgemeinen kritischen Inaugenscheinnahme der örtlichen Gegebenheiten durch geschultes Personal der CAU Kiel (Tiermediziner_innen, Master Agarwissenschaften) auch Proben für mikrobiologische Untersuchungen genommen und diese Untersuchungen im Institut für Tierzucht und Tierhaltung der CAU Kiel durchgeführt. Beprobte Materialien waren u.a. Einstreu, Tränkewasser, Kolostrum, Reinigungsflüssigkeiten, Abstriche von Oberflächen wie Tränkenuckel, Futtertische, Standflächen und Tränken. Diese wurden je nach Matrix aufbereitet und aerobe Gesamtkeimzahlen auf Columbia-Schafblutagar sowie die Gehalte von Enterobacteriaceae auf Gassner-Agar, Staphylokokken auf Baird-Parker-Agar und ESBL-Bildner auf einem ESBL-Selektivagar bestimmt. Eine Speziesidentifikation ausgewählter Isolate erfolgte mittels MALDI-ToF-MS. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich Qualität der gefundenen Keime und deren Quantität eingeordnet und die gebündelten Ergebnisse des Hygienechecks den Betrieben übermittelt.

Der **Antibiotikaeinsatz** auf den Versuchsbetrieben wurde im AP1 anhand der von den Betrieben bereitgestellten Aufzeichnungen ausgewertet. Diese lagen teils bereits elektronisch in Datenbank-Systemen der Versuchsbetriebe vor. In vielen Fällen mussten jedoch die tierärztlichen Verschreibungen / Anwendungs- und Abgabebefehle manuell erfasst und in elektronische Tabellen überführt werden. Es erfolgte eine Umrechnung der verwendeten Wirkstoffe gemäß den Faktoren der vom BVL bereitgestellten Tabelle auf HI-Tier.de. Als sichere Option vor Kenntnis der konkreten Umsetzung der Innovationsmaßnahmen auf den Betrieben wurde zunächst ein gesamtbetrieblicher ‚Vorher-Nachher‘-Vergleich angestrebt, sodass ab dem geplanten Beginn der Innovationsmaßnahme der Arzneimiteleinsatz in den vorigen 12 Monaten abgefragt und in die Datenbank eingepflegt wurde. Nach Ende der Innovationsmaßnahmen zeigte sich aber, dass ein direkter Vergleich von Innovationsmaßnahme und Kontrollsystem in fast allen Betrieben möglich ist, sodass projektbedingte Veränderungen nicht so stark von gesamtbetrieblichen Effekten maskiert werden. Die Umrechnung erfolgte dabei als antibiotische Behandlungstage pro Tier, sodass Unterschieden in der Gruppengröße Rechnung getragen werden konnten. Lediglich der Stallneubau im Betrieb Achselschwang machte einen Vergleich der Haltung im Altstall vor dem Umbau und des ersten Durchgangs im neuen Stall nötig, da kein paralleler Realbetrieb vorlag.

Die **Rückstände** von antibiotischen Wirkstoffen in Gülle oder Festmist (AP1) wurde in Proben aus der Zeit vor dem Beginn der Innovationsmaßnahme und während der Maßnahme analysiert. Dabei wurden nur Proben einbezogen, welche auch einen Bezug zur Innovationsmaßnahme auf dem Betrieb haben. Somit lagen für die Betriebe mit Innovationen in der Abkalbung und Kälberhaltung (Trenthorst-Wulmenau, Gut Dummerstorf, Futterkamp und Karkendamm) Gülleproben aus der Milchkuhhaltung vor. Ebenso wurden Gülle- und Festmistproben auf den Mastbetrieben Groß Kreutz und Grub gezogen und analysiert. Festmist aus der Kälberhaltung oder den Abkalbeboxen wurde aufgrund des starken Verdünnungseffektes durch hohe Einstreumengen und der damit verbundenen Konzentration unter der Nachweisgrenze nicht beprobt. Die Analyse der Rückstände erfolgte am JKI mittels LC-MS.

Die Analyse des Vorkommens von **bakteriellen antimikrobiellen Resistenzgenen** (AP1) sowie **zoonotischen Bakterien** erfolgt mittels PCR und (quantitativer) qPCR nach vorheriger DNA-Extraktion. Untersucht wird zunächst das Vorkommen von Resistenzgenen gegen Tetracycline (tetM, tetB), Sulfonamide (sul1, sul2), Makrolide (ermA, ermB) sowie ESBL-Gene (blaCTX-M, blaTEM). Des Weiteren werden PCR-Analysen für relevante zoonotische Erreger an diesen Proben vorgenommen, welche aktuell noch nicht abgeschlossen ist.

Untersuchung ESBL- bildender Keime auf dem Versuchsbetrieb Futterkamp

Im Rahmen von AP2 wurden Kotproben von 34 weiblichen Kälbern gesammelt, die zwischen April 2024 und Februar 2025 auf dem Versuchsgut Futterkamp geboren wurden (vgl. AG Kalb, LKSH). Die Kotproben wurden im Alter von 3 Tagen, vor der Umstallung am 14. Lebenstag und erneut am 21. Lebenstag entnommen. Keines der Versuchskälber erhielt während des Probenahmezeitraums eine Antibiotikabehandlung. Die Proben wurden gekühlt gelagert und transportiert und innerhalb von 48 Stunden im Labor mikrobiologisch untersucht. Die mikrobiologische Anzucht von ESBL bildenden Keimen erfolgte mittels Selektivnährboden (Brilliance ESBL, Thermo Fisher Scientific). Einzelne Kolonien wurden auf Basis ihrer Morphologie ausgewählt und für die weitere Analyse kryokonserviert. Die Spezies wurde mittels MALDI-ToF MS identifiziert. Die phänotypische Resistenz der gewonnenen Isolate wurde mittels Modified Double Disc Synergy Test (MDDST) bestätigt. Mittels spezifischer (Polymerase Chain Reaction) PCR wurden die Isolate auf verschiedene ESBL-Resistenzgene untersucht. Zudem wurden die Isolate mittels ERIC-PCR (Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus Polymerase Chain Reaction) typisiert.

Untersuchung ESBL- bildender Keime auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm

Die Untersuchung erfolgte methodisch analog zur Untersuchung der Proben des Versuchsbetriebs Futterkamp (LKSH). Die untersuchten Proben sind unter Kap. 2 AG Kälber, CAU näher beschrieben. Die molekularbiologische Analyse der gewonnenen Isolate ist noch nicht abgeschlossen.

Untersuchung weiterer Indikatorspezies auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm

Die Probenahmen und mikrobiologische Bearbeitung der Proben sind unter Kap. 2 AG Kälber, CAU detailliert beschrieben. Die Identifikation der gewonnenen Isolate auf Speziesebene und weitere Typisierungen sind noch nicht abgeschlossen.

7.1.4. Ergebnisse und Erkenntnisse

AP1 - Hygienechecks

Die Hygienechecks ergaben mehrheitlich ein hohes Niveau der Tiergesundheit und Betriebshygiene. Einzelbetrieblich wurden je nach Schwerpunkt und Vorbericht des Betriebes unterschiedliche Objekte beprobt, wobei ein besonderes Augenmerk auf Wasserversorgung und Tränketchnik lag. Entsprechende Einordnungen der Befunde in einem strukturierten Beratungsprotokoll dienten den Betrieben für weitere Optimierung einer gesundheitsförderlichen Haltung.

AP1 - Antibiotikaeinsatz auf Versuchsbetrieben mit Innovationsprojekt

Der Antibiotikaeinsatz wurde vergleichend für die Versuchsbetriebe untersucht. Während die Analysen für die Kälberhaltungen bereits deskriptiv dargestellt werden kann, stehen die abschließenden Auswertungen für die Rindermast und die Milchkühe in der Transitphase noch aus. Für die Kuhdaten müssen neben dem Faktor des Haltungssystems noch weitere Faktoren wie die Anzahl der bisherigen Kalbungen berücksichtigt werden, um Verzerrungen durch ungleiche Gruppenstrukturen zu erkennen. In der Rindermast mussten zuletzt noch Klärungen zu einzelnen Daten erfolgen, sodass eine zeitgerechte Auswertung nicht möglich war. In allen Bereichen wurden die Daten der ökologischen Rinderhaltung auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Institutes nicht einbezogen, da diese vom Projektpartner selbst ausgewertet werden.

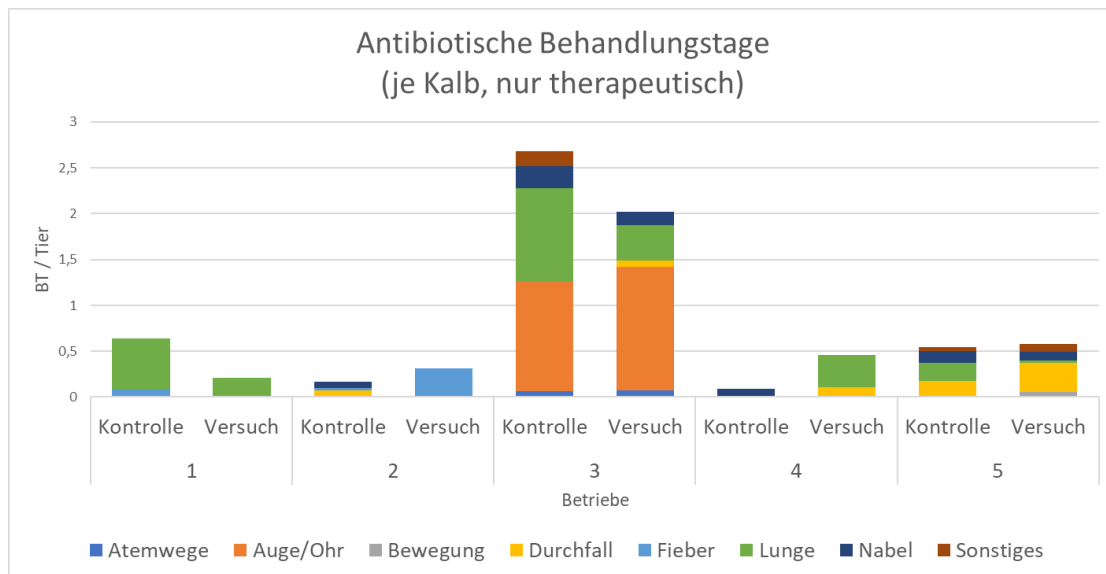


Abbildung 122: Behandlungstage mit antibiotischen Wirkstoffen bei Kälbern (bis Lebensstag 110) nach Indikationsgebiet auf fünf konventionellen Versuchsbetrieben, Vergleich von Innovationsprojekten mit Paar- oder Gruppenhaltung (Versuch) und Einzelhaltung (Kontrolle).

Für die Kälbergesundheit zeigte sich eine stark betriebsspezifische Situation, die sicherlich auch durch die mehr oder wenige starken Einflüsse der Blauzungenkrankheit im Projekt zu erklären sind (Abb. 122). Diese Abbildung zeigt ausschließlich die therapeutischen Anwendungen von Antibiotika nach dokumentierter Diagnose(-gruppe). Metaphylaktische Anwendungen von Paromomycin gegen Kryptosporidien waren auf einigen Betrieben routinemäßig etabliert, sodass ein hoher Anteil von Aminoglykosidgaben den Arzneimitteleneinsatz dominiert (Abb. 123; Betrieb 1, 2, 4). Ein nachteiliger Effekt der Innovationsprojekte (frühe Paar- oder Kleingruppenhaltung) auf die Behandlungstage lässt sich nicht ableiten. Jedoch zeigten sich Unterschiede im Behandlungsaufwand wie mehrheitlich geringere Atemwegsbehandlungen in innovativen Haltungsformen (Abb. 122, Betriebe 1, 3, 5).

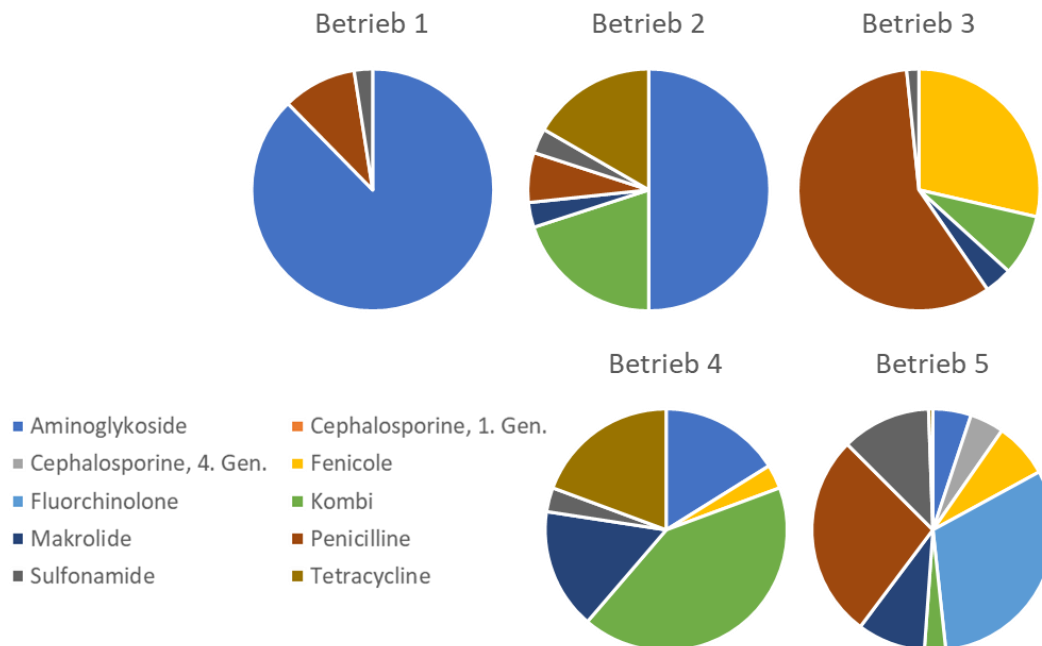


Abbildung 123: Behandlungstage mit antibiotischen Wirkstoffen bei Kälbern (bis Lebenstag 110) nach Wirkstoffklassen auf fünf konventionellen Versuchsbetrieben; therapeutische und metaphylaktische Gaben an Kälber, die im Projekt in Innovationsprojekten gehalten oder als Kontrolltiere erfasst wurden.

AP1 - Antibiotikarückstände und Resistenzgene

Die Auswertung der Rückstände von Antibiotika der Gruppen der Sulfonamide, Tetracycline und Fluorchinolone sowie dem Wirkstoff Amoxicillin ist noch nicht abgeschlossen, da letzte Plausibilisierungen der Messwerte noch erfolgen müssen. Ebenso steht die relative Quantifizierung der Resistenzgen-Abundanzen noch aus. Die Analyse konzentriert sich dabei auf Resistenzgene betreffend die Sulfonamide, Tetracycline, Makrolide und Beta-Laktame. Die orientierende Analyse mittels PCR ergab bereits positive Signale für Sulfonamide (sul1, sul2), Tetracycline (tetM, tetB), Makrolide (ermB), die nun mittels qPCR weiter quantitativ eingeordnet werden.

AP2 - ESBL bildende Keime in früher Gruppenhaltung

Von den 34 Versuchskälbern wurden bei 6 ESBL-bildende *E. coli* isoliert. Zwei dieser Kälber stammten aus dem frühen Einzelhaltungssystem, während die anderen vier aus dem frühen Gruppenhaltungssystem stammten. Darüber hinaus wurden 18 der 34 Kälber, einschließlich derjenigen, die auch positiv auf ESBL-bildende *E. coli* getestet wurden, positiv auf andere ESBL-bildende Enterobacteriaceae wie *Citrobacter* spp. und *Enterobacter* spp. getestet (Abb. 124).

Am 3. Lebenstag war der Nachweis ESBL-bildender Keime bereits bei 16 der insgesamt 20 positiv getesteten Kälber erfolgt. Es zeigte sich eine abnehmende Positivrate bei Folgeproben (LT 14: 6/20; LT 21: 2/20) Im Versuchsverlauf wurden 4 neu-positive Kälber an LT 14 (2 aus Einzel-, 2 aus früher Gruppenhaltung) identifiziert.



Abb. 124: Vergleich der Prävalenz ESBL – bildender *Enterobacteriaceae* in Einzel- (n = 16) und früher Gruppenhaltung (n = 18)

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei der Prävalenz ESBL-bildender Keime zwischen Einzel- und früher Gruppenhaltung (Chi Quadrat Test; $p=0,324$). Vorläufige Ergebnisse der Genotypisierung der Isolate zeigen ein Auftreten verschiedener Resistenzgene und verschiedener Genotypen (*E. coli*) im Versuchsverlauf.

7.1.5. Interpretation der Ergebnisse

AP1 - Untersuchungen zur Tierhygiene

Neben einzelbetrieblichen Untersuchungen betrieblich-relevanter Hygieneaspekte wurde für alle Betriebe nach einheitlicher Methodik die Behandlungshäufigkeit und der tiermedizinische Werkstoffeinsatz erhoben sowie Proben von Gülle und Festmist aus den von Innovationsprojekten betroffenen Bereichen gezogen. Auch wenn noch nicht alle Daten vollständig ausgewertet sind, zeigen sich bislang kein höherer Behandlungsaufwand und somit auch keine erhöhten Werkstoffeinträge in die Umwelt durch die innovativen Kälberhaltungsverfahren. Je nach Konzept und Betrieb konnten auch niedrigere Behandlungstage in einzelnen Organsystemen oder Krankheitskomplexen beobachtet werden, die auf eine gesteigerte Resilienz durch die innovative und tierwohlorientierte Haltung hinweisen könnten. Zur näheren Analyse wird aber auf die geplanten Publikationen nach Abschluss der Datenanalyse verwiesen.

AP2 - ESBL bildende Keime in früher Gruppenhaltung

Auf Basis der Prävalenz der untersuchten Keime zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen. Von einer erhöhten Übertragung von ESBL-bildenden Keimen in der frühen Gruppenhaltung ist nicht auszugehen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Übertragung dieser Keime bereits vor dem Zusammenführen der Kälber in die frühe Gruppenhaltung stattgefunden hat. Eine Transmission bei der Kalbung oder durch kontaminiertes Fütterungssequipment bei der Kolostrumversorgung kann nicht ausgeschlossen werden.

Auf Basis der vorläufigen Ergebnisse der Genotypisierung der Isolate lassen sich keine Rückschlüsse auf eine mögliche Übertragung von ESBL-bildenden Keimen zwischen den Kälbern ziehen. Weitere molekulargenetische Untersuchungen der Indikatorisolate sollen Aufschluss geben.

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die betriebsübergreifende Auswertung der Behandlungsdaten im Bereich der Kälberhaltung wie auch die vorläufigen Ergebnisse des Erregertrackings (Prävalenz von ESBL-*E. coli*) zeigen keine negativen Auswirkungen der tierwohlorientierten innovativen Haltungsformen auf. Der in der Richtlinie adressierten „Minderung von Zielkonflikten zwischen Tierwohl, Umwelt und Tiergesundheit“ kann somit Rechnung getragen werden, als dass das von der AG Kalb (s. Kap. 2 AG Kälber, CAU) festgestellte höhere Tierwohl-Niveau (reduzierte Cortisolspiegel etc.) **keine negativen Effekten für die Keimübertragung und keinen höheren Behandlungsaufwand** mit nachfolgender Freisetzung von Wirkstoffen / -Metaboliten in die Umwelt bedingt.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

s.o.

- c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

s.o.

- d) Sonstige Erkenntnisse
keine

7.1.6. Zusammenfassung

Das Querschnittsthema „Tierhygiene und Antibiotikareduktion“ hatte die Aufgabe bestimmte Aspekte von Tiergesundheit, bakteriellem Keimspektrum und -prävalenz sowie Medikamenteneinsatz auf mehreren Projektbetrieben zu untersuchen. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung sind noch nicht alle Daten abschließend ausgewertet und auch bestimmte weiterführende Untersuchungen von Proben und Isolaten stehen noch aus. Daher sind die Ergebnisse nur als vorläufig zu betrachten und es wird auf die geplanten wissenschaftlichen Veröffentlichungen verwiesen.

Zwischenergebnisse der beiden Arbeitspakete 1 und 2 sind wie folgt:

AP1 - Untersuchungen zur Tierhygiene

Neben einzelbetrieblichen Untersuchungen betrieblich-relevanter Hygieneaspekte wurde für alle Betriebe nach einheitlicher Methodik die Behandlungshäufigkeit und der tiermedizinische Wirkstoffeinsatz erhoben sowie Proben von Gülle und Festmist aus den von Innovationsprojekten betroffenen Bereichen gezogen. Auch wenn noch nicht alle Daten vollständig ausgewertet sind, zeigen sich bislang kein höherer Behandlungsaufwand und somit auch keine erhöhten Wirkstoffeinträge in die Umwelt durch die innovativen Kälberhaltungsverfahren. Je nach Konzept und Betrieb konnten auch niedrigere Behandlungstage in einzelnen Organsystemen oder Krankheitskomplexen beobachtet werden, die auf eine gesteigerte Resilienz durch die innovative und tierwohlorientierte Haltung hinweisen könnten. Zur näheren Analyse wird aber auf die geplanten Publikationen nach Abschluss der Datenanalyse verwiesen. Für die Rindermast und die Transitphase der im Projekt erfassten Kalbungskühe wird die Datenauswertung zum Berichtszeitpunkt noch abgeschlossen.

AP2 - ESBL bildende Keime in früher Gruppenhaltung

Auf Basis der Prävalenz der untersuchten Keime zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen. Von einer erhöhten Übertragung von ESBL- bildenden Keimen in der frühen Gruppenhaltung ist nicht auszugehen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Übertragung dieser Keime bereits vor dem Zusammenführen der Kälber in die frühe Gruppenhaltung stattgefunden hat. Eine Transmission bei der Kalbung oder durch kontaminiertes Fütterungsequipment bei der Kolostrumversorgung kann nicht ausgeschlossen werden.

Auf Basis der vorläufigen Ergebnisse der Genotypisierung der Isolate lassen sich keine Rückschlüsse auf eine mögliche Übertragung von ESBL-bildenden Keimen zwischen den Kälbern ziehen. Weitere molekulargenetische Untersuchungen der Indikatorisolate sollen Aufschluss geben.

7.1.7. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Poster:

WEIß, M. A., AHMAD, R., SCHWENKER, J.A., LAMP, O., DAMBON, F., HÖLZEL, C. S. (2024): *Pasteurella multocida* and *Mannheimia haemolytica* in dairy calves kept individually and in groups. Young One Health Forum 2024. 3-4 Juni 2024, Ulm

Weiß, M. A., Zimmer-Sonn, K.-J., Blumenberg, J. A., Lamp, O., Hölzel, C. S. (2025): ESBL-producing *E. coli* in calves in early individual and group housing. Young One Health Forum 2024. 19-20 Mai 2025, Heidelberg

Weiß, M. A., Zimmer-Sonn, K.-J., Blumenberg, J. A., Lamp, O., Hölzel, C. S. (2025): ESBL-bildende *E. coli* bei Kälbern in früher Einzel- und Gruppenhaltung. Tagung der DVG-Fachgruppe Bakteriologie & Mykologie. 26-28 Mai 2025, Oberschleißheim

Vorträge / Kongressbeiträge:

Weiss, M. A., Ahmad, R., Schwenker, J. A., Dambon, F. and C. S. Hölzel (2023): Bovine Respiratory Disease: Prävalenz assoziierter bakterieller Erreger bei Kälbern in Einzel- und Gruppenhaltung. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e. V. und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaften e. V.. 13. – 14. September 2023, Halle/Saale

Weiß, M. A., Ahmad, R., Schwenker, J. A., Dambon, F. and C. S. Hölzel (2023): Prävalenz von *Pasteurella multocida* und *Mannheimia haemolytica* bei Kälbern in Einzel- und Gruppenhaltung. 6. Tagung der DVG Fachgruppe Umwelt und Tierhygiene 2023. 5. – 6. Oktober 2023, Kiel

Weiß, M. A., Blumenberg, J. A., Lamp, O., Hölzel, C. S. (2025): Erregerübertragung in verschiedenen Kälberaufzuchtvarianten. Jahrestagung/Vortragstagung der DGfZ und GfT. 25-26 September 2025, Rostock

Weiß, M. A., Blumenberg, J. A., Lamp, O., Hölzel, C. S. (2025): Infektionsrisiken in tierwohl-orientierten Kälberaufzuchtansätzen – Untersuchung im dreifaktoriellen Versuchsaufbau. DVG Vet-Congress, 7. Tagung der DVG-Fachgruppe Umwelt- und Tierhygiene. 7 November 2025, Berlin

Weiß, M. A., Blumenberg, J. A., Lamp, O., Hölzel, C. S. (2026): Keimübertragung bei Kälbern in Aufzuchtvarianten mit frühem Sozialkontakt. Bau- und Energieleherschautag - InnoRind Kälberaufzucht. 15. Januar 2026, Futterkamp (Blekendorf)

Geplante Vorträge

Lamp, O. (2026): InnoRind - Kälbergesundheit und Hygiene in innovativen Haltungssystemen, 76. Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät - Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft

Geplante wissenschaftliche Publikationen

Thema: ESBL-bildende *Enterobacteriaceae* bei Kälbern in früher Gruppenhaltung auf einem norddeutschen Versuchsbetrieb; Autoren: Weiß, M.A. et al.

Thema: Pasteurellaceae und ESBL-bildende *Enterobacteriaceae* bei Kälbern in früher Paarhaltung auf einem norddeutschen Versuchsbetrieb; Autoren: Weiß, M.A. et al.

Thema: Charakterisierung von deutschen Versuchsbetrieben mit innovativen Rinderhaltungskonzepten hinsichtlich Tiergesundheit sowie Einsatz und Rückständen von antibiotischen Wirkstoffen und Abundanz von antimikrobiellen Resistenzgenen; Autoren: Lamp, O. et al.

U.v.m.

Geplante Abschlussarbeiten:

Prävalenz und Typisierung von Pasteurellaceae in verschiedenen Kälberaufzuchtvarianten

Prävalenz, Typisierung und mögliche Übertragungswege von *Clostridium perfringens* in der Kälberaufzucht

Virulenzgene zur Identifikation von Indikator- *E. coli* -Isolaten in der Kälberaufzucht

Nachweis und Charakterisierung von Resistenzgenen in ESBL-*E. coli* zur Untersuchung möglicher Übertragungswege zwischen Kuh und Kalb

8. Querschnittsthema „Umweltwirkungen“

8.1. Quantifizierung von Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitskriterien unter Nutzung verschiedener Analysetools und -methoden (LFA, TI-BW)

Zitierweise: Drews J (2026) QT Umweltwirkungen (LFA) QT Umweltwirkungen. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 291 - 298.

8.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

Exemplarische Erfassung der durch die landwirtschaftliche Produktion in der Rinderhaltung (Schwerpunkt Kälberaufzucht, Jungrinder- und Milchkuhhaltung, Mast von Milchrind- und Kreuzungskälbern) verursachten Umweltwirkungen anhand von Versuchsbetrieben, die deutschlandweit ansässig sind und verschiedene für die Region bzw. das Produktionssystem typische Bedingungen abbilden.

- Untersucht werden soll der aktuelle jeweilige „Betriebsstandard“ nach verschiedenen Umweltwirkungs- und Nachhaltigkeitskriterien. Vergleichend hierzu wird die „innovative Haltungsform“ betrachtet.
- Geplant ist die Bilanzierung von Emissionen klimatisch bedeutsamer Treibhausgase (u. a. Methan, Kohlenstoffdioxid und Lachgas) und weiteren thematisch breit gefassten Umweltwirkungskategorien (z. B. Eutrophierung, Versauerung, Treibhausgaspotenzial, Landnutzung, Humantoxizität).
- Basierend auf den Ergebnissen werden Potenziale zur Reduktion der Emissionen bzw. Umweltwirkungen aufgezeigt, welche perspektivisch auf die breite betriebliche Praxis übertragen werden können und sollen.
- Übergeordnetes Ziel des Querschnittsthemas ist es, die in der Rinderhaltung genutzten Ressourcen und die daraus resultierenden Umweltwirkungen zu kalkulieren und transparent zu machen. So sollen auch insgesamt das Verständnis und die Akzeptanz der Verbraucher*innen für die modernen Haltungsverfahren verbessert werden.

Vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung und einer gleichzeitig schrumpfenden Anbaufläche für Nahrungsmittel pro Kopf ist die effiziente Nutzung von Ressourcen elementar, um alle Menschen ernähren zu können (FAO, 2018). Gleichzeitig rücken für die Verbraucher*innen Aspekte wie tiergerechte Haltungs- und nachhaltige Bewirtschaftungsformen zunehmend in den Fokus und beeinflussen deren Kaufentscheidungen (Sala et al., 2017). Emissionen aus der Landwirtschaft, vor allem von Lachgas und Methan, werden immer wieder kritisch diskutiert. In der Rinderhaltung fallen bedingt durch die Physiologie und Verdauung der Tiere etwa 95 % oral und 5 % rektal ausgestoßenes Methan an. Die Methode der Ökobilanzierung ermöglicht die Quantifizierung von Emissionen und Ressourcennutzung entlang der gesamten Prozesskette eines Produktionssystems (Guinee et al., 2002).

Im System der Milchproduktion sind einzelbetriebliche Daten aus der vorgelagerten Produktion (u. a. Düngemittel und Kraftstoffe), der außerbetrieblichen (u. a. Kraftfutterherstellung, Produktion und Weiterverarbeitung von Futtermitteln) und der innerbetrieblichen Produktion (u. a. Grundfutterproduktion, -konservierung/-lagerung, Melkprozess und damit verbundene Arbeiten) der jeweiligen Betriebe notwendig, um Emissionen und weitere Umweltwirkungen spezifisch bilanzieren zu können.

Falls die erforderlichen Daten bereitgestellt werden können, können mit den am Thüneninstitut BW vorhandenen Rechentools (TIPI-CAL) die Treibhausgas-Emissionen berechnet werden.

Ergebnisse werden je Tier, je Platz, je kg (Milch, Lebendgewicht oder Schlachtgewicht) sowie insgesamt (je Versuchsbetrieb bzw. Versuchseinheit) ausgewiesen. Zusätzlich soll an der LFA MV die in wissenschaftlichen Studien global verbreitete und anerkannte Software „SimaPro“ für die vergleichende Ökobilanzierung genutzt werden. Mit diesem Analysetool ist die Kalkulation einer Vielzahl verschiedener Umweltwirkungskategorien bzw. Nachhaltigkeitskriterien möglich. Die Ergebnisse sind ebenfalls relativ zum erzeugten Produkt (kg Milch, kg Fleisch oder Anzahl erzeugter Kälber) darstellbar und ermöglichen es, in Ergänzung zu den Emissionen auch Aussagen über den Einfluss auf bzw. den Zustand von landwirtschaftlichen Ressourcen zu treffen. Umweltwirkungskategorien wie das Versauerungs- und das Eutrophierungspotenzial sind hier u. a. in Zusammenhang mit dem Einsatz von Düngemitteln von Interesse. Die Landnutzung bzw. Landnutzungsänderung beschäftigt sich mit der Problematik, wieviel landwirtschaftliche Fläche beansprucht oder in diesem Zuge anders genutzt wird, um ein landwirtschaftliches Produkt (Milch oder Fleisch) zu erzeugen. Diese Umweltwirkungskategorien seien hier lediglich beispielhaft charakterisiert. In Abhängigkeit von der individuellen Gestaltung und den Erfordernissen in den verschiedenen Innovationsprojekten und Arbeitsgruppen im Projekt sollen die jeweils besonders im Fokus stehenden Umweltwirkungskategorien bilanziert und Reduktionspotenziale abgeleitet werden. Im Bereich der Mast mit zeitweiser Weidehaltung ist beispielsweise die Landnutzung im Vergleich des „Betriebsstandards“ (ohne Weide) mit der „innovativen Projektidee“ (mit teilweiser Weidenutzung) relevant.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Zahlreiche Informationen zu Anzahl und Typ der Gebäude und Einrichtungen, der Flächennutzung, Tierzahlen und -leistungen sowie Futterrationen liegen bereits aus der Datenerhebung für die ökonomische Bewertung der Innovationen (TI-BW) vor. Diese Daten sind auch für die Analyse des Produktionssystems und die Kalkulation von Umweltwirkungen mit der Ökobilanz-Software „SimaPro“ relevant. Ergänzend ist eine gekoppelte bzw. erweiterte Datenerfassung auf den Versuchsbetrieben zu den Themen Ökonomie und Umweltwirkungen vorgesehen. Die Erfassung erfolgt auch für die Bilanzierung der Umweltwirkungen mit einem Standardfragebogen, der ggf. an die Projekterfordernisse angepasst wird.

8.1.2. Durchführung

a) Arbeitspakete

AP 1 Kälber: frühe Kleingruppenhaltung

Im Rahmen des AP 1 Kälber erfolgte für die jeweils innerhalb der AG Kälber erprobten Systeme zur frühen Kleingruppenhaltung eine Betrachtung von für die Umwelteffizienz relevanten Teilaspekten im Vergleich zur Kälberhaltung gemäß dem bisherigen betrieblichen Standard.

AP 2 Milchkühe: Abkalbebereich mit Separee – Umsetzung einer Gruppenabkalbung mit geeigneten Rückzugsbereichen für die Kühe

Im Rahmen des AP 2 Milchkühe wurde für die jeweils innerhalb der AG Milchkühe erprobten Systeme zur optimierten Gestaltung des Abkalbebereichs eine Betrachtung von für die Umwelteffizienz relevanten Teilaspekten im Vergleich zum bisherigen Abkalbebereich vorgenommen.

b) Material und Methoden

AP 1 Kälber: frühe Kleingruppenhaltung

Vor dem Hintergrund der in Ställen anfallenden Ammoniakemissionen aus der Einstreu erfolgte ein Vergleich der potenziell emittierenden Fläche (bezogen auf Ammoniak) zwischen dem betrieblichen Standard und verschiedenen Varianten der innovativen Haltungsverfahren

im Projektteil Kälberhaltung. Hierfür wurden die Maße des jeweiligen Kälberhaltungssystems (des „Betriebsstandards“ bzw. von Varianten der umgebauten oder neu strukturierten Abkalbebuchten als „Innovation“) aus den Grundrissen genutzt. Einbezogen wurden die Haltung im Einzel- sowie im Paariglu und die Haltung in Ställen zur Umsetzung der frühen Kleingruppenhaltung (Stall „Optima Klima“ der Firma Dairytop bzw. frei zugängliche Einzeliglus verbunden mit einem Gruppenauslauf). Ergänzende Informationen zur jeweils umgesetzten Belegung wurden erfragt und Szenarien zum Vergleich abgeleitet (vom Hersteller empfohlene Besatzdichte, vom betrieblichen Management her bewährte Belegung bzw. durchschnittliche Besatzdichte). Gegenstand des Vergleichs waren die Kälberhaltungssysteme an den Standorten des Versuchsbetriebs Karkendamm, der Lehr- und Versuchsanstalt Futterkamp und des Gutes Dummerstorf.

AP 2 Milchkühe: Abkalbebereich mit Separee – Umsetzung einer Gruppenabkalbung mit geeigneten Rückzugsbereichen für die Kühe

Neben einer Steigerung der Verbraucherakzeptanz und des Tierwohls wird durch das Innovationsprojekt und die darin erprobten Varianten zur optimierten Gestaltung des Abkalbebereichs auch eine Verbesserung der Umwelteffizienz angestrebt. Rund 31 % der Ammoniakemissionen in der Rinderhaltung entstammen dem Stallbereich (Rösemann et al., 2021). Da der Fokus bei der Gestaltung des Abkalbebereichs darauf liegt, dass Um- und Neubauten bzw. Umgestaltungen der Stallbereiche an den verschiedenen Standorten durchgeführt wurden, erfolgte ein Vergleich der emittierenden Fläche zwischen dem betrieblichen Standard und verschiedenen Varianten der optimierten Gestaltung des Abkalbebereichs. Hierfür wurden die Maße der jeweiligen Abkalbebuchten (des „Betriebsstandards“ bzw. von Varianten der umgebauten oder neu strukturierten Abkalbebuchten als „Innovation“) aus den Grundrissen genutzt. Ergänzende Informationen zur jeweils umgesetzten Belegung wurden erfragt und Szenarien zum Vergleich abgeleitet (niedrige oder hohe bzw. durchschnittliche Besatzdichte). Gegenstand des Vergleichs waren die Abkalbebuchten an den Standorten des Versuchsbetriebs Karkendamm, der Lehr- und Versuchsanstalt Futterkamp und des Gutes Dummerstorf.

8.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse

AP 1 Kälber: frühe Kleingruppenhaltung

Vor dem Hintergrund der in Ställen anfallenden Ammoniakemissionen aus der Einstreu erfolgte zunächst ein Vergleich der emittierenden Fläche zwischen dem betrieblichen Standard und verschiedenen Varianten der innovativen Haltungsverfahren im Projektteil Kälberhaltung (siehe Tab. 62).

Tabelle 62: Ergebnisse zur emittierenden Oberfläche [m²/Tier] im Vergleich von betrieblichem Standard und innovativen Kälber-Haltungsverfahren

Gruppe	Spezifikation	Emittierende Fläche [m²/Tier]
Innovation 1	Paarhaltung	2,8
Innovation 2a	Kleingruppe "Maximale Tierzahl" (6 Kälber)	2,5
Innovation 2b	Kleingruppe "Ideale Tierzahl" (4 Kälber)	3,8
Innovation 3	Kleingruppe (8 Kälber)	4,4
Betriebsstandard	Einzelhaltung	3,1

Im Ergebnis ist mit 2,5 m² in der „Kleingruppe“ die geringste emittierende Fläche zu finden, sofern diese mit der vom Hersteller empfohlenen maximalen Anzahl von sechs Kälbern belegt wird (Innovation 2a). Die Innovation 2a ist jedoch nur zu Versuchsbeginn umgesetzt worden, hat sich im Handling aber nicht bewährt und war insbesondere vor dem Hintergrund des Verbleibs der Tiere bis zum Absetzen am 70. Lebenstag eine ungünstige Herausforderung (Größe der Tiere und Bewegungsfreiheit). Die größte emittierende Fläche ergibt sich für das innovative Halungsverfahren „Kleingruppe“ bei Belegung mit acht Kälbern (Innovation 3), gefolgt von der Kleingruppe mit vier Kälbern (Innovation 2b). Die Umwelteffizienz ist also bezogen auf die vorläufigen Ergebnisse auf den ersten Blick in der Kleingruppe (Innovation 2b und 3) schlechter als in der Einzel- oder Paarhaltung. Jedoch müssen weitere Aspekte und Parameter bei dieser Betrachtung einbezogen werden.

Hier werden, wie oben beschrieben, innovative Haltungskonzepte in der frühen Kälberhaltung erprobt. Für die innovativen Kälberhaltungskonzepte Paarhaltung bzw. frühe Kleingruppenhaltung war die Hypothese, dass frühere Sozialkontakte und eine Auseinandersetzung mit dem Keimspektrum der gleichaltrigen Artgenossen von Anfang an zu einer höheren Vitalität, besseren Tiergesundheit und höheren Zunahmen beitragen. Auch diese potenziellen Effekte sollten beachtet und mögliche Einflüsse der Fläche je Kalb auf die Höhe der Umweltwirkungen differenziert diskutiert werden.

AP 2 Milchkühe: Abkalbebereich mit Separee – Umsetzung einer Gruppenabkalbung mit geeigneten Rückzugsbereichen für die Kühe

Neben einer Steigerung der Verbraucherakzeptanz und des Tierwohls wird durch das Innovationsprojekt und die darin erprobten Varianten zur optimierten Gestaltung des Abkalbebereichs auch eine Verbesserung der Umwelteffizienz angestrebt. Rund 31 % der Ammoniakemissionen in der Rinderhaltung entstammen dem Stallbereich (Rösemann et al., 2021). Da der Fokus bei der Gestaltung des Abkalbebereichs darauf liegt, dass Um- und Neubauten bzw. Umgestaltungen der Stallbereiche an den verschiedenen Standorten durchgeführt wurden, soll ein Vergleich der emittierenden Fläche zwischen dem betrieblichen Standard und verschiedenen Varianten der optimierten Gestaltung des Abkalbebereichs erfolgen.

Tab. 63: Emittierende Fläche [m^2/Tier] der untersuchten Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsbereich (Innovation) im Vergleich zu Einzelbuchten bzw. zum Betriebsstandard

Gruppe	Spezifikation	Emittierende Fläche [m^2/Tier]
System A Innovation	Abkalbung Gruppenbucht mit Separee (4 Kühe pro Bucht)	22,0
	Abkalbung Einzelbucht	14,4
System B Innovation	Abkalbung Gruppenbucht mit Separee (2 Kühe pro Bucht)	18,0
	Abkalbung Gruppenbucht mit Separee (1 Kuh pro Bucht)	36,0
Betriebsstandard	Abkalbung Großgruppe (hoher Besatz)	12,0
Betriebsstandard	Abkalbung Großgruppe (niedriger Besatz)	19,6
System C Innovation	Abkalbung Gruppenbucht mit Separee (4 Kühe pro Bucht)	22,6
	Abkalbung Gruppenbucht mit Separee (3 Kühe pro Bucht)	30,2
Betriebsstandard	Abkalbung Einzelbucht	22,0

Im Ergebnis ist mit 12 m^2 in der Variante des Betriebsstandards (Großgruppe) mit hoher Besatzdichte in System B die geringste emittierende Fläche zu finden, gefolgt von den Einzelabkalbebuchten und den Gruppenabkalbebuchten mit Rückzugsbereichen in den Systemen A, B und C, die in Abhängigkeit der Besatzdichte eine mittlere bis höhere emittierende Fläche aufweisen.

Die Umwelteffizienz ist also bezogen auf die Ammoniakemissionen als Teilergebnis auf den ersten Blick schlechter, wenn die Kühe mehr Platz zur Verfügung haben. Jedoch müssen weitere Aspekte und Parameter bei dieser Betrachtung einbezogen werden. Sofern die Gesundheit und das Wohlbefinden rund um die Kalbung (geringeres Stresslevel) sowie die kurz- bzw. mittelfristige Leistungsfähigkeit (z.B. Milchleistung in dieser Laktation) des Tieres sich verbessern, ist anzunehmen, dass sich, auf das gesamte Tierleben bezogen, die Emissionen verringern (z.B. verlängerte Nutzungsdauer, höhere Lebensleistung). In einer Studie von Kiefer et al. (2015) konnten Unterschiede im CO_2 -Fußabdruck ebenfalls durch Haltungsform und Produktionsintensität (Erträge, Flächennutzung, Besatzdichte, Weide- und Fütterungsmanagement) erklärt werden. Bei der Ergebnisbewertung muss generell beachtet werden, dass zwar die emittierende Fläche betrachtet wird, es jedoch richtigerweise um die Besatzdichte geht. Ferner muss in die Ergebnisinterpretation der Fakt eingehen, dass die Haltung im Abkalbebereich relativ zur Haltung im Laufstall während einer durchschnittlichen Laktation inklusive der Trockenstehzeit lediglich 2 bis 6 % (ausgehend von einer Umstallung in den Abkalbebereich zwischen einer und drei Wochen vor dem errechneten Kalbedatum) der Haltungstage ausmacht.

Ein weiterer Aspekt zur korrekten Einordnung der Ergebnisse ist der relative Beitrag der jeweiligen Prozesse und Verfahren eines Produktionssystems zu den Gesamtemissionen. Laut einer Schweizer Studie betrug der Anteil der Wirtschaftsdüngerlagerung an den betrieblichen

Gesamtemissionen 20 %, während der Anteil der enterischen Fermentation daran mit 57 % deutlich höher war (Elmiger et al., 2023). Es lässt sich ableiten, dass die Optimierung des Wirtschaftsdüngermanagements zwar eine Rolle bei der Emissionsreduktion spielt, jedoch nicht den größten Hebel hierfür darstellt.

8.1.4. Interpretation der Ergebnisse

In einem Innovationsprojekt wie diesem, welches mit einer Verbesserung von Verbraucherakzeptanz, Tierwohl und Umwelteffizienz drei komplexe Zielstellungen anstrebt, müssen potenzielle Zielkonflikte mitberücksichtigt werden. So ein klassischer Zielkonflikt ist hier zwischen den Themen Tierwohl und Umweltwirkungen präsent.

a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Im Rahmen der Anforderung zum Bundesprogramm Nutztierhaltung, zukunftsfähige und nachhaltige Haltungssysteme zu erproben und zu entwickeln, war es das Projektziel, neben einer Verbesserung von Verbraucherakzeptanz und Tierwohl auch für die Umwelteffizienz relevante Aspekte zu prüfen. Im Projekt zeigte sich, dass sich Kompromisse in Hinblick auf die Verbraucherakzeptanz finden lassen; dazu zeigten sich teilweise positive Auswirkungen auf das Tierwohl. Nach aktueller Ergebnislage aus dem Projekt lassen sich jedoch keine belastbaren oder verallgemeinernden Aussagen in Bezug auf eine veränderte oder verbesserte Umwelteffizienz allein durch die Umsetzung der erprobten Haltungssysteme (frühe Kleingruppenhaltung von Kälbern bzw. optimierte Gestaltung des Abkalbebereichs) ableiten.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

AP 1 Kälber

Sofern die Gesundheit, das Wohlbefinden (Kontakt zu mehreren Artgenossen, Spiel- und Sozialverhalten sowie Vitalität), das Wachstum (tägliche Zunahmen) sowie die kurz- bzw. mittelfristige Leistungsfähigkeit (z.B. spätere Milchleistung und Nutzungsdauer) des Tieres sich verbessern, ist anzunehmen, dass sich auf das gesamte Tierleben bezogen die Emissionen verringern.

AP 2 Milchkühe

Wenn mehr Platz bzw. das Angebot von Rückzugsbereichen zur Kalbung für weniger Stress bei der Milchkuh sorgen, sollte also abgewogen werden, ob eine größere emittierende Fläche und ein höherer Anfall an Festmist und Gülle nicht in Kauf genommen werden können.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

AP 1 Kälber

Aktuelle Studien zeigen eine höhere Futteraufnahme sowie höhere Tageszunahmen bei paarweise gehaltenen Kälbern im Vergleich zur Einzelhaltung (Buckova et al., 2025; Knauer et al., 2021). Hierdurch wird eine höhere Aufzuchtintensität erreicht, so dass diese Tiere früher die Voraussetzungen für die Erstbesamung/Erstbelegung erreichen (körperliche Reife, Gewicht). Ein früheres EKA verringert die „unproduktive“ Lebenszeit (wenn die „produktive“ Lebenszeit

ab dem Beginn der ersten Laktation definiert wird), hiermit wird bei gleichbleibender Milchleistung und Nutzungsdauer die Lebens effektivität erhöht. Diverse Faktoren, die zu einer Produktivitätssteigerung führen (beispielsweise eine längere Nutzungsdauer und eine höhere Milchleistung: Wall et al. (2010); Bell et al., (2011)), bedingen eine Verringerung der Umweltwirkungen je erzeugter Produkteinheit (hier: Milch). Auch jüngere Studien (Drews et al., 2020) zeigten einen Einfluss der Leistung (u.a. Remontierungsrate und energiekorrigierte Milchmenge) auf die Umwelteffizienz von Milchrindern. Häufig haben diese Leistungsausprägungen ihren Ursprung in der frühen Aufzuchtphase (metabolische Programmierung).

d) Sonstige Erkenntnisse

In einem Innovationsprojekt wie InnoRind, welches mit einer Verbesserung von Verbraucherakzeptanz, Tierwohl und Umwelteffizienz drei komplexe Zielstellungen anstrebt, müssen schließlich potenzielle Zielkonflikte mitberücksichtigt werden. So ein klassischer Zielkonflikt ist häufig sowohl in der öffentlichen Diskussion als auch in wissenschaftlichen Studien zwischen den Themen Tierwohl und Umweltwirkungen präsent. Auch in diesem Innovationsprojekt muss eine Abwägung zwischen den Zielen Verbesserung des Tierwohls und Reduktion negativer Umweltwirkungen erfolgen, wie in 8.1.4 b) und c) beschrieben. Dazu wäre eine ökonomische Bewertung der Tierwohl- und Umweltaspekte, welche sich im Rahmen der innovativen Haltungskonzepte verändert haben, interessant und wünschenswert, um den tatsächlichen monetären Nutzen für die landwirtschaftliche Praxis abzuwägen. Weitere Aspekte hierzu sollten in zukünftigen Forschungsprojekten beleuchtet werden.

Die ursprünglich im Projektrahmen geplante Analyse der Umweltwirkungen mittels Ökobilanzierung über den Gesamtbetrieb, inklusive der Betrachtung weiterer Umweltwirkungskategorien, ist aufgrund von Verzögerungen im Projektablauf nicht durchgeführt worden. Eine solche übergeordnete Betrachtung wäre aber in Folgeprojekten empfehlenswert und könnte weitere praxisrelevante Erkenntnisse bereitstellen.

8.1.5. Zusammenfassung

Die Betrachtung der Umwelteffizienz in innovativen Rinderhaltungssystemen (hier: Kälber und Milchkühe) war neben der Verbraucherakzeptanz und dem Tierwohl eines von drei Fokusthemen. Teilaspekte mit Bezug zur Umwelteffizienz wurden betrachtet, wobei die potenziell emittierende Fläche für Ammoniakemissionen kalkuliert wurde. Entscheidend hierbei war die Besatzdichte, jedoch können keine allgemeingültigen und neuartigen Schlussfolgerungen mit Bezug zur Umwelteffizienz aus dieser Studie abgeleitet werden, da jeweils nur eine kurze Zeitspanne bezogen auf die gesamte Haltungszeit innerhalb einer Laktation (Abkalbebereich) bzw. das gesamte Tierleben in Relation zur produktiven Zeit (frühe Kälberhaltung) betrachtet wurden. Für belastbare Aussagen wäre zudem jeweils die Durchführung einer vollständigen Ökobilanz pro Szenario notwendig. Aufgrund von Verzögerungen im Projektablauf (Bauantragstellung und Umbauten, personelle Wechsel und Planungsunsicherheiten aufgrund der Einstellung des Bundesprogramms Nutztierhaltung) wurden geringere Tierzahlen bzw. Dimensionen des Projekts umgesetzt. Dem untergeordnet, wurde der Umfang der Betrachtung im Querschnittsthema Umweltwirkungen entsprechend angepasst, um Überinterpretationen zu vermeiden.

8.1.6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Artikel

DREWS, J.; EDEBOHLS, I.; DEBLITZ, C., ROEMER, A., SANFTLEBEN, P. (2024): Evaluation of the environmental efficiency of innovative dairy cattle housing and management systems in Germany. Book of Abstracts of the 75 th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Book of Abstracts No. 34 (2024) Florence, Italy 1-5 September, 2024, p. 563.

DREWS, J. (2024): Akzeptanz, Tierwohl & Umwelt. Bauernzeitung Nr. 47, 22.11.2024, S. 34-25.

DREWS, J. (2025): Neues aus dem Verbundprojekt „InnoRind“. Einfluss innovativer Haltungsvorgahren in der Rinderhaltung auf die Umwelteffizienz. Bauernblatt Ausgabe 2, 11. Januar 2025, S. 43-44.

Vorträge

DREWS, J. (2023): InnoRind – Querschnittsthema Umweltwirkungen. 2. Präsenz-Projekttreffen InnoRind am 19.04.2023, Dummerstorf.

DREWS, J.; EDEBOHLS, I.; DEBLITZ, C., ROEMER, A., SANFTLEBEN, P. (2024): Evaluation of the environmental efficiency of innovative dairy cattle housing and management systems in Germany. Session 46 - Viable future dairy farming systems and products from production, feeding, environmental and consumer viewpoint, Part 1, 75th EAAP Annual Meeting, Florence, 3 September 2024

DREWS, J. (2025): Umweltwirkungen in innovativen Rinderhaltungssystemen - erste Ergebnisse aus dem Bereich Milchkühe und Kälber. InnoRind-Projekttreffen, 03.03.2025, Groß Kreutz.

DREWS, J. (2025): Umweltwirkungen in innovativen Rinderhaltungssystemen - erste Ergebnisse aus Dummerstorf. Veranstaltung des Netzwerks Fokus Tierwohl: „Tierwohl und Umwelt - ein Interessenkonflikt?!“, 18.06.2025, Dummerstorf.

DREWS, J. (2026): Umweltwirkungen in innovativen Kälberhaltungssystemen, Gemeinsam Fit – Kälberaufzucht neu gedacht, Abschlussveranstaltung InnoRind, 20.01.2026, Berlin.

DREWS, J. (2026): Umweltwirkungen in verschiedenen gestalteten Abkalbebereichen, Abkalbebuchten neu gedacht – was wünschen sich die Kühe?, Abschlussveranstaltung InnoRind, 20.01.2026, Berlin.

Poster

DREWS, J., DEBLITZ, C. (2023): Untersuchungen zum Einfluss innovativer Haltungssysteme auf die Höhe der Umweltwirkungen. KTBL-Tagung „Emissionen der Tierhaltung“ am 10. und 11.10.2023, Bonn.

9. Querschnittsthema „Gesellschaftliche Akzeptanz“

9.1. Gesellschaftliche Akzeptanz von innovativen Haltungs- und Managementmaßnahmen in der Milchvieh- und Mastrinderhaltung (UniGö)

Zitierweise: Von Steimker F, Bayer E, Kühl S (2026) QT Gesellschaftliche Akzeptanz. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 299 - 329.

9.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

Ziel des QT ist es, die gesellschaftliche Perspektive auf innovative Haltungs- und Managementmaßnahmen in der Rinderhaltung zu erheben, um diese in den Transformationsprozess einfließen zu lassen. Dabei werden die folgenden Forschungsfragen verfolgt:

- Bewertung, Wichtigkeit und Berücksichtigung von Emotionen der Tiere in der Milchviehhaltung aus gesellschaftlicher und landwirtschaftlicher Sicht
- Akzeptanz und Bewertung verschiedener, innovativer Haltungsformen für Kälber in den ersten Lebenswochen aus Sicht der Bevölkerung
- Bewertung der Tiergerechtigkeit verschiedener Haltungssysteme in der Rindermast aus gesellschaftlicher Sicht; Priorisierung von Tierschutzzielen bei Zielkonflikten verschiedener Anpassungen in der Mastrinderhaltung
- Entwicklung und Erprobung eines dialogorientierten Online-Bürgerbeteiligungsverfahrens für die Ausgestaltung der zukünftigen Rinderhaltung, das auf weitere landwirtschaftliche Themengebiete übertragbar ist

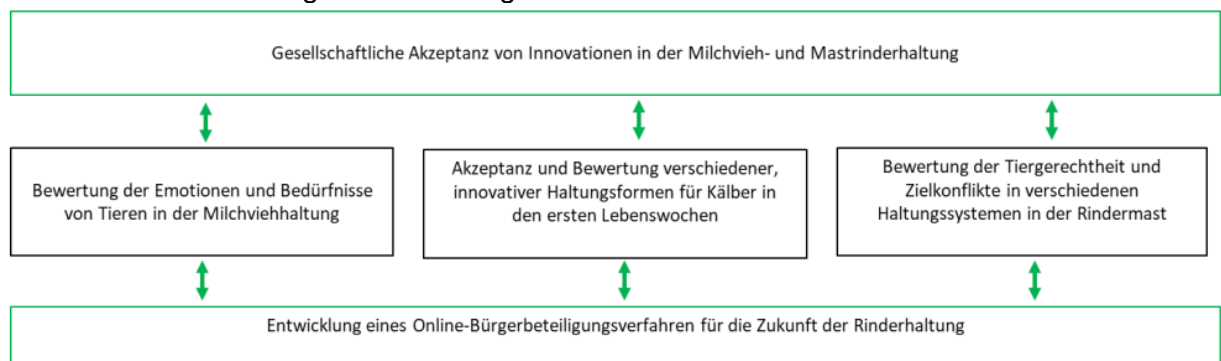


Abb. 125: Übersicht über die Ziele und Themen des Querschnittsthemas

Haltungssysteme (z. B. Kühl et al., 2018) wie auch Managementpraktiken (z. B. Busch et al., 2017) in der Rinderhaltung werden gesellschaftlich kritisch diskutiert. Die Bedürfnisse und Emotionen der Tiere (negativ wie positiv) spielen in diesen Diskussionen eine zunehmend zentrale Rolle. Für die Zukunft der Rinderhaltung ist es von Bedeutung innovative Haltungs- und Managementverfahren zu entwickeln, die nicht nur tierbezogene und ökonomische Indikatoren berücksichtigen, sondern gleichzeitig sowohl von der Gesellschaft als auch der Landwirtschaft akzeptiert werden. Das hier vorgestellte QT leistet dazu auf zwei Ebenen einen entscheidenden Beitrag: Zum einen wird untersucht, wie Innovationen in der Kälber-, Milchvieh- und Mastrinderhaltung von Bürger:innen bewertet werden. Dabei stehen Sozialkontakt und Emotionen der Tiere im Fokus und die landwirtschaftliche Perspektive wird für eine praktikable Einordnung einbezogen. Zum anderen wird ein Online-Bürgerbeteiligungsverfahren entwi-

ckelt, welches es ermöglicht, eine informierte gesellschaftliche Perspektive auf die Nutztierhaltung zu erfassen, Zukunftsszenarien bewerten zu lassen und Informationswirkungen zu analysieren, um diese Erkenntnisse frühzeitig in Diskussionen zur Gestaltung des Sektors einfließen zu lassen.

Milchkühe und Kälber: Die Milchviehhaltung wird grundsätzlich im Vergleich zur Haltung anderer Nutztiere eher positiv wahrgenommen (Christoph-Schulz et al., 2021). Das Thema der frühen Trennung von Kuh

und Kalb zeigt aber eindrücklich, wie sich ein gewandeltes Mensch-Tier-Verhältnis auf die Wahrnehmung von Produktionspraktiken auswirkt und wie dies den Druck auf die Praxis verstärkt, alternative Konzepte zu entwickeln, die die emotionalen Bedürfnisse der Tiere stärker berücksichtigen. Ein Ziel des Querschnittsthemas ist es daher, ein detailliertes Verständnis über die emotionalen Fähigkeiten, die Bürger:innen und Landwirt:innen Rindern zuschreiben, zu erhalten. Anlehnend an die Bedürfnispyramide von Maslow (1954) soll eine Einordnung der Wichtigkeit des Auslebens der verschiedenen Bedürfnisebenen bei Nutztieren gegeben werden. Zudem wird analysiert, wie verschiedene Verfahren der Kälberaufzucht in den ersten Lebenswochen aus Sicht von Bürger:innen und Landwirt:innen bewertet werden, da besonders die Bedürfnisse sehr junger Tiere ein sensibles Thema darstellen.

Mastrinder: Die intensive Rindermast wird von vielen Bürger:innen negativ bewertet. Daher wurden in einer Studie verschiedene Innovationen wie bspw. Buchtenstrukturen und Bodenbeläge zur Verbesserung der Haltung von Mastrindern, im Hinblick auf ihre Bewertung aus Sicht von Bürger:innen untersucht. Die gesellschaftlich bevorzugte Weidemast (Stampa et al., 2020) von Rindern in Deutschland ist eher wenig verbreitet, da sie Tierhalter:innen vor Herausforderungen in Bezug auf Flächenverfügbarkeit sowie den sicheren Umgang mit Mastbulen auf der Weide mit sich bringt. Zum jetzigen Zeitpunkt wird Weidemast daher vor allem mit Ochsen und/oder weiblichen Tieren umgesetzt. Bisher ist nicht geklärt, wie Bürger:innen auf Zielkonflikte reagieren, die mit der Weidemast einhergehen, wie z. B. mit dem Konflikt zwischen Arbeitssicherheit und Kastrationen der Tiere. Es wird untersucht, welche Tierschutzziele in der Bewertung prioritär sind, sowie welche Assoziationen mit Fleischqualität und Zahlungsbereitschaften für verschiedene Mastsysteme zu finden sind.

Online-Bürgerbeteiligung: Für die Ausgestaltung einer zukünftigen, gesellschaftlich akzeptierten Rinderhaltung sollte die Perspektive der Bürger:innen mit in politische und sektorale Entscheidungsprozesse einbezogen werden. Dafür haben sich dialogorientierte Bürgerbeteiligungsverfahren als zielführend erwiesen, v. a. in Bereichen, in welchen die meisten Menschen eher einen geringen Wissenstand haben. Diese Verfahren erfordern jedoch weitgehend eine Anwesenheit in Präsenz und sind sehr zeit- und kostenintensiv. Ein weiteres Ziel des QT ist es daher, ein Online-Bürgerbeteiligungsformat für die Landwirtschaft zu entwickeln und zu erproben. Dieses erlaubt es, mit weit weniger Ressourcen Bürger*innen in einen informierten Entscheidungsprozess zur zukünftigen Entwicklung der Rinderhaltung einzubeziehen. Eine Übertragbarkeit auf andere Nutztierarten und Agrarthemen ist gegeben. In einem Online-Tool werden die Befragten gebeten, sich mit verschiedenen Informationsinputs (z. B. Videos, Texte, Podcasts) zur Rinderhaltung (Status Quo) und innovativen Haltungsformen (Zukunft der Rinderhaltung) auseinanderzusetzen. Dabei wird ein interaktiver Ansatz forciert, bei welchem die Teilnehmer:innen sich zu den Hauptaussagen positionieren können (nach Danielson, 2010). Zudem wird ähnlich einem Jury-Verfahren (Geschworenengericht) eine Entscheidung für oder gegen eine Innovation getroffen (nach Aldred/Jacobs, 2000; Pimbert, 2021). Dabei können weitere Informationen zur Entscheidungsfindung angefordert werden. Dieses Vorgehen erlaubt es, neben der Analyse einer informierten Bewertung die für die Gesellschaft relevanten Themen und Informationen für die Bewertung und Entscheidungsfindung zu identifizieren.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

Zur Bearbeitung der Fragestellungen wird ein Methoden-Mix aus qualitativen und quantitativen Verfahren angewandt

- a) zwei Online-Befragungen mit je 1.000 Bürger:innen mit offenen und geschlossenen Fragen zu 1) Emotionen der Tiere in der Milchviehhaltung, Haltung von Kälbern in den ersten Lebenswochen und 2) Zielkonflikte und Innovationen im Mastrinderbereich
- b) Online-Befragung von 200 Landwirt:innen mit offenen und geschlossenen Fragen zu Emotionen der Tiere in der Rinderhaltung
- c) Zwei Fokusgruppendifkussionen zur Vorbereitung des Online-Bürgerbeteiligungsverfahrens (u. a. Themenrelevanz, Informationsmaterialien)
- d) Eine Befragung zur Wirkung von Informationen und Argumenten zur Bewertung verschiedener Kälberaufzuchtssysteme mit 779 Bürger:innen als Pretest für den Online-Bürgerat
- e) Erprobung eines Online-Bürgerrates zur Kälberaufzuchtssystemen mit 81 Bürger:innen

Die Methoden werden bei der Beschreibung der einzelnen Studien nochmal detaillierter beschrieben.

9.1.2. **Emotionen der Tiere in der Milchviehhaltung und Akzeptanz von Haltungssystemen von Kälbern in den ersten Lebenswochen aus gesellschaftlicher und landwirtschaftlicher Sicht - Durchführung**

Qualitative Vorstudie: Interviews mit Bürger:innen und Landwirt:innen

Zur Erfassung der Wahrnehmungen von Emotionen bei Kühen sowohl aus landwirtschaftlicher als auch aus gesellschaftlicher Sicht wurde zunächst eine qualitative Vorstudie mit leitfadengestützten Interviews und anschließend eine Online-Befragung mit 1.000 Bürger:innen zu der Thematik durchgeführt. In der qualitativen Vorstudie wurden freie Assoziationen und Begründungen zu Annahmen zum Emotionsvermögen von Kühen und Kälbern gesammelt, welche dann in der Online-Befragung mit einer größeren Stichprobe quantifiziert wurden.

Für die Studie wurden qualitative Interviews mit 15 nicht-landwirtschaftlichen Bürger:innen und 15 Landwirt:innen in der Milchviehhaltung von Juli 2022 bis Januar 2023 durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden über den erweiterten Bekanntenkreis und Online-Recherche rekrutiert und nach Alter, Geschlecht, Bildung, sowie Betriebsgröße und Haltungssystemen ausgewählt, um eine möglichst vielfältige Stichprobe zu gewährleisten. Die Interviews dauerten zwischen 30 und 120 Minuten und wurden als halbstrukturierte Einzelgespräche geführt, die sich an Leitfragen orientierten. Die Fragen konzentrierten sich auf das wahrgenommene Emotionsvermögen und die Bedürfnisse von Kühen und Kälbern, die Einflussmöglichkeiten der Landwirte auf diese Emotionen, die Kompetenz zur Bewertung tierischer Emotionen sowie ein mögliches Mitspracherecht von Konsument:innen bei der Ausgestaltung zukünftiger Systeme in der Rinderhaltung. Die Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und mithilfe der Software MAXQDA analysiert. Die Auswertung erfolgte durch eine inhaltsstrukturierende Analyse Kategorien.

Quantitative Online-Befragung unter Bürger:innen und Landwirt:innen

Die Datenerhebung erfolgte durch quantitative Online-Umfragen mit Bürger:innen und Milchviehhalter:innen. Die Bürger:innenstichprobe (n=996) wurde im August 2023 die der Milchviehhalter:innen (n=117) im Oktober/November 2023 über einen Panel-Anbieter gesammelt. Beide Gruppen bewerteten zunächst das emotionale und kognitive Vermögen von Kühen sowie die empfundene Wichtigkeit verschiedener Kälberbedürfnisse. Im Anschluss wurden vier Kälberaufzuchtssysteme (Einzelhaltung, frühe Gruppenhaltung, Ammenkuhhaltung, Muttergebundene Aufzucht) mittels Fotos und kurzen Infotexten vorgestellt und hinsichtlich emotionalem Erleben der Kälber im jeweiligen System, Bedürfnisbefriedigung und Akzeptanz der Befragten von Bürger:innen und Landwirt:innen bewertet. In der Studie wurden verschiedene Methoden eingesetzt, um die unterschiedlichen Ziele zu erreichen. Zum einen wurde eine Deskriptive Analyse und t-Tests eingesetzt, um Unterschiede in der Wahrnehmung von Emotionen und

Bedürfnissen zwischen Bürgern und Landwirten zu vergleichen. Außerdem wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt, um herauszufinden, welche Faktoren die Akzeptanz der Bürger gegenüber verschiedenen Haltungssystemen beeinflussen. Und Zuletzt wurde eine Clusteranalyse durchgeführt um die Zielgruppen für Produkte aus kuhgebundenen Systemen, zu identifizieren.

9.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse

Qualitative Vorstudie: Interviews mit Bürger:innen und Landwirt:innen

Angenommene emotionale Fähigkeiten und Bedürfnisse von Kühen und Kälbern

Bürger:innen als auch Landwirt:innen schreiben Kühen und Kälbern ein breites Emotionsvermögen zu mit sowohl positiven als auch negativen Emotionen (Abbildung 126). Bürger:innen nehmen Kühe und Kälber dabei also soziale und empfindungsfähige Wesen wahr, wie dieses Zitat verdeutlicht: *„Gerade Kälber bauen eine Bindung zu ihren Müttern auf, und sie sollen richtig depressiv werden, wenn man sich Berichte anschaut [...]. Es entsteht auch eine Bindung zwischen Menschen und Kühen ... man könnte sagen Freundschaft.“* (C6, Pos. 6).

Bei Landwirten zeigt sich eine größere Varianz in der Wahrnehmung von *„Ich denke, sie haben einen grundlegenden emotionalen Zustand – Angst, Schmerz, Freude – das war’s.“*

(F4, pos. 14). bis hin zu *„[...] wenn sie vielleicht weinen, hören wir das nicht so, sie verhalten sich eben anders als Menschen, aber was Emotionen und Gefühle angeht, denke ich, dass sie genau wie Menschen sind, wenn nicht sogar noch sensibler.“*

(F7, Pos. 12).

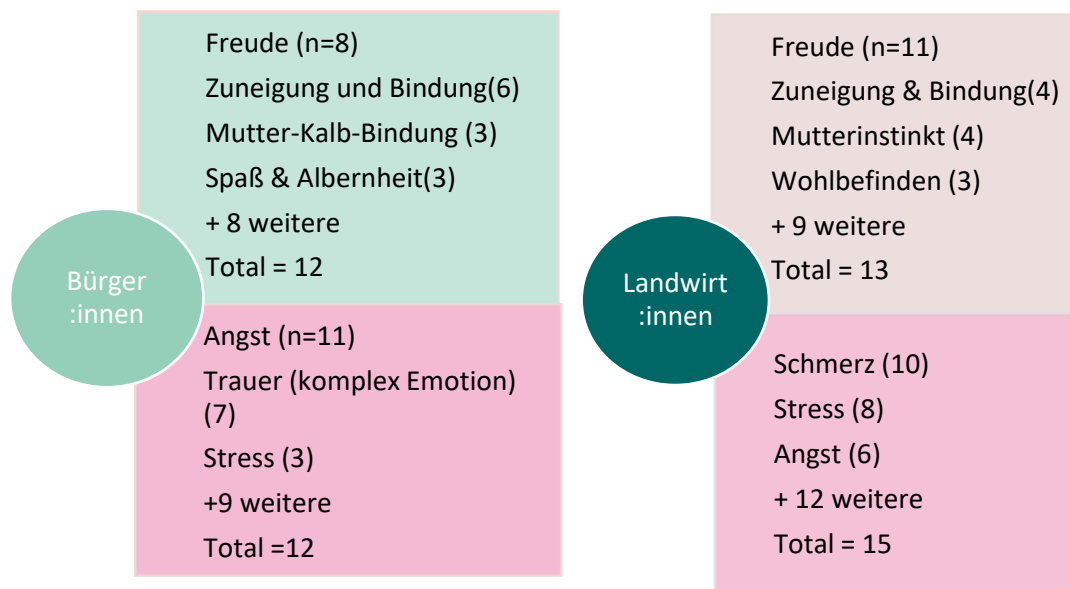


Abbildung 126: Angenommenes Emotionsvermögen von Kühen und Kälbern aus Sicht von Bürger:innen (n=15) und Landwirt:innen (n=15). Mehrfachnennungen möglich.

Sowohl Bürger:innen als auch Landwirt:innen nehmen bei Kühen und Kälbern bestimmte Emotionen als besonders relevant wahr. Während Bürger:innen die Wichtigkeit bestimmter Emotionen der Tiere überwiegend mit Fokus auf das subjektive Wohlergehen der Tiere, beziehen Landwirt:innen zusätzlich Kriterien mit ein, die den Nutzen und die Leistungsfähigkeit der Tiere berücksichtigen, beispielsweise das Vertrauen der Tiere gegenüber dem Menschen und dessen Einfluss auf deren Produktivität. Insgesamt ähneln sich die Einschätzungen hinsichtlich der emotionalen Fähigkeiten der Tiere, allerdings unterscheiden sich die Begründungen. Bürger:innen tendieren dazu, tierische Emotionen mit menschlichen zu vergleichen, während Landwirt:innen die Gefühle stärker mit instinktivem Verhalten verknüpfen.

Die wahrgenommenen Bedürfnisse der Tiere bauen auf diesen emotionalen Einschätzungen auf, zeigen jedoch deutliche Unterschiede in der Gewichtung zwischen den Gruppen. Bei Kühen betonen Bürger:innen vor allem soziale Bedürfnisse, wie Kontakt zur Herde und zum Kalb, Bewegungsfreiheit und Zugang zu Weideflächen. Landwirt:innen sehen ebenfalls Bedürfnisse der Kühe in der Haltungsumgebung, legen weitere Schwerpunkte aber auf managementbezogene Aspekte, wie stabile Routinen, stressarmes Handling, Stall-Ausstattung (z. B. Bürsten, sauberes Einstreu) und Gesundheitsvorsorge. Auch beim Kalb zeigen sich unterschiedliche Prioritäten. Bürger:innen betonen besonders den Kontakt zur Mutter und die damit verbundene Sicherheit und Orientierung und Ernährung mit Muttermilch sowie Möglichkeiten zum Lernen und Entwickeln. Landwirt:innen nennen auch Bedürfnisse des Kalbes im Kuh-Kalb-Kontakt – während einige die Wichtigkeit betonen, beziehen sich andere auf die Nachteile einer späten Trennung oder die Wichtigkeit einer frühen Trennung. Sie legen dagegen größeren Wert auf die Haltungsumgebung und den direkten Umgang mit Menschen durch Zuwendung und Interaktion. Innerhalb der Gruppe der Landwirt:innen bestehen zudem verschiedene Auffassungen darüber, wie lange der Mutter-Kalb-Kontakt idealerweise sein sollte, wobei einige eine frühe Trennung befürworten und andere eine längere Bindung bevorzugen.

Wahrgenommene Einflussmöglichkeiten der Landwirt:innen auf Emotionen

Bürger:innen gehen davon aus, dass die Emotionen der Tiere vor allem durch die Gestaltung der Ställe und durch das Management der Haltungsumgebung, wie etwa Zugang zu Außenklima, Kuhbürsten und Tierbesatz beeinflusst werden können. Ihre Perspektive verdeutlicht dieses Zitat: *„Vor allem durch Veränderungen der Haltungsbedingungen, zum Beispiel ob es ein Stall mit Tageslicht ist oder mit Zugang nach draußen, ob es unterschiedliches Futter gibt oder wie viel Platz die Tiere haben.“*

(C8, Pos. 146)

Landwirt:innen sehen dagegen nur eingeschränkte Möglichkeiten, über die Haltungsbedingungen auf die Gefühle der Tiere einzuwirken, da sie diese durch ökonomische Gegebenheiten als schwer veränderlich wahrnehmen: *„Natürlich auch durch die Haltungsbedingungen. Aber man hat eben den Stall, den man hat. Möglichkeiten gibt es, aber sie sind begrenzt – auch aus wirtschaftlichen Gründen.“* (F10, pos. 72). Sie sehen ihre größten Möglichkeiten im Verhalten der Menschen gegenüber den Tieren, in gesundheitlicher Vorsorge und Schmerzvermeidung sowie kurzfristig veränderbarer Haltungsumgebung, wie weiche Liegeflächen.

Kompetenzen bei der Beurteilung von Emotionen und Mitspracherecht

Beide Gruppen unterscheiden zwischen fachlicher Expertise und Laienwissen. Als besonders kompetent werden vor allem Landwirt:innen, Tierärzt:innen, Forschungspersonal und weitere Berufsgruppen mit intensiver Erfahrung im Umgang mit Tieren angesehen. Bürger:innen erkennen teilweise auch Laien mit praktischer Erfahrung im Umgang mit Tieren als kompetent an, bei unerfahrenen Laien wird allerdings die Gefahr der Vermenschlichung benannt. Die

hohen Kompetenzzuschreibungen an die Landwirt:innen erklären die Bürger:innen durch die tägliche Arbeit und das „Gefühl für das Tier“, sowie in Verantwortung für Gesundheit und Leistung. Gleichzeitig sehen sie Einschränkungen in der Landwirts' Kompetenz durch emotionale Abstumpfung und finanziellen Druck, was dieses Zitat verdeutlicht: *„Aber zum Beispiel dieses Trennungsschmerzthema. Da habe ich eigentlich auch alle Landwirte sehr darunter leiden sehen. Also das hat denen schon wehgetan. Aber sie haben für sich irgendwie keine andere Möglichkeit gesehen, da jetzt mit umzugehen. Es war dann halt so, da muss die [Kuh (Anm. d. A.)] jetzt durch. Und ich glaube, man stumpft auch ein bisschen ab. Wenn man keine Lösung für irgendwas hat, dann stumpft man vielleicht einfach ab.“* (C9, pos. 50).

Landwirt:innen hingegen sehen Konsument:innen meist als wenig kompetent, da ihnen das praktische Wissen über Haltungssysteme und tierisches Verhalten fehlt und sie die Bedürfnisse der Tiere häufig emotionalisiert oder vermenschlicht wahrnehmen. Deshalb erhalten Konsument:innen nur ein begrenztes potenzielles Mitspracherecht bei einer zukünftigen Ausgestaltung von Rinderhaltungssystemen, etwa durch Vorschläge, Diskussionen oder nach einer Betriebsbesichtigung. Manche Landwirte lehnen ein Mitspracherecht vollständig ab, während andere den Einfluss von Konsument:innen über deren Kaufentscheidungen als indirektes Mitspracherecht betrachten.

Die genauen Ergebnisse dieser Studie können Sie nachlesen unter:

von Steimker, F., Gleue, A., & Kühl, S. (2025). Emotions and Needs of Dairy Cows and Calves—a Qualitative Analysis of Non-Farming Citizens' and Farmers' Perspectives on Emotional Capacity, Competencies, and Consumers' Right to have a Say. *Food ethics*, 10(2), 13.

Quantitative Online-Befragung unter Bürger:innen und Landwirt:innen

Die Untersuchung zeigt deutliche Unterschiede zwischen Bürger:innen (B) und Milchviehhalter:innen (MVH) in der Wahrnehmung der mentalen und emotionalen Fähigkeiten von Kühen, der angenommenen Wichtigkeit verschiedener Kälberbedürfnisse sowie der Bewertung von Kälberaufzuchtssystemen hinsichtlich emotionalem Erleben und Bedürfniserfüllung und der Akzeptanz.

Angenommene emotionale und kognitive Fähigkeiten

Insgesamt schätzten Milchviehhalter:innen auf einer 5-stufigen Skala (1 = *stimme überhaupt nicht zu* bis 5 = *stimme voll und ganz zu*) Kühe sowohl in kognitiven Fähigkeiten, etwa Problemlösevermögen und Entscheidungsfähigkeit (Mittelwert (M): MVH=3,9; B=3,37), als auch in emotionalen Kompetenzen, wie Angst oder mütterliche Zuneigung, (M: MVH=4,7; B=4,36) höher ein als Bürger. Besonders bei Emotionen wie Freude, Neugier oder Trennungsstress sahen Milchviehhalter:innen die Tiere als stärker emotional befähigt, während Bürger:innen eher Trauer zuschrieben und weniger zwischen Trauer und Trennungsstress differenzierten.

Angenommenes emotionales Erleben

Bei der *Wahrnehmung der emotionalen Erfahrungen* von Kälbern in den vier Aufzuchtssystemen zeigten sich ebenfalls Unterschiede. Bürger:innen bewerteten die Systeme linear von negativ bis positiv, - hier am Beispiel der Dimension 1=Traurigkeit; 5=Glück – mit Einzelhaltung als am belastendsten (M: 2,20), gefolgt von früher Gruppenhaltung (M: 3,07), Ammenkuhhaltung (M:3,71) und Muttergebundene Aufzucht (M: 4,16) als emotional positives System. Milchviehhalter:innen nahmen das emotionale Erleben der Kälber insgesamt über alle Aufzuchtssysteme

teme positiver wahr, differenzierten jedoch stärker zwischen einzelnen emotionalen Dimensionen. Kuhgebundene Systeme wurden insgesamt positiver bewertet; hier schnitt die Ammenkuhhaltung besonders gut ab (M: 4,19), während die Muttergebundene Aufzucht (Traurigkeit-Glück – M:4,08) in einigen Bereichen, wie Stress-Entspannung (M: 3,84) oder Angst-Vertrauen (3,93), negativer bewertet wurde. Am negativsten wurde die Einzelhaltung bewertet, wenn auch nicht ganz so negativ, wie bei den Bürger:innen.

Wichtigkeit der Bedürfnisse und angenommene Bedürfniserfüllung im Aufzuchtssystem

Auch die Einschätzung der Wichtigkeit verschiedener Bedürfnisse mittels eines Rankings unterschied sich zwischen den Gruppen. Bürger:innen priorisierten deutlich das Mutter-Kalb-Bindungsbedürfnis, gefolgt von Sicherheit und Ernährung, während Komfort in der Haltungsumgebung als am wenigsten relevant eingestuft wurde. Milchviehhalter:innen hingegen setzten den Schwerpunkt auf Ernährung, Komfort und Bewegungsfreiheit, während die Mutter-Kind-Bindung als am unwichtigsten bewertet wurde. Diese unterschiedlichen Gewichtungen spiegeln sich auch in der *Angenommenen Bedürfniserfüllung* durch die verschiedenen Aufzuchtssysteme wider. Bürger:innen bewerteten auch hier die Einzelhaltung über verschiedene Bedürfnisse als am schlechtesten, die frühe Gruppenhaltung wurde moderat in ihrer Bedürfniserfüllung eingeschätzt, während Ammenkuhhaltung und Muttergebundene Aufzucht nochmals deutlich besser abschnitten. Milchviehhalter:innen bewerteten die Erfüllung der Bedürfnisse insgesamt positiver – insbesondere bei Einzelhaltung und früher Gruppenhaltung – und differenzierter. Ernährung (M: 4,47), Sicherheit (M:3,97) und Ruhe (M: 4,23) sahen sie auch in der Einzelhaltung als gut erfüllt an, während Bewegungsfreiheit, soziale Kontakte und Spiel/Erkundung in Gruppen- und Kuh-Kalb-Kontakt-Systemen besonders hoch bewertet wurden.

Die *Akzeptanz der Aufzuchtssysteme* zeigte ein ähnliches Muster. Milchviehhalter:innen akzeptierten die frühe Gruppenhaltung über verschiedene Akzeptanzebenen am höchsten. Die Bewertungen reichten von M = 3,22 für die konative Akzeptanz (Zahlungsbereitschaft für das System) bis M = 3,86 für die affektive Akzeptanz (gutes Gewissen). Im Gegensatz dazu wies die muttergebundene Aufzucht über alle vier Akzeptanzabfragen hinweg die geringste Akzeptanz auf, mit Mittelwerten von M = 2,38 (konativ – monetär) bis M = 2,97 (affektiv). Bürger:innen zeigten eine klare Rangordnung entsprechend der emotionalen und bedürfnisbezogenen Bewertungen, bei der Einzelhaltung am entsprechend am wenigsten, Muttergebundene Aufzucht am höchsten akzeptiert wurden.

Auch innerhalb der Bevölkerung zeigen sich unterschiedliche Einstellungen zu den Aufzuchtssystemen. Eine Clusteranalyse verdeutlichte, dass sich fünf Verbrauchergruppen unterscheiden lassen (Abbildung 127). Eine größere Gruppe zeigte insgesamt breite Zustimmung zu allen Systemen, ohne eines deutlich abzulehnen („Die Akzeptierenden“, 27% der Stichprobe). Andere Gruppen hingegen waren entweder kritisch gegenüber Nutztierhaltung („Kritiker der Nutztierhaltung“, 14%) oder wiesen nur geringes Interesse an Tierwohlprodukten auf („Die Desinteressierten“, 22%), sodass sie für die Vermarktung weniger relevant erscheinen. Besonders interessant sind jedoch zwei Gruppen, die eine klare Präferenz für kuhgebundene Systeme zeigen: Zum einen die „Starken Befürworter der muttergebundenen Aufzucht“ (15%), die diese Form der Aufzucht besonders positiv bewerten und erhöhte Zahlungsbereitschaft dafür angaben, aber auch die Ammenkuhhaltung hoch akzeptierten. Sie zeichneten sich durch ein hohes Engagement für Tierschutzfragen und einen erhöhten Anteil an Flexitarier:innen und Vegetarier:innen aus und maßen der Kuh-Kalb-Bindung, insbesondere auch für die Kuh, eine hohe Wichtigkeit zu. Und zum anderen „Die Kompromissbereiten“ (23%), die sowohl Mutterkuh- als auch Ammenkuhsysteme akzeptieren und eine erhöhte Zahlungsbereitschaft angeben. „Die Kompromissbereiten“ sind hoch gebildet und zeigen ein nicht ganz so hohes Engagement für Tierschutzthemen und Kuh-Kalb-Bindung, wie „Die starken Befürworter der mut-

tergebundenen Aufzucht“, wodurch sie das Potenzial der Vermarktung von Produkten aus Ammenkuhsystemen aufzeigen. Zusammengenommen machen diese beiden Gruppen 38% der Gesamtstichprobe aus und gelten als besonders attraktive Zielgruppen für Produkte aus Kuh-Kalb-Kontakt-Systemen.

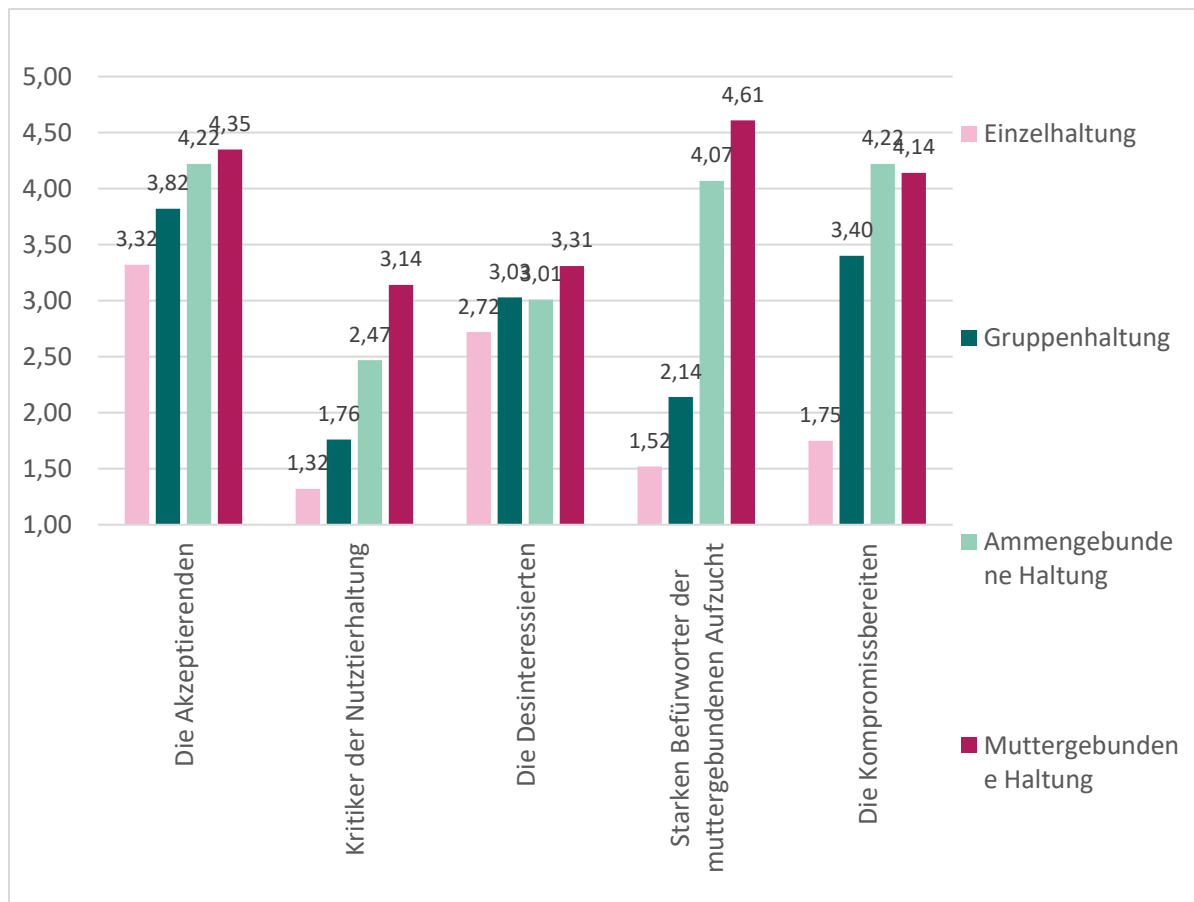


Abbildung 127: Konsument:innengruppen hinsichtlich der Akzeptanz verschiedener Kälberaufzuchtssysteme auf einer Likert-Skala von 1=sehr niedriger Akzeptanz bis 5=sehr hoher Akzeptanz (Indexwerte)

Neben den unterschiedlichen Verbraucherguppen wurde mittels Regressionsanalyse auch untersucht, welche Faktoren die gesellschaftliche Akzeptanz der Kälberaufzuchtssysteme insgesamt beeinflussen und wie stark diese wirken. Am deutlichsten zeigte sich der Einfluss der Ernährungsweise: Je stärker Personen einer pflanzlichen Ernährung folgten, desto kritischer bewerteten sie alle Systeme; dieser Zusammenhang war durchgehend und vergleichsweise stark ausgeprägt. Einen eher kleinen, aber konsistent positiven Effekt hatte die Wahrnehmung, ob Kälber im jeweiligen System glücklich erscheinen. Andere Emotionen hatten keinen signifikanten Effekt. Ebenso führten Einschätzungen, dass grundlegende Bedürfnisse wie Bewegungsfreiheit, gute Ernährung, Sicherheit und Komfort erfüllt werden, zu höherer Zustimmung. Besonders die Bewegungsfreiheit erwies sich dabei als der wichtigste Faktor unter den Bedürfnissen. Zuschreibungen zum emotionalen oder kognitiven Vermögen der Tiere hatten wenig oder gar keinen Einfluss auf die Akzeptanz der Kälberaufzuchtssysteme.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Bürger stärker die emotionale Bindung betonen, während Milchviehalter:innen praktische Aspekte wie Ernährung, Bewegungsfreiheit und Komfort priorisieren. Dies spiegelt sich in der Wahrnehmung der emotionalen Erfahrungen,

der Bedürfnisbefriedigung und der Akzeptanz der verschiedenen Aufzuchtssysteme wider, wobei Bürger die Muttergebundene Aufzucht bevorzugen und Milchviehalter:innen insbesondere die frühe Gruppenhaltung positiv bewerten.

9.1.4. Interpretation der Ergebnisse

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Qualitative Vorstudie: Interviews mit Bürger:innen und Landwirt:innen

Die qualitativen Interviews mit Bürger:innen und Landwirt:innen untersuchen zentrale Deutungsmuster zur Wahrnehmung von Emotionen und Bedürfnissen von Kühen und Kälbern und diente dazu, relevante Bewertungslogiken und Konfliktlinien zu identifizieren und als konzeptionelle Grundlage für die Entwicklung des standardisierten Fragebogens der quantitativen Erhebung zu nutzen. Die Interviews zeigen, dass beide Gruppen Kühen und Kälbern ein breites Emotionsvermögen zuschreiben, jedoch unterschiedliche Bewertungslogiken anwenden. Bürger:innen nehmen Kühe und Kälber als empfindungsfähige Wesen wahr, was eine veränderte Mensch-Tier-Beziehung widerspiegelt, die durch zunehmende Heimtierhaltung und eine stärkere emotionale Nähe zu Tieren geprägt ist (Broom, 2010; Fonseca & Sanchez-Sabate, 2022). Aus gesellschaftlicher Sicht ist somit Zugang zu positiven Erfahrungen mit Kuh-Kalb-Kontakt und Weidegang für die Tiere essentiell.

Landwirt:innen hingegen zeigen eine weniger einheitliche Wahrnehmung von Kuh und Kalb hinsichtlich des Emotionsvermögens: Die Kuh steht im Zwiespalt zwischen Empathie dem Tier gegenüber und produktionsökonomischen Zwängen und Nutzung. Die Haltungsumgebung wird als schwer veränderlich wahrgenommen, sodass sich daraus ein Fokus auf Management und eher leicht umsetzbare Veränderungen der Haltungsumwelt ergibt. Daraus entsteht eine ambivalente Haltung zum Kuh-Kalb-Kontakt.

Für die Ziele der Richtlinie ist insbesondere relevant, dass die Ergebnisse Ansatzpunkte für Dialog- und Beteiligungsformate liefern. Während Bürger:innen landwirtschaftliche Expertise grundsätzlich anerkennen, bewerten Landwirt:innen die Kompetenz von Konsument:innen häufig skeptisch. Diese Asymmetrie stellt ein zentrales Akzeptanzhemmnis in Transformationsprozessen dar und verdeutlicht weiteren Forschungsbedarf. Dabei zeigt die Studie, dass Bürger:innen intuitiv viele der tierischen Emotionen richtig erkennen, allerdings auch „blinde Flecken“ in der Anerkennung der Wichtigkeit von Tiergesundheit und Management für das Tierwohl zeigen. Damit wird deutlich, dass erfolgreiche Transformationsprozesse dialogische Formate erfordern, die intuitive Tierwahrnehmungen der Bevölkerung mit evidenzbasiertem Wissen zu Tiergesundheit und Management zusammenführen. Zudem müsste Landwirt:innen die Anpassung der Haltungsumwelt sowie der Umstieg auf gesellschaftlich gewünschte Kälberaufzuchtssysteme mit längerem Kuh-Kalb-Kontakt erleichtert und wirtschaftlich attraktiver gestaltet werden.

Quantitative Online-Befragung unter Bürger:innen und Landwirt:innen

Das Querschnittsthema zielt darauf ab, gesellschaftliche Perspektiven auf innovative Haltings- und Managementmaßnahmen in der Rinderhaltung systematisch zu erfassen, insbesondere im Hinblick auf wahrgenommene Emotionen und Bedürfnisse der Tiere sowie die Akzeptanz früher Kälberaufzuchtssysteme. Die vorliegenden Ergebnisse leisten hierzu einen direkten Beitrag, indem sie Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Bürger:innen und Milchviehalter:innen in der Zuschreibung emotionaler und kognitiver Kapazitäten von Kühen

quantifizieren. Beide Gruppen schreiben Kühen ein breites Emotions- und Wahrnehmungsvermögen zu, wobei Milchviehhalter:innen diese Zuschreibungen stärker ausprägen – vermutlich aufgrund der alltäglichen Nähe zu den Tieren und der praktischen Relevanz emotionaler Signale für das Herdenmanagement. Bei Bürger:innen dürfte diese Wahrnehmung auf das bereits in der qualitativen Studie beobachtete veränderte Mensch-Tier-Verhältnis zurückzuführen sein (Broom, 2010; Fonseca & Sanchez-Sabate, 2022).

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, welche Merkmale früher Kälberaufzuchtssysteme die gesellschaftliche Akzeptanz maßgeblich bestimmen. Entscheidend ist weniger die bloße Zuschreibung emotionaler Fähigkeiten, sondern vielmehr die wahrnehmbare Erfüllung zentraler Bedürfnisse, insbesondere gute Ernährung, Bewegungsfreiheit, Komfort der Haltungsumgebung sowie Möglichkeiten zum Spielen und Erkunden. Gleichzeitig zeigt sich eine starke moralisch-intuitive Orientierung an der Kuh-Kalb-Bindung, die die gesellschaftliche Bewertung der Systeme wesentlich beeinflusst. Diese ist teilweise auf begrenztes Wissen über Aufzuchtssysteme zurückzuführen, wodurch heuristische Bewertungsstrategien – etwa über die Mutter-Kalb-Beziehung – herangezogen werden (Haidt, 2001; Sunstein, 2005; Cardoso et al., 2016; Hötzel et al., 2017; Placzek et al., 2021).

Deliberative Formate wie der durchgeführte Online-Bürgerrat bieten hier Ansatzpunkte, um differenziertere Urteilsbildungsprozesse zu fördern (Woodward & Allman, 2007). Zugleich spiegelt die hohe Relevanz der Kuh-Kalb-Bindung grundlegende Wertevorstellungen der Bürger:innen wider, die für zukünftige Transformationsprozesse in der Tierhaltung berücksichtigt werden sollten. Auf Seiten der Milchviehhalter:innen erweist sich insbesondere eine gute Ernährung der Kälber als zentraler Akzeptanzfaktor. Dieser Aspekt sollte sowohl in der Weiterentwicklung als auch in der Kommunikation zukünftiger Systeme adressiert werden, etwa im Hinblick auf Futterkonkurrenz in Paar- und Gruppenhaltungssystemen.

Insgesamt identifizieren die Ergebnisse zentrale Ansatzpunkte für eine innovationsorientierte Systementwicklung und -kommunikation, die gesellschaftliche Erwartungen mit betrieblichen Realitäten verbindet. Zugleich wird der Bedarf an kompromissfähigen Lösungen deutlich, die beiden Perspektiven Rechnung tragen. Besonders die frühe Gruppenhaltung erweist sich hierbei als vielversprechende Brücke zwischen landwirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen. Sie erzielt unter Milchviehhalter:innen die höchste Akzeptanz und wird auch von Bürger:innen moderat positiv bewertet. Die Offenheit der Praxis lässt sich unter anderem durch ökonomische Vorteile wie höhere tägliche Zunahmen und eine gesteigerte Futteraufnahme erklären (Donadio et al., 2025; Ahmadi et al., 2022), ebenso wie durch die bessere Berücksichtigung emotionaler und sozialer Bedürfnisse der Kälber im Vergleich zur Einzelhaltung. Eine weitere Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz kann insbesondere durch eine gezielte Kommunikation der Vorteile hinsichtlich Bewegungsfreiheit und Komfort gegenüber der Einzelhaltung erreicht werden. Die frühe Paarhaltung kann dabei als niedrighschwelliger Einstieg in gruppenbasierte Aufzuchtssysteme dienen.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Qualitative Vorstudie: Interviews mit Bürger:innen und Landwirt:innen

Die qualitativen Ergebnisse zeigen, dass insbesondere der Kuh-Kalb-Kontakt aus landwirtschaftlicher Sicht ambivalent bewertet wird und teilweise durch eine stärkere Betonung der Mensch-Kalb-Bindung ersetzt wird. Diese Deutungsmuster sind vor dem Hintergrund betrieblicher Zwänge und als Bewältigungsstrategien verständlich, verdeutlichen jedoch den Bedarf an Sensibilisierung, um die Bedeutung der Mutter-Kalb-Beziehung differenziert und fachlich

reflektiert einordnen zu können. Eine solche Reflexion ist Voraussetzung dafür, kuhgebundene Aufzuchtssysteme jenseits normativer Zuschreibungen sachlich zu bewerten und weiterzuentwickeln.

Gleichzeitig wird deutlich, dass gesellschaftliche und landwirtschaftliche Perspektiven komplementäre Tierwohlaspekte adressieren: Während Bürger:innen insbesondere natürliches Verhalten, soziale Bindungen, Emotionen und die Haltungsumgebung in den Fokus rücken, priorisieren Landwirt:innen Tiergesundheit, Schmerzvermeidung und Managementaspekte. Diese unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen eröffnen Potenziale für Tierwohlverbesserungen, da sie gemeinsam zentrale Dimensionen des Tierwohls abdecken. Daraus folgt, dass kompromissorientierte Lösungen – insbesondere bei Systemen mit frühem Sozialkontakt – eine realistische und fachlich fundierte Möglichkeit darstellen, Tierwohl ganzheitlich zu verbessern.

Quantitative Online-Befragung unter Bürger:innen und Landwirt:innen

Sowohl Bürger:innen als auch Milchviehhalter:innen verbinden die Einzelhaltung von Kälbern mit einem negativen emotionalen Erleben der Kälber. Entsprechend wird dieses Aufzuchtssystem gesellschaftlich deutlich abgelehnt und stellt auch unter den befragten Milchviehhalter:innen kein präferiertes System dar. Die Ergebnisse unterstreichen damit die hohe Relevanz von Haltungsformen, die bereits in den ersten Lebenswochen Sozialkontakt ermöglichen, insbesondere der frühen Gruppen- und Paarhaltung.

Darüber hinaus erkennen beide Gruppen die emotionalen Vorteile kuhgebundener Aufzuchtssysteme. Die ammengebundene Aufzucht weist eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz auf, während sich auf landwirtschaftlicher Seite eine moderate Zustimmung auf rationaler und affektiver Ebene zeigt, die jedoch nicht in eine entsprechende Umsetzungsbereitschaft übergeht. Dies verweist auf bekannte ökonomische und betriebliche Umsetzungsbarrieren, die sich auch in der ausgeprägten Ablehnung der muttergebundenen Aufzucht widerspiegeln.

Vor diesem Hintergrund besitzen kuhgebundene Systeme insbesondere als Nischenlösungen im Premiumsegment Entwicklungspotenzial. Unter einem klaren und einheitlichen Label können sie gezielt zahlungsbereite Zielgruppen adressieren und so – trotz begrenzter Skalierbarkeit – einen Beitrag zur Verbesserung des Tierwohls in spezialisierten Marktsegmenten leisten.

c) Sonstige Erkenntnisse

Quantitative Online-Befragung unter Bürger:innen und Landwirt:innen

Die Befunde deuten auf eine ausgeprägt „pragmatische Moral“ in der Bevölkerung hin. Akzeptanz entsteht weniger durch eine starke Emotionalisierung oder tiefgehende Einfühlung in das Erleben der Kälber, sondern primär durch die Einschätzung, ob zentrale Bedürfnisse sichtbar und nachvollziehbar erfüllt werden. Dies ist insbesondere für die Kommunikation relevant, da eine stark emotionalisierte Ansprache bei Teilen der Bevölkerung innere Konflikte mit dem eigenen Konsumverhalten auslösen und Abwehrreaktionen verstärken kann (Meat Paradox; Bastian et al., 2012).

Die ablehnende Haltung gegenüber der muttergebundenen Aufzucht in der Landwirtschaft lässt sich konsistent mit dem Konzept des „productive paradox“ bzw. mit Mechanismen kognitiver Dissonanz erklären (Festinger, 1965; Wilkie, 2005). Wird ein System, das gesellschaftlich als wünschenswert gilt und zugleich aus fachlicher Sicht Vorteile für das emotionale Wohlbefinden der Kälber bietet, als schwer umsetzbar wahrgenommen, steigt der Legitimationsdruck für bestehende Praktiken. Dies kann unter anderem zu einer Abwertung der Bedeutung der

Kuh-Kalb-Bindung führen. Eine gezielte Sensibilisierung für diese Zusammenhänge kann – neben weiteren strukturellen und ökonomischen Faktoren – dazu beitragen, die Implementierung tierwohlorientierterer Systeme zu unterstützen.

Auffällig ist zudem der starke Einfluss der Ernährungsweise auf die Systembewertung: Vegetarisch und vegan lebende Personen beurteilen auch tierwohlorientiertere Aufzuchtssysteme signifikant kritischer. Dies verweist auf tieferliegende normative Überzeugungen und eine grundsätzliche Infragestellung der Nutztierhaltung einzelner Bevölkerungsgruppen hin (Hankins et al., 2024; Ang et al., 2019; Rosenfeld, 2019). Für Transformationsprozesse ergibt sich daraus die Notwendigkeit differenzierter Strategien.

9.1.5. Zielkonflikte und Innovationen im Mastrinderbereich - Durchführung

In dieser Studie wurden verschiedene Innovationen wie bspw. Buchtenstrukturen und Bodenbeläge sowie Ochsenmast auf der Weide zur Verbesserung der Haltung von Mastrindern, im Hinblick auf ihre Bewertung aus Sicht von Bürger:innen untersucht. Es wurde untersucht, welche Tierschutzziele (z.B. Weidezugang vs. keine Eingriffe) in der Bewertung prioritär sind, sowie welche Assoziationen mit Fleischqualität und Zahlungsbereitschaften für verschiedene Mastsysteme zu finden sind. Es wurde sich entschieden, nicht die Tiergerechtigkeit aus Konsument:innenperspektive abzufragen, da aus der Literatur ersichtlich ist, dass sich Konsument:innen meist Weidezugang und Auslauf als Heuristik zunutze machen und die Ergebnisse wenig Erkenntnisgewinn brächten (Busch & Spiller 2018). Vielmehr wurde sich darauf konzentriert, Kompromissmöglichkeiten zur Weidehaltung in Erfahrung zu bringen und zu schauen, welche Argumente überzeugend wirken.

Studiendesign und Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen einer quantitativen Online-Befragung von 965 Bürger:innen in Deutschland. Der Erhebungszeitraum lag zwischen März und Mai 2024. Die Stichprobe wurde über einen professionellen Online-Panelanbieter rekrutiert und anhand gängiger Quoten, unter anderem Alter, Geschlecht und Region, zusammengestellt. Dadurch ist die Stichprobe annähernd repräsentativ für die deutsche Wohnbevölkerung.

Fragebogen und Erhebungsinhalte

Der standardisierte Fragebogen umfasste mehrere thematische Blöcke. Zu Beginn wurden soziodemographische Angaben sowie Informationen zum Ernährungsverhalten erhoben. Anschließend folgten Fragen zur Wichtigkeit von Aspekten beim Kauf von Rindfleisch sowie bei der Haltung von Mastrindern. Weitere Frageblöcke erfassten die Einstellung zu Eingriffen am Tier sowie den wahrgenommenen Einfluss verschiedener Haltungs- und Managementfaktoren auf die Fleischqualität.

Der zentrale Teil der Befragung befasste sich mit der gesellschaftlichen Bewertung unterschiedlicher Haltungssysteme in der Rindermast. Hier wurden für jedes System die allgemeine Akzeptanz, eine selbstangegebene, ungestützte Zahlungsbereitschaft sowie die Eignung als Kompromisslösung im Vergleich zur Weidehaltung abgefragt. Ergänzend wurde erhoben, inwieweit bestimmte Argumente, etwa Fleischqualität, Tiergesundheit oder Einkommen der Landwirt:innen, die Akzeptanz der jeweiligen Systeme erhöhen. Um Beeinflussung zu vermeiden, wurden keine Vor- oder Nachteile der Systeme vorgegeben, sondern ausschließlich von den Befragten eingeschätzt. Ergänzend wurden szenariobasierte Fragen zu Zielkonflikten erhoben. Diese betrafen zum einen die Weidehaltung von Mastbullen, etwa den Konflikt zwischen Weidezugang und Arbeitssicherheit beziehungsweise Kastration, und zum anderen die Vollspaltenhaltung ohne Weideoption. Die Befragten sollten angeben, welche Handlungsoption sie in den jeweiligen Situationen bevorzugen. Insgesamt wurden sechs Haltungssysteme untersucht. Jedes System wurde den Befragten

mittels standardisierter Kurzbeschreibung und eines Fotos dargestellt. Die Haltungssysteme wurden wie folgt beschrieben:

- Haltungsform 1: Vollspaltenstall
Ganzjährige Stallhaltung auf Betonvollspaltenboden; Kot und Urin fallen durch die Spalten in eine Güllegrube; geschlossener Stall mit Fenstern.
- Haltungsform 2: Vollspaltenstall mit Gummimatten
Ganzjährige Stallhaltung auf Betonvollspaltenboden; auf etwa der Hälfte der Fläche sind Gummimatten als weichere Liegebereiche verlegt; geschlossener Stall mit Fenstern.
- Haltungsform 3: Vollspaltenstall mit Offenfront
Ganzjährige Stallhaltung auf Betonvollspaltenboden; mindestens eine Stallseite ist teilweise nach außen geöffnet.
- Haltungsform 4: Offenfrontstall mit Stroheinstreu
Stallhaltung auf Stroheinstreu; der Stall ist an mindestens einer Seite vollständig nach außen geöffnet.
- Haltungsform 5: Offenfrontstall mit Stroheinstreu und Auslauf
Stallhaltung auf Stroheinstreu mit ganzjährigem Zugang zu einem außerhalb des Stalles gelegenen Laufhof (Auslauf).
- Haltungsform 6: Offenfrontstall mit Stroheinstreu und Weide im Sommer
Weidehaltung in den Sommermonaten; in den Wintermonaten Stallhaltung auf Stroheinstreu ohne Zugang zu einem Auslauf.

Die Haltungssysteme wurden den Befragten in randomisierter Reihenfolge präsentiert. Jede befragte Person bewertete fünf der sechs Haltungssysteme. Dabei sah jede Person stets die Haltungsform Vollspaltenstall, die Haltungsformen mit Stroheinstreu und Auslauf beziehungsweise Weide sowie zusätzlich entweder den Vollspaltenstall mit Gummimatten oder den Vollspaltenstall mit Offenfront. Dieses Design diente der Reduktion von Befragungslast und möglichen Ermüdungseffekten.

9.1.6. Ergebnisse und Erkenntnisse

Prioritäre Aspekte aus Konsumentensicht und Einstellungen und Wahrnehmungen von Eingriffen am Tier und Fleischqualität

Beim Kauf von Rindfleisch spielen sowohl ökonomische als auch ethische Kriterien eine Rolle. Als wichtigste Aspekte beim Kauf von Rindfleisch wurden der Preis bzw. Sonderangebote (61,3 %), gefolgt von Farbe und Aussehen (58,1 %) sowie der artgerechten Haltung (56,5 %) genannt. Die Herkunft des Fleisches ist für 51,4 % relevant, Fettanteil und Marmorierung für 33,6%.

Bei der Bewertung von Mastrinderhaltungssystemen stehen hingegen andere Aspekte im Vordergrund. Als besonders wichtig werden eine gute Fleischqualität (89,7 %) und ein geringes Risiko für die Übertragung von Krankheiten zwischen Tier und Mensch (86,0 %) genannt. Ebenfalls hohe Bedeutung haben wenig oder keine Eingriffe am Tier (69,1 %) sowie ein angemessenes Einkommen für Landwirt:innen (66,7 %).

Während nur 24,0 % Eingriffe am Tier grundsätzlich akzeptabel finden, steigt die Zustimmung deutlich auf 59,0 %, wenn die Eingriffe unter Betäubung durchgeführt werden. Dies verdeutlicht eine kontextabhängige und abwägende Bewertung von Eingriffen.

Viel Bewegung wird von 92,0 % der Befragten mit einer höheren Fleischqualität assoziiert. Auch Gras- und Heufütterung werden überwiegend positiv bewertet (86,4 %). Die Einschätzung der Getreidefütterung ist ambivalenter (56,4 % höhere Qualität). Kastration wird häufig als qualitätsneutral (34,9 %) oder unklar (29,6 %) wahrgenommen.

Gesellschaftliche Akzeptanz verschiedener Mastrindersysteme

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der gesellschaftlichen Akzeptanz verschiedener Haltungssysteme in der Rindermast. Vollspaltensysteme werden aus Sicht der Befragten überwiegend abgelehnt. Die allgemeine Akzeptanz liegt für Vollspaltenböden aus Beton lediglich bei 8,9 %, für gummierte Vollspalten bei 13,2 %. Entsprechend gering ist auch die Zahlungsbereitschaft: Nur 5,8 % (Beton) bzw. 4,7 % (gummiert) der Befragten geben an, bereit zu sein, für Rindfleisch aus diesen Systemen mehr zu bezahlen. Strukturelle Anpassungen innerhalb bestehender Vollspaltensysteme, wie die Integration einer Offenfront, gehen mit einer moderaten Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz (17,8 %) und Zahlungsbereitschaft (8,7 %) einher. Demgegenüber erfahren strohbasierte Systeme eine deutlich höhere gesellschaftliche Zustimmung. Ein System mit Stroh und Offenfront wird von 59,9 % der Befragten als akzeptabel bewertet; 36,0 % zeigen hierfür eine erhöhte Zahlungsbereitschaft. Besonders hohe Akzeptanzwerte erzielen Systeme, die zusätzlich Auslauf bzw. Weidegang ermöglichen. Die Außenbucht mit Stroh und Auslauf erreicht eine allgemeine Akzeptanz von 75,3 % sowie eine Zahlungsbereitschaft von 47,7 %. Am höchsten wird das System Weidehaltung im Sommer kombiniert mit Strohhaltung im Winter (mit Offenfront) bewertet. Hier liegt die allgemeine Akzeptanz bei 85,6 %, die Zahlungsbereitschaft bei 59,6 %. Damit bestätigt sich die Weidemast als gesellschaftlich bevorzugtes Haltungssystem.

Kompromissfähigkeit verschiedener Haltungssysteme

Neben der allgemeinen Akzeptanz wurde erhoben, inwieweit die verschiedenen Systeme als gute Alternative zur Weidehaltung wahrgenommen werden. Vollspaltensysteme werden nur selten als tragfähiger Kompromiss angesehen (Beton: 15,3 %, gummiert: 15,0 %). Die Zustimmung steigt bei Vollspalten mit Offenfront auf 27,1 %, bleibt jedoch weiterhin deutlich hinter strohbasierten Systemen zurück. Ein System mit Stroh und Offenfront wird von 57,0 % der Befragten als gute Kompromisslösung bewertet. Die höchste Zustimmung erhält die Außenbucht mit Stroh und Auslauf, die von 70,0 % der Konsument:innen als geeigneter gesellschaftlicher Kompromiss eingeschätzt wird.

Argumentative Bewertung der Systeme anhand potenzieller Vorteile

Der entsprechende Frageblock wurde vor dem Hintergrund eingeführt, dass Weidehaltung gesellschaftlich häufig als besonders tiergerecht angesehen wird, wissenschaftliche Befunde jedoch auch potenzielle Zielkonflikte und Nachteile einzelner Haltungsformen nahelegen. Vor diesem Hintergrund wurde erhoben, inwieweit die Zuschreibung konkreter Vorteile die Akzeptanz der zuvor vorgestellten Haltungssysteme erhöht (Prozentwerte von „erhöht Akzeptanz stark“ + „erhöht Akzeptanz etwas“). Betrachtet wurden die Systeme Vollspalten, gummierte Vollspalten, Vollspalten mit Offenfront, Stroh mit Offenfront sowie Stroh mit Auslauf.

Für Vollspalten (Beton) zeigen sich insgesamt nur begrenzte akzeptanzsteigernde Effekte. Je nach Argument geben zwischen 26,3 % und 31,7 % der Befragten an, dass ihre Akzeptanz stark oder etwas steigen würde. Die vergleichsweise höchsten Effekte entfallen auf die Argumente „Rindfleisch günstiger“ (31,7 %), „weniger oder keine Eingriffe nötig“ (31,1 %) sowie „steigende Fleischqualität“ (30,5 %).

Für gummierte Vollspalten liegen die akzeptanzsteigernden Effekte auf einem ähnlichen, teils niedrigeren Niveau (22,9–28,8 %). Am stärksten wirken hier die Argumente „weniger Arbeitsunfälle“ (28,8 %), „Rindfleisch günstiger“ (27,7 %) und „weniger oder keine Eingriffe nötig“ (27,8 %).

Bei Vollspalten mit Offenfront fallen die Effekte deutlicher aus (28,9–45,2 %). Die stärksten akzeptanzsteigernden Argumente sind eine angenommene steigende Fleischqualität (45,2 %), weniger Arbeitsunfälle (40,2 %), weniger oder keine Eingriffe am Tier (39,2 %) sowie ein besseres Einkommen für Landwirt:innen (37,4 %).

Für Stroh mit Offenfront zeigen sich insgesamt hohe akzeptanzsteigernde Wirkungen (46,2–61,8 %). Besonders stark wirken hier die Argumente steigende Fleischqualität (61,8 %), weniger oder keine Eingriffe am Tier (58,5 %), ein besseres Einkommen für Landwirt:innen (57,5 %) sowie ein geringeres Risiko für die Übertragung von Krankheiten zwischen Tier und Mensch (55,2 %).

Die höchsten Werte ergeben sich für Stroh mit Auslauf (49,2–72,0 %). Hier erhöhen vor allem eine angenommene steigende Fleischqualität (72,0 %), ein geringeres Risiko für die Übertragung von Krankheiten zwischen Tier und Mensch (70,4 %) sowie ein besseres Einkommen für Landwirt:innen (67,9 %) die Akzeptanz; ebenfalls stark wirkt das Argument weniger oder keine Eingriffe am Tier (64,7 %).

In der Gesamtschau zeigt sich damit ein konsistentes Muster: Argumente zur Fleischqualität, zu Gesundheitsaspekten sowie zur Einkommenssituation der Betriebe entfalten die größte akzeptanzsteigernde Wirkung. Gleichzeitig wird sichtbar, dass selbst bei positiven Zuschreibungen die Akzeptanzsteigerungen bei Vollspaltensystemen deutlich geringer ausfallen als bei stroh- und auslaufbasierten Lösungen.

Lösungsmöglichkeiten: Weidehaltung männlicher Rinder

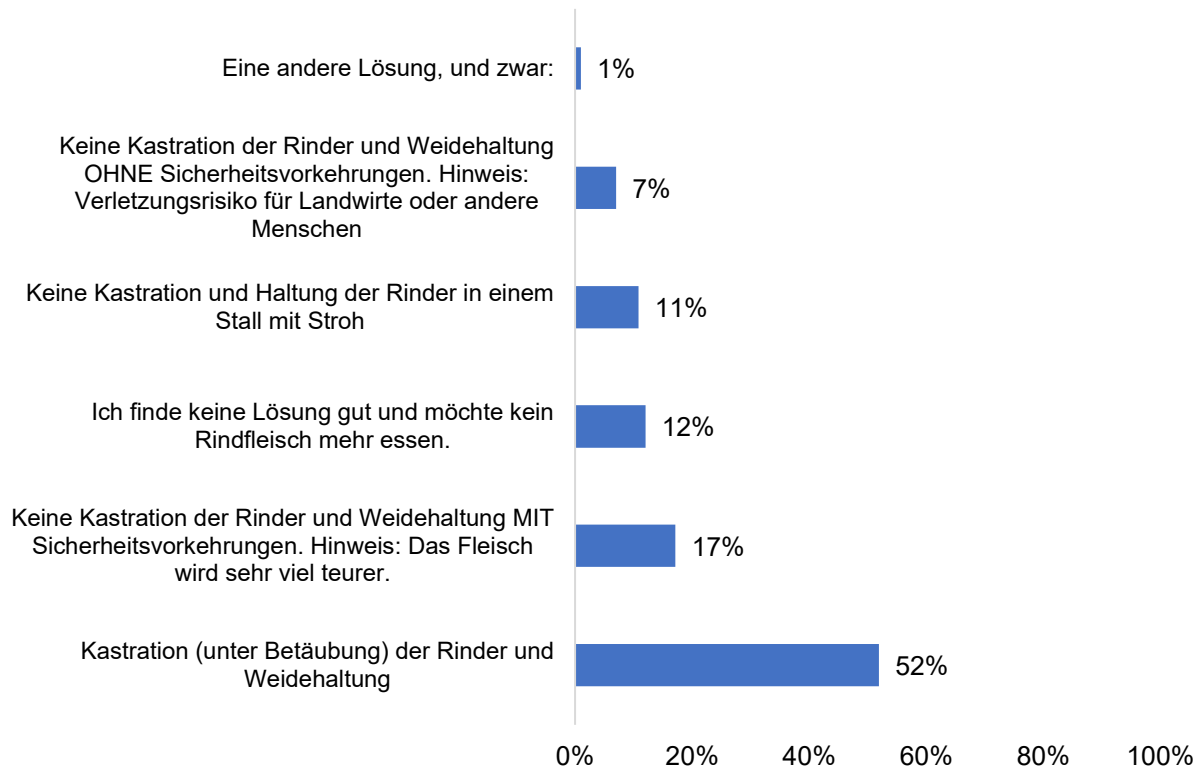


Abbildung 128: Frage: „Verschiedene Haltungssysteme haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. Zum Beispiel gibt es folgende Situation: Für die Weidehaltung müssen die Rinder kastriert werden, da es sonst sehr gefährlich für die Landwirte und auch andere Menschen sein für die Landwirte und auch andere Menschen sein kann, mit ihnen umzugehen. Die folgenden Lösungen gibt es, welche würden Sie dem Landwirt empfehlen?“ Einfachauswahl; Zustimmung in %; n=965

Lösungsmöglichkeiten: Keine arrondierten Weideflächen bei Stallhaltung auf Vollspalten

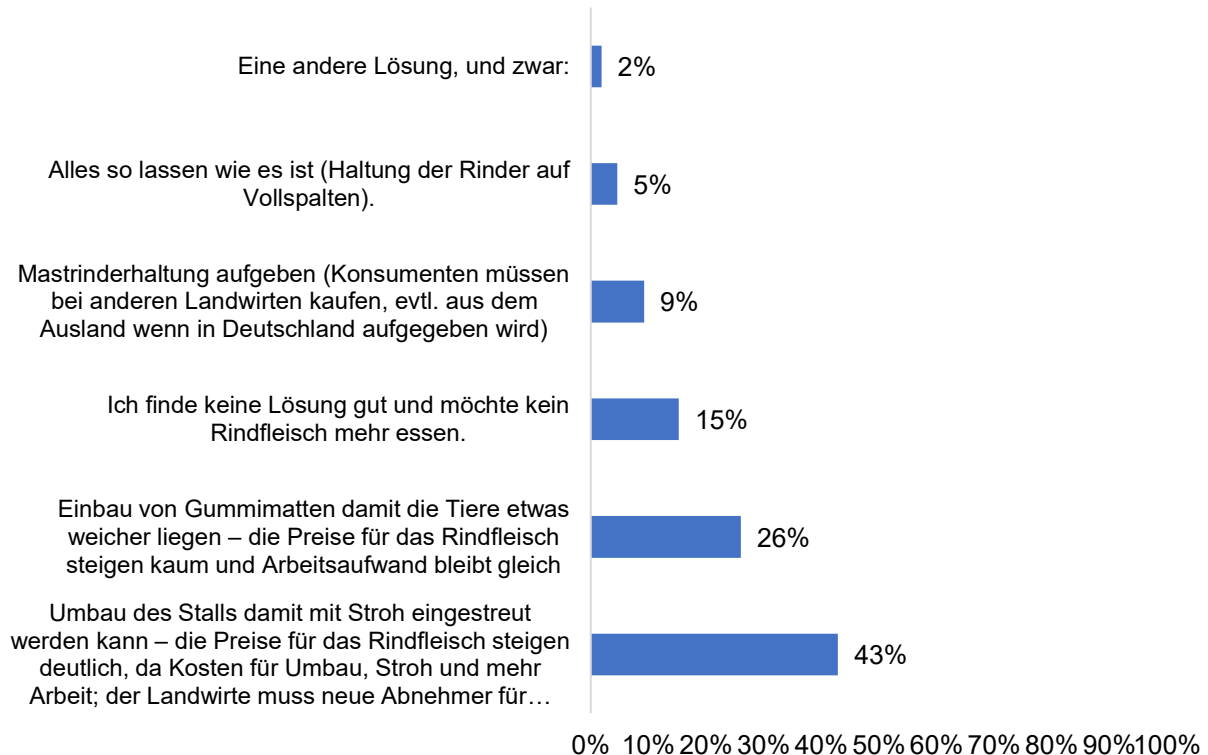


Abbildung 129 Frage: „Verschiedene Haltungssysteme haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. Zum Beispiel gibt es folgende Situation: Ein Landwirt hält seine Rinder aktuell auf Vollspalten auf Beton, Weideflächen sind in Hofnähe nicht vorhanden. Die folgenden Lösungen gibt es, welche würden Sie dem Landwirt empfehlen?“ Einfachauswahl; Zustimmung in %; n=965.

Ein zentrales Ziel dieser Befragung war die Untersuchung gesellschaftlicher Reaktionen auf Zielkonflikte in der Rindermast, insbesondere bei der Weidehaltung von Mastbullen.

Im Szenario einer Weidehaltung mit erhöhtem Sicherheitsrisiko ohne Kastration sprechen sich 52,0 % der Befragten für eine Kastration unter Betäubung bei gleichzeitiger Weidehaltung aus (Abbildung 128). Alternative Lösungen – wie Weidehaltung ohne Kastration mit erhöhten Sicherheitsmaßnahmen und deutlich höheren Fleischpreisen – finden deutlich weniger Zustimmung (17,2 %). 12,0 % lehnen alle Optionen ab und würden in diesem Fall kein Rindfleisch mehr konsumieren.

Im Szenario der Vollspaltenhaltung ohne Weideoption ist die gesellschaftlich bevorzugte Lösung der Umbau auf Strohsysteme, selbst wenn dies höhere Preise und neue Vermarktungswege erfordert (42,9 %). Technische Anpassungen wie Gummimatten werden von 26,0 % befürwortet, während lediglich 4,6 % dafür plädieren, alles unverändert zu lassen.

9.1.7. Interpretation der Ergebnisse

a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Die Befragung erfüllt das Ziel, die gesellschaftliche Perspektive auf Innovationsoptionen in der Mastrinderhaltung so messbar zu machen, dass sie in Transformationsentscheidungen einfließen kann: Stroh- und Auslauf- sowie Weidehaltungssysteme werden klar stärker akzeptiert als (gummierte) Vollspalten, und die selbst angegebene Zahlungsbereitschaft steigt entsprechend. Das passt zu der breiten Evidenz, dass höhere Tierwohlstandards im Mittel mit einer erhöhten Zahlungsbereitschaft verbunden sind und somit ein relevantes Markt- und Legitimationssignal darstellen (Clark et al. 2017, Stampa et al. 2020).

Zugleich wird sichtbar, dass Maßnahmen, die in der Praxis bereits substanzielle Investitionen bedeuten können (z.B. Offenfront oder gummierte Spalten), für Bürger:innen oft nur bedingt akzeptanzsteigernd wirkt. So erhöht eine alleinige Gummierung von Vollspalten die gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber Betonvollspalten nur geringfügig, selbst wenn dadurch unterschiedliche Funktionsbereiche im Stall (z. B. Liegen und Fressen) besser getrennt werden können. Dies spiegelt sich auch im Zielkonfliktszenario wider: Dort präferiert eine größere Gruppe den Umbau auf Strohsysteme (42,9 %) gegenüber einer Gummimattenlösung (26,0 %). Gleichzeitig deutet die Zustimmung von rund einem Viertel zur Gummimattenoption unter einem konkret beschriebenen Entscheidungsszenario darauf hin, dass die Einbettung in realistische Handlungsalternativen die Akzeptanz beeinflussen kann.

Für den Weidekontext zeigen die Zielkonfliktfragen einen klar nutzbaren Befund: Eine Mehrheit bevorzugt den Kompromiss „Weide + Kastration unter Betäubung“. Das weist auf realistische Handlungsspielräume für umsetzbare Transformationspfade hin zu einer Ochsenmast auf der Weide. Allerdings muss an dieser Stelle auch betont werden, dass die positiven Einstellungen und angegebenen Zahlungsbereitschaften der Bürger:innen nicht direkt in eine reale Zahlungsbereitschaft übersetzt werden können, da bei einer realen Kaufentscheidung der Preis sowie andere Aspekte deutlich an Relevanz gewinnen. Trotz dieser Einschränkung geben die Ergebnisse wichtige Einblicke in die Wahrnehmung und Bewertung der Rinderhaltung aus Sicht der Bürger:innen und damit auch Erkenntnisse für eine gesellschaftlich akzeptierte Nutztierhaltung.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Aus gesellschaftlicher Sicht ist die Akzeptanz vor allem an Stroh, Auslauf oder Weide geknüpft. Aus der Literatur ist bekannt, dass dies mit einer als „natürlich“ empfundenen Haltungsumwelt und mehr Tierwohl verbunden wird (Stampa et al., 2020; Kühl et al., 2019). Dies kann die geringe Akzeptanzwirkung einer Gummierung der Vollspalten erklären: Solche Maßnahmen können Verbesserungen für das Tierwohl durch mehr Liegekomfort und verbesserter Gliedmaßengesundheit erzielen (Brscic et al., 2015), gelten aber aus gesellschaftlicher Sicht oft nicht als echter Systemwechsel, solange zentrale Forderungen nach Stroheinstreu oder Auslauf nicht erfüllt werden.

Bei der Kastration zeigen die Daten eine klare gesellschaftliche Erwartung: Eingriffe werden deutlich eher akzeptiert, wenn sie unter Betäubung erfolgen. Für Transformationspfade be-

deutet das, dass schmerzarme Verfahren nicht nur umgesetzt, sondern auch klar kommuniziert und gekennzeichnet werden sollten, um falsche Assoziationen mit betäubungslosen Eingriffen zu vermeiden, die gesellschaftlich stark abgelehnt werden (Teixeira et al., 2018).

c) Sonstige Erkenntnisse

Erstens zeigen die Ergebnisse, dass Vorstellungen von Tierwohl stark mit einfachen Qualitätsannahmen verknüpft sind und sich „Naturals-is-better“-Heuristiken abzeichnen: Viel Bewegung sowie Gras- oder Heufütterung, die bei Konsument:innen mit Natürlichkeit verknüpft sind, werden häufig automatisch mit besserer Fleischqualität verbunden (Henchion et al., 2017; Romàn et al., 2017, Stampa et al., 2020). Diese Annahmen sind nicht durchgängig falsch, ignorieren aber die Wirkung von Kastration und Getreidefütterung auf Marmorierung und Zartheit (Duckett et al., 2024; Nogalski et al., 2018). Insbesondere für Stallsysteme mit Getreidefütterung ergibt sich daraus Kommunikationspotenzial, die Wirkung von Getreidefütterung auf Marmorierung zu erklären und so die Akzeptanz zu erhöhen.

Zweitens bietet der Mehrheitskompromiss „Weidehaltung plus Kastration unter Betäubung“ zusätzliche Chancen, weil er zentrale gesellschaftliche Wünsche, wie Weidegang, mit einer gesellschaftlich akzeptierten Managementlösung verbindet. Gleichzeitig zeigen fleischwissenschaftliche Befunde, dass Kastration im Durchschnitt mit mehr intramuskulärem Fett und häufig besseren sensorischen Eigenschaften einhergeht (Nogalski et al., 2018; Silva et al., 2019). Der Kompromisspfad lässt sich damit auch über für die Befragten wichtige Qualitätsmerkmale wie Farbe und Aussehen besser begründen.

Drittens legen die Ergebnisse nahe, dass Wissenslücken und vereinfachte Qualitätsvorstellungen auch bei moderat akzeptierten Systemen eine Rolle spielen: Bei Vollspalten mit Offenfront sowie bei strohbasierten Systemen erhöhen Argumente zu Fleischqualität, Gesundheit von Tier und Mensch sowie Betriebseinkommen die Akzeptanz. Für den Wissenstransfer bedeutet das, dass verlässliche Informationen zu tatsächlichen Qualitäts- und Gesundheitswirkungen und zur praktischen Umsetzbarkeit gezielt aufbereitet und vermittelt werden sollten. Gleichzeitig kann festgehalten werden, dass Pro-Argumente auch in dieser Studie stark abgelehnten Systemen, wie Vollspalten ohne Auslauf, nicht zu mehr Akzeptanz verhelfen.

9.1.8. Online Bürgerrat zu Kälberaufzuchtssystemen - Durchführung

Die Haltung von Nutztieren wird zunehmend gesellschaftlich diskutiert und kritisiert insbesondere in Hinblick auf das Tierwohl auch kritisiert (Ventura et al., 2013; Robbins et al., 2016). Ein Problem besteht unter anderem darin, dass viele Bürger:innen zu einem bestimmten Thema keine gut durchdachten oder informierten Meinungen haben. In Studien werden häufig Wissensdefizite und fehlenden Berührungspunkte der Bevölkerung mit der Nutztierhaltung deutlich (Harms et al. 2024). Die Berücksichtigung der öffentlichen Meinung ist jedoch insbesondere vor dem Hintergrund der „social license to operate“ von großer Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Nutztierhaltung (Ritter et al. 2022). Kampagnen in Bereichen der Nutztierhaltung zeigen meist jedoch nur geringen Einfluss auf die Akzeptanz (Boogaard et al., 2011). Daher sind neue deliberative Ansätze wie Bürgerbeteiligungsverfahren eine vielversprechende Möglichkeit in diesem Themenfeld. Vorteile dabei sind die intensive Auseinandersetzung mit einem Thema, die Kommunikation unter den Teilnehmenden sowie die Möglichkeit selbst an einem Entscheidungsprozess beteiligt zu sein (Fishkin 2011). Ziel des Online-Brüggerrates war es deshalb die informierte Meinungsbildung am Beispiel der Akzeptanz von Kälberhaltungssystemen zu erproben.

Um relevante Themen, Inhalte und Erwartungen für den Online-Bürgerrat zu identifizieren, wurden zunächst zwei Fokusgruppendifkussionen sowie eine quantitative Online-Befragung als Vorstudien durchgeführt. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben.

Abbildung 130 zeigt den Aufbau und Ablauf des Bürgerrates:

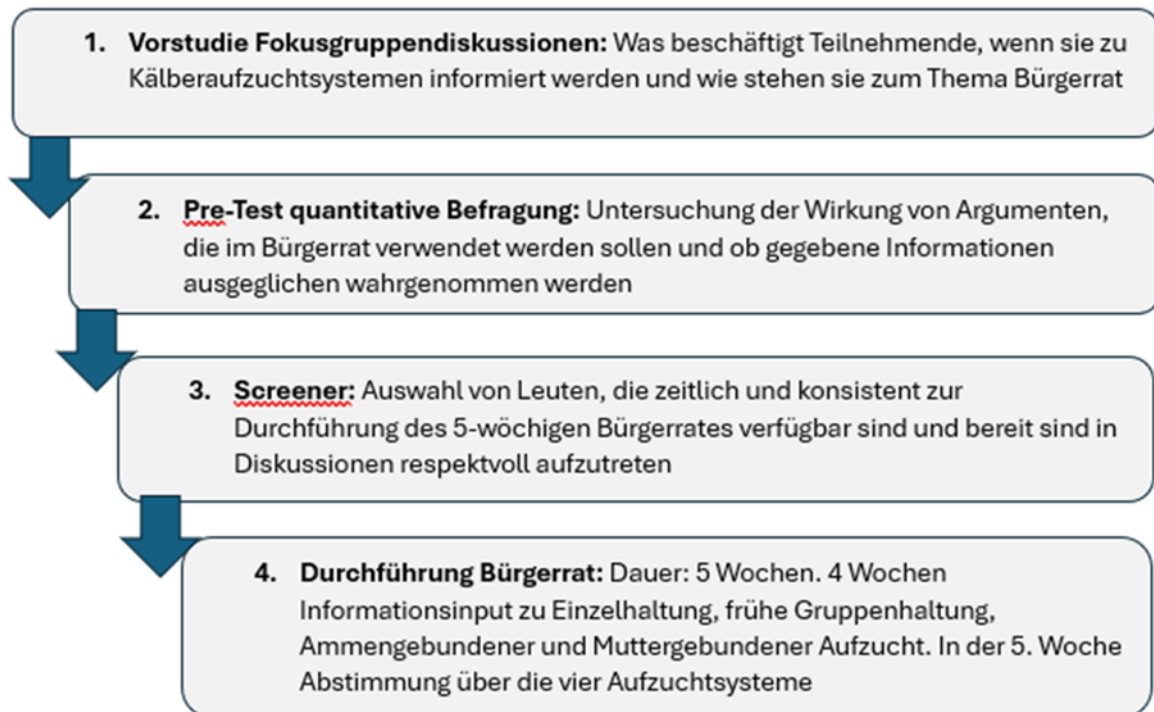


Abbildung 130: Ablauf des Online-Bürgerrates zu Kälberaufzuchtssystemen

Fokusgruppendifkussion zu: Wahrnehmung und Verständnis von Bürgerräten sowie Bewertung gezeigter Informationen

Die Fokusgruppendifkussionen fanden am 16. und 18. April 2024 online via Zoom mit jeweils 7 Teilnehmer:innen statt. Die Diskussionsrunden wurden aufgezeichnet und anschließend für die Auswertung transkribiert.

Wichtigste Ergebnisse:

- Einfluss und Wahrnehmung: Bürger:innen sehen ihren Einfluss auf die Landwirtschaft vor allem über Konsum und Gespräche; es werden jedoch Zielkonflikte zwischen Preis, Einkommen und Tierwohl gesehen. Politische Instrumente wie Wahlen oder Petitionen gelten als wenig wirksam bzw. zu langsam
- Erwartungen an Bürgerräte: Sollen gemeinsame Diskussionen ermöglichen und ein Stimmungsbild an die Politik liefern. Gefühl des Gehört Werdens. Wichtig sind klare Ziele, Transparenz, Repräsentativität, Neutralität sowie Einbindung von unterschiedlichen Informationen und Expertise.
- Voraussetzungen für Qualität: Zufällige, repräsentative Auswahl, professionelle Moderation, gleiches Gewicht aller Stimmen, offener Zugang zu ungefilterten Informationen und relevanten Daten (Statistiken, Kosten-Nutzen Analyse). Entscheidungen erfolgen mehrheitlich. Entscheidungen sind Kompromisse, bei denen sich unterschiedliche Positionen wiederfinden.

- Zentrale Themen (Kälberhaltung): Einzelhaltung in Iglus und frühe Trennung von der Mutter werden kritisch gesehen. Gewünscht sind Informationen zu Auswirkungen auf Entwicklung, Verhalten und Gesundheit der Kälber sowie zur Machbarkeit, und Wirtschaftlichkeit von Alternativen (Gruppenhaltung, naturnahe Haltung, längerer Mutter-Kalb-Kontakt).

Quantitative Vorstudie zur Bewertung verschiedener Kälberaufzuchtssysteme und Wirkung von Argumenten

Die Online-Umfrage mit 779 Teilnehmer:innen wurde im September 2024 durchgeführt um die Bewertung verschiedener Kälberhaltungssysteme und Wirkung von Informationen zu diesen als Pre-Test für die Bürgerratsinformationen zu testen.

Wichtigste Ergebnisse:

- Die Mutterkuhhaltung zeigt die höchste Akzeptanz, da sie als natürlicher und ethisch vertretbarer wahrgenommen wird
- Die Einzelhaltung wird am wenigsten akzeptiert, Gruppen- und Ammenkuhhaltung erhalten moderate Unterstützung
- Die Argumente wirken über alle Systeme hinweg ähnlich überzeugend, beeinflussen aber v. a. die Bewertung von „Kompromissystemen“ wie Gruppen- und Ammenkuhhaltung positiv
- Informationen können die Wahrnehmung besonders bei erklärungsbedürftigen Systemen (z. B. Ammenkuhhaltung, frühe Gruppenhaltung) beeinflussen

Ablauf des Online-Bürgerrates zu Kälberaufzuchtssystemen

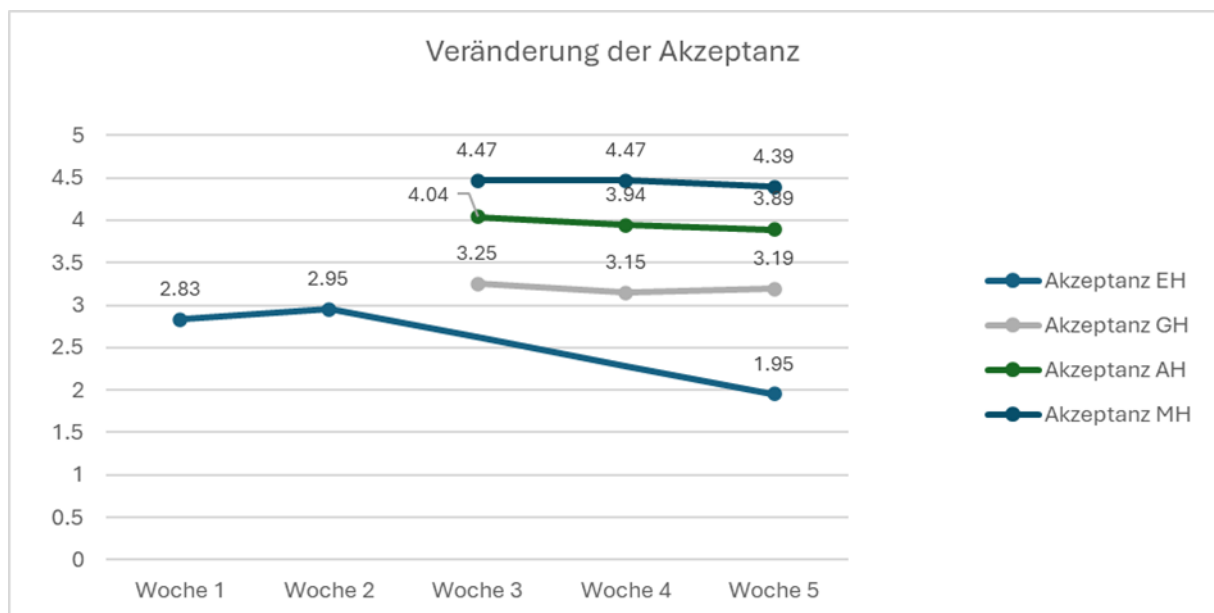
Der Bürgerrat fand vom 2.11.2024 bis zum 06.12.2024 statt. Insgesamt nahmen 81 Teilnehmer:innen an allen Punkten über die 5-wöchige Dauer durchgehend teil.

Die ausgewählten Teilnehmer:innen mussten sich auf der Bürgerratsplattform registrieren. Diese Plattform lieferte den Teilnehmer:innen jede Woche neue Informationen zu den Aufzuchtssystemen, begleitet von Mini-Umfragen, in denen jeweils die Akzeptanz der Systeme sowie der Bedarf nach Informationen abgefragt wurden. In Woche 5 gab es keine neuen Informationsinputs, sondern eine finale Abstimmung über die Akzeptanz/Empfehlung der betrachteten Kälberaufzuchtssysteme aus Sicht der Teilnehmenden. Begleitend wurden in einem Forum verschiedene Fragestellungen zu den jeweiligen Themen der Woche miteinander diskutiert.

- Woche 1: Die frühe Trennung von Kuh und Kalb und anschließende Einzelhaltung wurde als gängige Praxis in der Milchviehhaltung vorgestellt. Informationen zu Gründen dieser Praktik wurden in Form von Texten und Bildern bereitgestellt.
- Woche 2: Es wurden Pro- und Kontraargumente für die Praktik der frühen Trennung von Kuh und Kalb und anschließende Einzelhaltung der Kälber bereitgestellt. Videos und Zitate von Landwirt*innen sowie Vertreter*innen von Tierschutzorganisationen, Wissenschaft, Industrie und Journalismus informierten über die Thematik. Eine tabellarische Übersicht über Pro- und Contra-Argumente für frühe und späte Trennung wurde zur Verfügung gestellt.

- Woche 3: Alternativen zur Einzelhaltung wie die frühe Gruppenhaltung, ammen- oder muttergebundene Kälberaufzucht wurden vorgestellt. Die neutrale Beschreibung dieser Aufzuchtssysteme erfolgte mit Texten und Bildern.
- Woche 4: Informationen zu Wirtschaftlichkeit, Kosten und Vorteilen der alternativen Aufzuchtssysteme im Vergleich zur Einzelhaltung und der Einzelhaltung selbst wurden bereitgestellt. Videos, Texte, Auflistung von Argumenten wurden als Informationsinput genutzt.
- Woche 5: Die Teilnehmer erhielten in der letzten Woche keine neuen Informationen. Sollten aber in der wöchentlichen Umfrage über die Ihnen im Laufe des Bürgerrates vorgestellten Aufzuchtssysteme abstimmen.

9.1.9. Ergebnisse und Erkenntnisse

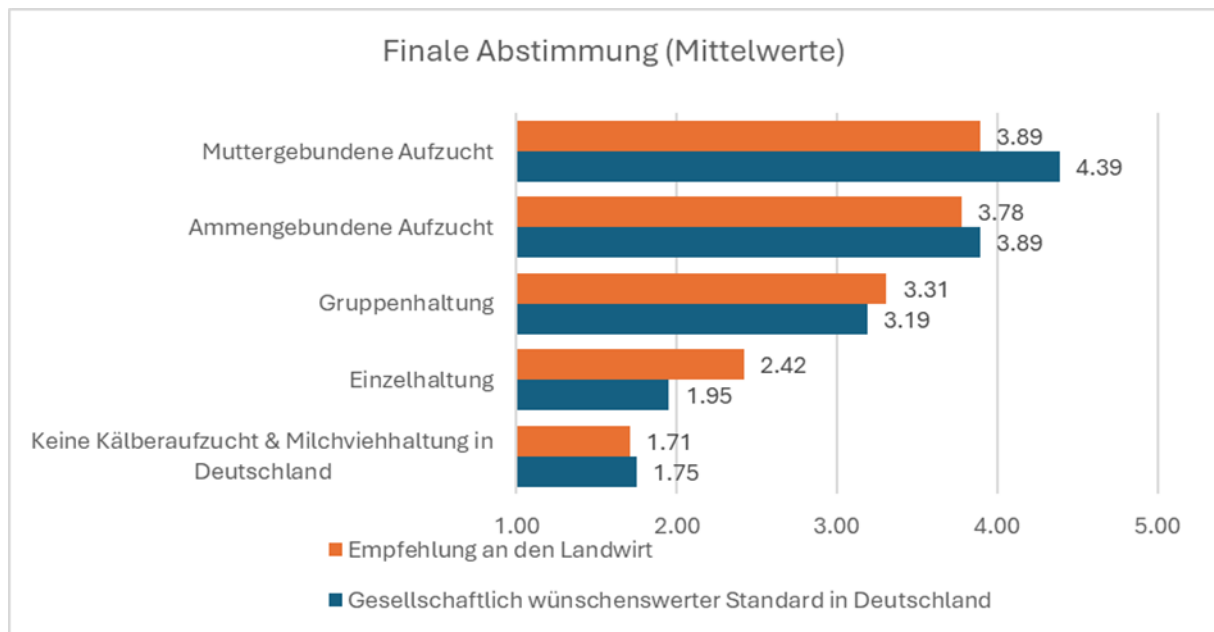


Skala: 1=überhaupt nicht akzeptabel - 5= voll und ganz akzeptabel; n=81

Nur Einzelhaltung zeigt signifikante Einstellungsänderung ($p < 0,001$)

Abbildung 131: Akzeptanz der vier Aufzuchtssysteme im Verlauf des 5-wöchigen Bürgerrates

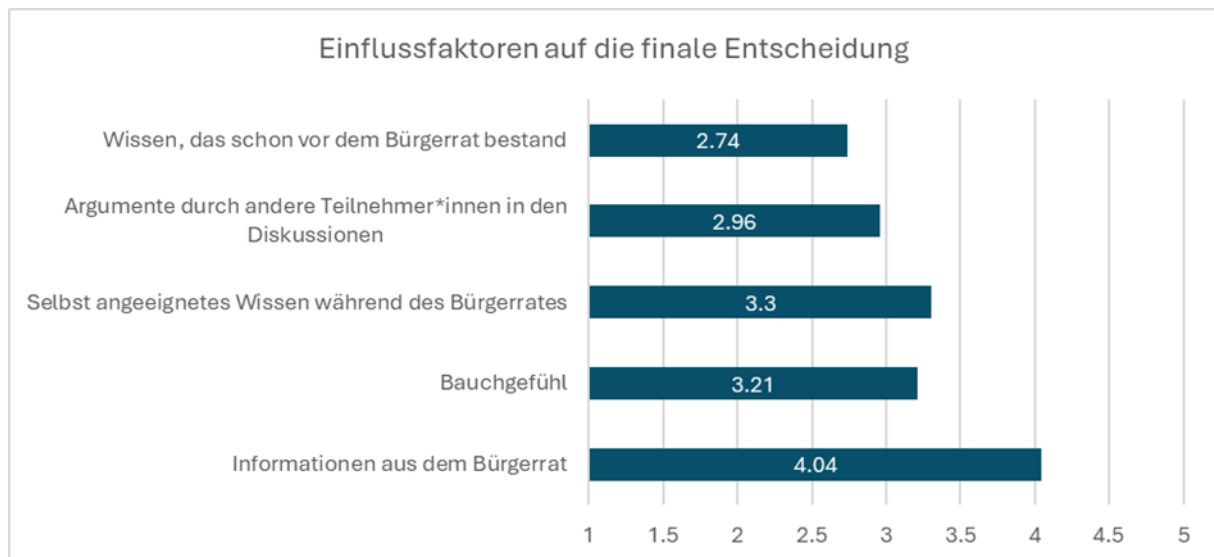
Über die 5 Wochen des Bürgerrates sank die Akzeptanz der Einzelhaltung signifikant. Die Bewertung der anderen Aufzuchtssysteme blieb hingegen stabil auf einem vergleichsweise hohen Akzeptanzniveau.



Frage: Wie gesellschaftlich wünschenswert wären jeweils die folgenden Kälberaufzuchtssysteme als Standard in Deutschland aus Ihrer Sicht?/ Wie empfehlenswert wären für einen Landwirt:in wären jeweils die folgenden Kälberaufzuchtssysteme aus Ihrer Sicht? Skala: 1=Ganz und gar nicht, 5=Voll und ganz

Abbildung 132: Finale Abstimmung über die Kälberaufzuchtssysteme in Woche 5

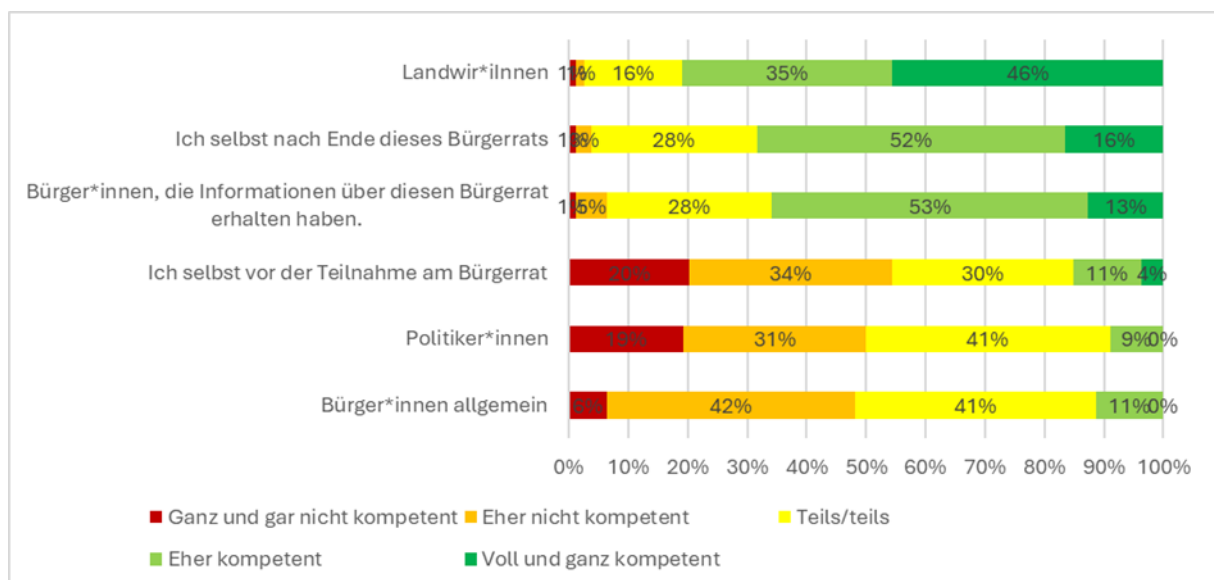
Bei der finalen Abstimmung über die Kälberaufzuchtssysteme als wünschenswerter Standard in Deutschland und als Empfehlung an Landwirt:innen, zeigt sich eine deutliche Präferenz für die kuhgebundenen Aufzuchtssysteme. Die Gruppenhaltung bewegt sich im Mittelfeld, während die Einzelhaltung sowie die Abschaffung der Milchviehhaltung in Deutschland klar abgelehnt werden. Auch zeigt sich, dass im Hinblick auf die Empfehlung an Landwirt:innen die Kompromisslösungen der Gruppenhaltung und ammengebundener Aufzucht auch aus Bürgersicht an Bedeutung gewinnen. Diese Einschätzung wird bestätigt durch die Ergebnisse auf die Frage, welches Aufzuchtssystem als gesetzlicher Mindeststandard in Deutschland gelten sollte. Hier wird mit 34,3% die Gruppenhaltung, gefolgt von der ammen- und muttergebundenen Aufzucht (jeweils 30.1%) von Bürger*innen als gesetzlicher Mindeststandard empfohlen. Die Einzelhaltung sowie eine Abschaffung der Milchviehhaltung liegen mit lediglich 4.1% und 1,3% an letzter Stelle.



Frage: Wodurch wurden Ihre letztendliche Meinung und Präferenz der Kälberaufzuchtssysteme geprägt? Skala: 1 = überhaupt keinen Einfluss - 5 = Sehr starker Einfluss; n=81

Abbildung 133: Einfluss auf die eigene Meinung

Die finale Entscheidung wurde hauptsächlich durch Informationen aus dem Bürgerrat sowie durch selbst angeeignetes Wissen während des Bürgerrates beeinflusst. Auch das Bauchgefühl und Argumente anderer Teilnehmer:innen in der Diskussion scheinen zumindest teilweise einen Einfluss auf die Entscheidung gehabt zu haben. Während das Wissen vor dem Bürgerrat eine etwas geringere Rolle spielt. Dies bestätigt den relativ geringen allgemeinen Wissenstand von Bürger:innen zu Landwirtschaft und Nutztierhaltung. Gestützt wird diese Einschätzung durch die Kompetenzeinschätzung verschiedener Personengruppen über Kälberaufzuchtssysteme abstimmen zu können. Hierbei werden insbesondere Landwirt:innen als kompetent eingeschätzt, während Bürger:innen allgemein eine geringe Kompetenz zugeschrieben wird. Zudem wird ein deutlicher Kompetenzgewinn durch den Bürgerrat deutlich, da lediglich 15% sich selbst vor der Teilnahme an dem Bürgergrat als kompetent eingeschätzt haben, nach dem Bürgerrat stieg dieser Anteil deutlich auf 66% an.



Frage: Wie hoch schätzen Sie die Kompetenz verschiedener Personengruppen ein, zu der Umsetzung verschiedener Kälberaufzuchtssystemen abstimmen zu können?

Abbildung 134: Einschätzung der Kompetenz verschiedener Personengruppen

9.1.10. Interpretation der Ergebnisse

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie

Ziel war es ein dialogorientiertes Online-Bürgerbeteiligungsverfahren zu entwickeln und zu erproben, um Erkenntnisse für die Ausgestaltung der Rinderhaltung und im Speziellen der Kälberaufzucht zu gewinnen. Die Ergebnisse hinsichtlich dieser Ziele werden im folgenden beschrieben.

- b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

In Bezug auf die Verbesserung des Tierwohl in der Kälberaufzucht zeigen die Ergebnisse des Bürgerrates deutlich die Ablehnung der Einzelhaltung sowie die hohe Akzeptanz kuhgebundener Aufzuchtssysteme, was den hohen Stellenwert des Kuh-Kalb-Kontakts und damit des Tierwohls aus Bürgerperspektive bestätigt.

Die Ergebnisse des Online-Bürgerrates verdeutlichen, dass deliberative Beteiligungsformate einen Beitrag zur informierten Meinungsbildung von Bürger:innen im Bereich der Nutztierhaltung leisten können. Insbesondere zeigt sich, dass Einstellungen zu Kälberaufzuchtssystemen nicht starr sind, sondern sich im Zuge von Informationsbereitstellung, Diskussion und Reflexion differenzieren und teilweise verändern.

Die hohe Akzeptanz kuhgebundener Aufzuchtssysteme – insbesondere der muttergebundenen Aufzucht – spiegelt grundlegende Wünsche und Vorstellungen der Teilnehmenden wider, wonach „Natürlichkeit“ und wahrgenommene ethische Vertretbarkeit zentrale Kriterien für eine akzeptierte Nutztierhaltung sind. Gleichzeitig verdeutlichen die Ergebnisse, dass rein idealtypische Vorstellungen nicht zwangsläufig zu maximalistischen Forderungen führen: Die vollständige Abschaffung der Milchviehhaltung wurde von einer deutlichen Mehrheit abgelehnt. Dies spricht für eine pragmatische Abwägung zwischen ethischen Ansprüchen, landwirtschaftlicher Praxis und gesellschaftlicher Realisierbarkeit.

Besonders aufschlussreich ist die Rolle sogenannter „Kompromissysteme“ wie der Gruppen- und ammengebundenen Aufzucht. Während diese Systeme zunächst nur moderate Akzeptanz erhielten, konnte gezeigt werden, dass Informationen und argumentative Einordnung ihre Bewertung positiv beeinflussen. Dies legt nahe, dass gerade erklärungsbedürftige Systeme ein hohes Potenzial für Akzeptanzgewinne besitzen, wenn deren Funktionsweise, Vor- und Nachteile transparent kommuniziert werden. Die signifikant sinkende Akzeptanz der frühen Kuh-Kalb-Trennung und Einzelhaltung im Verlauf des Bürgerrates unterstreicht zugleich, die aus Studien bekannte Ablehnung dieser Praktik (Sirovica et al., 2022), auch die Bereitstellung von Informationen und Benennung von Vorteilen kann die Bewertung dieses Systems dabei nicht positiv beeinflussen (Ventura et al., 2016). Deliberative Prozesse tragen damit nicht nur zur Stabilisierung bestehender Einstellungen bei, sondern können auch zu einer kritische Neubewertungen führen, insbesondere dann, wenn alternative Verfahren vorgestellt werden.

Die finale Priorisierung der Gruppenhaltung als gesetzlicher Mindeststandard zeigt zudem, dass Bürger:innen im deliberativen Kontext zwischen wünschenswerten Idealvorstellungen und politisch umsetzbaren Mindestanforderungen differenzieren können. Während kuhgebundene Systeme weiterhin als bevorzugter Standard angesehen werden, gewinnt die Gruppenhaltung als realistische Übergangs- oder Kompromisslösung an Bedeutung. Diese Fähigkeit zur Abwägung spricht für die Legitimität deliberativ erzeugter Ergebnisse.

Zentral ist zudem der deutlich wahrgenommene Kompetenzzuwachs der Teilnehmenden. Die starke Zunahme der Selbsteinschätzung eigener Kompetenz nach dem Bürgerrat bestätigt bestehende Befunde zu Wissensdefiziten in der Bevölkerung, zeigt jedoch gleichzeitig das

Potenzial deliberativer Formate, diese Defizite zu reduzieren. Dass die finale Entscheidungsfindung stärker durch im Bürgerrat erworbenes Wissen und den Austausch mit anderen Teilnehmenden beeinflusst wurde als durch Vorwissen, unterstreicht die Bedeutung sozialer Lernprozesse und argumentativer Interaktion. Damit bestätigt sich die Annahme deliberativer Demokratietheorien, wonach Kommunikation und Perspektivenübernahme zentrale Mechanismen für informierte und reflektierte Urteilsbildung darstellen (Fishkin 2011).

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Online-Bürgerräte ein geeignetes Instrument darstellen, um gesellschaftlich kontroverse Themen der Nutztierhaltung konstruktiv zu bearbeiten. Sie ermöglichen nicht nur Wissenszuwächse, sondern fördern differenzierte Bewertungen, realistische Handlungsempfehlungen und eine erhöhte wahrgenommene Beteiligungskompetenz der Bürger:innen.

9.1.11. Zusammenfassung Querschnitt gesellschaftliche Akzeptanz

Aktuelle Untersuchungen der Universität Göttingen haben sich die gesellschaftliche und landwirtschaftliche Akzeptanz dieser Kälberaufzuchtssysteme näher angesehen sowie zusätzlich die Ammenkuhhaltung als weitere Form der kuhgebundenen Aufzucht. Zunächst geben qualitative Interviews mit 15 Bürgern und 15 Landwirten Einblicke in die Wahrnehmung von Kühen und Kälbern hinsichtlich ihrer Emotionen und Bedürfnisse (von Steimker et al. 2025). Bürger:innen nehmen Kühe und Kälber als empfindungsfähige und soziale Tiere wahr. Der Zugang zu positiven Erfahrungen mit Kuh-Kalb-Kontakt und Bewegungsfreiheit ist somit aus gesellschaftlicher Perspektive zentral und erklärt die gesellschaftliche Ablehnung der Einzelhaltung. Die Landwirt:innen zeigen in den Interviews eine weniger einheitliche Haltung, bei der die Wahrnehmung von Kuh und Kalb durch Empathie und Fürsorge auf der einen Seite und Anforderungen durch die Nutzung auf der anderen Seite geprägt ist. Die Haltungsumgebung wird als schwer veränderlich wahrgenommen, weshalb sich die Landwirt:innen auf Gesundheit und Managementmaßnahmen zur Bedürfniserfüllung fokussieren – ein Bereich, den Bürger:innen weniger im Blick für die Bedeutung des Tierwohls haben. Statt einem Fokus auf den Kuh-Kalb-Kontakt zeigt sich aus landwirtschaftlicher Sicht eine Fokussierung auf die Mensch-Kalb-Interaktion, was als Strategie dienen mag, die als wenig veränderbar und gängige Praktik der frühen Kuh-Kalb Trennung vertretbarer zu machen.

In einer quantitativen Online-Umfrage mit 996 Bürger und 117 Milchviehhalter:innen bestätigt sich die gesellschaftliche und landwirtschaftliche Wahrnehmung von Kühen und Kälbern als empfindungsfähige Wesen, bei denen die Milchviehhalter:innen ihren Rindern ein größeres Emotionsvermögen zuschreiben als Bürger:innen (von Steimker & Kühl 2025, unveröffentlicht). Bei den Bürgern zeigt sich eine hohe Akzeptanz bei den kuhgebundenen Systemen, insbesondere der muttergebundenen Aufzucht sowie eine Ablehnung der Einzelhaltung (Abb. 1). Die Akzeptanz scheint sich stark und moralisch intuitiv an der als besonders wichtig erachteten Kuh-Kalb-Bindung zu orientieren – vermutlich als mentale Abkürzung bei wenig Wissen zu dem Thema. Schaut man sich Einflussfaktoren auf die gesellschaftliche Akzeptanz an, so sind weniger Zuschreibungen von Emotionen entscheidend, sondern vor allem die sichtbare Erfüllung wichtiger Bedürfnisse, wie Bewegungsfreiheit, guter Ernährung und Möglichkeiten zum Spielen und Erkunden.

Bürger:innen und Milchviehhalter:innen stimmen darin überein, dass Einzelhaltung mit negativeren emotionalen Erfahrungen der Kälber verbunden ist. Dennoch erhält die Einzelhaltung unter Milchviehhalter:innen eine vergleichsweise hohe Zustimmung (Abb. 135), da sie hier das für sie als zentral erachtete Bedürfnis der guten Ernährung der Kälber als am besten erfüllt ansehen. In kuhgebundenen Systemen wird das emotionale Erleben der Kälber als positiv angesehen, dennoch wird insbesondere die muttergebundene Aufzucht abgelehnt (Abb. 135),

was mit arbeitsökonomischen Hürden für kuhgebundene Systeme zusammenhängen mag. Unterstrichen wird diese Ablehnung durch eine Abwertung der Wichtigkeit der Kuh-Kalb-Bindung, was zu den zentralen Unterschieden zwischen gesellschaftlicher und landwirtschaftlicher Wahrnehmung zählt.

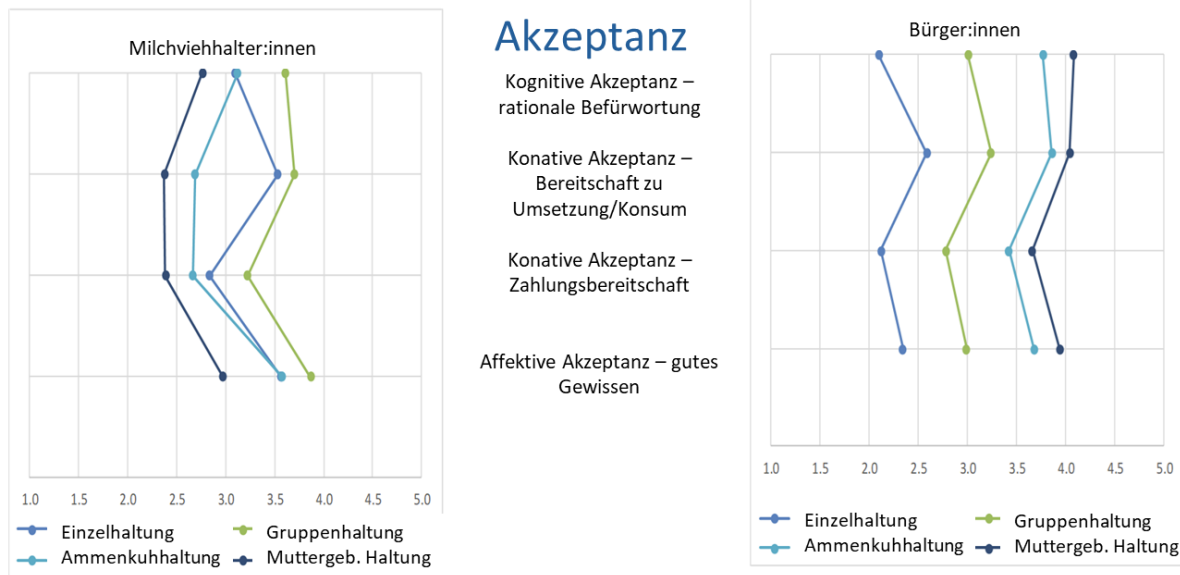


Abbildung 135: Gesellschaftliche und landwirtschaftliche Akzeptanz von Kälberaufzuchtssystemen auf einer Skala von 1= "Stimme ganz und gar nicht zu" bis 5="Stimme voll und ganz zu". Abgefragt wurde die Zustimmung zu Aussagen zur Akzeptanz hinsichtlich rationaler Befürwortung, Umsetzungs- und Zahlungsbereitschaft sowie guten Gewissens. Bürger:innen: n=996; Milchviehhalter:innen: n=117.

Die beschriebenen Erkenntnisse dieser Studien werden auch durch ein 5-wöchiges Bürgerbeteiligungsverfahren (online-Bürgerrat) zum Thema Kälberaufzuchtssysteme gestützt. Um eine informierte Entscheidung über verschiedene Kälberaufzuchtssysteme tätigen zu können, wurden den Teilnehmer:innen umfangreiche Informationen zu den Kälberaufzuchtssystemen (Einzelhaltung, frühe Gruppenhaltung, ammengebundene- und muttergebundene Kälberaufzucht) sowie pro- und contra Argumenten zu den Systemen bereitgestellt. 81 Teilnehmer:innen absolvierten den Online-Bürgerrat. Die Ergebnisse zeigen, dass die kuhgebundenen Systeme stabil auf einem hohen Akzeptanzniveau bewertet werden, gefolgt von der Gruppenhaltung die moderate Akzeptanz zeigt. Die Einzelhaltung verliert durch die gezeigten Alternativen und Informationen signifikant an Akzeptanz.

Die finale Priorisierung der Gruppenhaltung als gesetzlicher Mindeststandard zeigt zudem, dass Bürger:innen im deliberativen Kontext zwischen wünschenswerten Idealvorstellungen und politisch umsetzbaren Mindestanforderungen differenzieren können. Während kuhgebundene Systeme weiterhin als bevorzugter Standard angesehen werden, gewinnt die Gruppenhaltung als realistische Übergangs- oder Kompromisslösung an Bedeutung. Diese Fähigkeit zur Abwägung spricht für die Legitimität deliberativ erzeugter Ergebnisse. Der deutlich wahrgenommene Kompetenzzuwachs durch den Bürgerrat bestätigt das Potenzial deliberativer Formate, Wissensdefizite zu reduzieren und reflektierte Urteilsbildung zu ermöglichen.

Insbesondere erklärungsbedürftige Systeme wie die frühe Gruppenhaltung und ammengebundene Kälberaufzucht scheinen von mehr Informationen zu profitieren, wohingegen die Einzelhaltung auch im deliberativen Prozess trotz ausführlicher Informationen und Kommunikation der Vor- und Nachteile abgelehnt bleibt.

Die Ergebnisse aller Studien zeigen deutlich, dass Kompromisslösungen erforderlich sind, die sowohl gesellschaftliche Erwartungen als auch betriebliche Realitäten berücksichtigen. Als

kompatibler Weg gilt dabei insbesondere die frühe Gruppenhaltung als praxistaugliche Alternative zur Einzelhaltung: Sie hat unter Milchviehhalter:innen die höchste Akzeptanz erreicht und zeigt auch eine moderate Akzeptanz unter den Bürger:innen. Die Offenheit der Praxis lässt sich u.a. durch ökonomische Vorteile wie höhere tägliche Zunahmen und eine gesteigerte Futteraufnahme (Donadio et al. 2025) sowie die Berücksichtigung emotionaler Bedürfnisse der Kälber im Vergleich zur Einzelhaltung erklären. Die frühe Paarhaltung kann als Einstieg in dieses System verstanden werden. Die kuhgebundenen Systeme eignen sich eher als Nische im Premiumsegment. Eine Zielgruppenanalyse unter den 996 Bürger:innen zeigt, dass zwei Konsumentensegmente (38 % der Stichprobe) eine höhere Zahlungsbereitschaft für kuhgebundene Systeme besitzen – eine präferiert dabei die muttergebundene Aufzucht (unter ebenfalls hoher Akzeptanz der Ammenkuhhaltung), eine andere zeigt sich kompromissbereit und zeigt eine ähnlich hohe Akzeptanz gegenüber beiden kuhgebundenen Systemen (von Steimker & Kühl 2025). Einheitliche Label für kuhgebundene Systeme könnten Orientierung bieten und Transaktionskosten senken.

Zur Untersuchung der Akzeptanz sowie Bewertung von Zielkonflikten und Innovationen im Mastrinderbereich wurde zwischen März und Mai 2024 eine Online-Befragung mit 965 Bürger:innen in Deutschland durchgeführt. Erfasst wurden soziodemographische Merkmale, Ernährungsverhalten, Kauf- und Bewertungskriterien, Einstellungen zu Eingriffen am Tier sowie Annahmen zur Wirkung von Haltungs- und Managementfaktoren auf die Fleischqualität. Zentrales Element war die Bewertung von sechs standardisiert dargestellten Haltungssystemen (Text/Fotos), die in zufälliger Reihenfolge präsentiert und von jeder Person beurteilt wurde. Erhoben wurden Akzeptanz, Mehrzahlungsbereitschaft, Kompromissfähigkeit zur Weidehaltung und die Wirkung von Pro-Argumenten. Beim Rindfleischkauf sind neben Preis (61,3 %) und Optik (58,1 %) auch artgerechte Haltung (56,5 %) wichtig, während bei der Systembewertung Fleischqualität (89,7 %) und ein geringes Krankheitsrisiko zwischen Tier und Mensch (86,0 %) dominieren. Eingriffe am Tier werden deutlich eher akzeptiert, wenn sie unter Betäubung erfolgen (59,0 % vs. 24,0 % grundsätzlich). Vollspaltensysteme werden überwiegend abgelehnt (Akzeptanz 8,9 % Beton; 13,2 % gummiert) und weisen sehr geringe Zahlungsbereitschaften auf, während stroh- und auslauf-/weidebezogene Systeme hohe Akzeptanz und Mehrzahlungsbereitschaft erreichen (bis 85,6 %). Als Kompromiss zur Weide gelten vor allem die Systeme Stroh+Offenfront (57,0 %) und Stroh+Auslauf (70,0 %). Bezüglich der Zielkonflikte wird mehrheitlich Weidegang mit Kastration unter Betäubung empfohlen (52,0 %) bzw. bei fehlender Weide ein Umbau auf Strohsysteme (42,9 %) gegenüber technischen Anpassungen bevorzugt.

9.1.12. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Veröffentlicht in wissenschaftlichen Journals:

Schulze, M., Kühl, S., Busch, G. (2023). We have Some Calves left! Socially Accepted Alternatives to the Current Handling of Male Calves from Dairy Production, Food Ethics 8(2), DOI: 10.1007/s41055-023-00122-w

von Steimker, F., Gleue, A., & Kühl, S. (2025). Emotions and Needs of Dairy Cows and Calves—a Qualitative Analysis of Non-Farming Citizens' and Farmers' Perspectives on Emotional Capacity, Competencies, and Consumers' Right to have a Say. Food ethics, 10(2), 13.

von Steimker, F., & Kühl, S. (2025). Appreciating Cow–Calf Contact: Evaluating Prospective Consumer Segments in Germany Through Cluster Analysis of Alternative Calf-Rearing Systems. *Journal of Agriculture and Food Research*, 102134.

Geplante Veröffentlichungen:

Von Steimker, F.; Bayer, E.; Kühl, S.: Navigating trade-offs in beef production: Consumer clusters, acceptance of housing systems, and quality expectations. *In Bearbeitung*

von Steimker, F., & Kühl, S. (2025). Acceptance of Calf Rearing Systems among Citizens and Dairy Farmers: The Roles of Perceived Calf Emotions and Need Fulfillment. *Unveröffentlicht*.

von Steimker, F., Thäsler, L., Bayer, E., Kühl, S. Deliberative Public Participation in Livestock Farming: Findings from a Citizens' Assembly on Calf Rearing Systems. *In Bearbeitung*

Von Steimker, F., Spicker, L., Kühl, S., Bayer, E. (2025): Information and Acceptance: The role of Argument Persuasiveness in Citizens' Perceptions of Calf Rearing Systems. *Unveröffentlicht*.

Konferenzbeiträge:

von Steimker, F.; Kühl, S. (2024): Valuing the bond: Unravelling German consumer segments for 'cow-calf contact system' products from dairy farms via cluster analysis. Short Paper und Vortrag auf dem International Food Marketing Research Symposium (IFMRS), 2024, Tromsø, Norwegen. Award for Best Paper and Presentation based on a PhD dissertation

von Steimker, F.; Kühl, S.; Gleue, A.; Spiller, A. (2023): Die Wahrnehmung von Emotionen und Bedürfnissen von Kühen und Kälbern aus gesellschaftlicher und landwirtschaftlicher Sicht. Poster und Vortrag auf der 63. GEWISOLA-Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., 20.–22. September 2023, Göttingen.

Fachartikel:

Gleue, A. (2023): Wahrnehmung der Emotionen und Bedürfnisse von Kühen und Kälbern aus landwirtschaftlicher und gesellschaftlicher Perspektive. Beitrag im Rahmen der Trendthemen, November 2023.

von Steimker, F.; Kühl, S.; Löbber, T. (2024): Der Wert der Kuh-Kalb-Bindung: Entschlüsselung von Verbraucherzielgruppen für Produkte aus Kuh-Kalb-Kontakt-Systemen in der Milchviehhaltung. Beitrag im Rahmen der Trendthemen, August 2024.

10. Querschnittsthema „Hitzestress und Stallklima“

10.1. Beurteilung von Hitzestress und Stallklima in innovativen Haltungs- und Managementverfahren der (zukünftigen) Rinderhaltung in Deutschland (ATB)

Zitierweise: Hoffmann G (2026) QT Hitzestress. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 328 - 332.

10.1.1. Vorhabenkonzept

a) Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas

- Stressindikatoren (Hitze- / Kältestress) bei Kälbern, Mastrindern und Milchkühen (inkl. Transitzühe) analysieren und hinsichtlich des Stallklimas interpretieren
- Verbesserung des Tierwohls durch eine Optimierung des Stallklimas
- Verbesserungspotentiale erkennen und Beratungsempfehlungen für Praxisbetriebe zur Reduktion klimatischer Stressoren (Hitze- / Kältestress) erstellen

Die negativen Auswirkungen von Hitzestress auf die Gesundheit sowie Leistung von Milchkühen und Rindern sind hinreichend wissenschaftlich belegt (vgl. Herbut et al., 2019). Ebenso kann durch Abweichungen in üblichen Verhaltensweisen unter Hitzestress, bspw. durch eine verminderte Bewegung (Ramón-Moragues et al., 2021), reduzierte Liegezeiten (Heinicke et al., 2018) oder Rückgang der Wiederkauaktivität (Collier et al., 2017; MüschnerSiemens et al., 2020) auf eine Reduktion des Tierwohls geschlossen werden. In Hinblick auf das übergeordnete Ziel des InnoRind Projektes, das Tierwohl zu verbessern, sollen die geplanten, innovativen Projektideen (Umbau / Neubau) in der Kälber-, Mastrinder- und Milchkuhhaltung analysiert werden, um mögliche Auswirkungen auf die Tiere durch Hitzestress beurteilen zu können. Es wurden Tier- und Stallparameter (Innen- und Außenklima, Baudaten) begleitend auf folgenden Betrieben (Tiergruppe der Datenaufnahme in Klammern) erhoben und ausgewertet:

- Groß Kreutz (Mastrinder)
- Futterkamp (Kälber, Transitzühe).

Dadurch war eine synergetische Nutzung der verschiedenen Haltungskonzepte innerhalb der geplanten Innovationsprojekte möglich. Die Stallungen der ausgewählten Betriebe waren bereits teilweise mit Klimamessstechnik (u.a. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) ausgestattet oder wurden zu Beginn des Projektes ausgestattet. Von den Tieren wurden verschiedene Merkmale erfasst, um diese anschließend mit dem Stallklima in Korrelation zu setzen.

b) Wissenschaftlich-praktische Umsetzung

In dem Betrieb Groß Kreutz wurden Umbaumaßnahmen (Ventilatoren, emissionsmindernde Böden) vorgenommen, um innovative Entwicklungen zur Optimierung des Stallklimas unter standardisierten Bedingungen zu untersuchen. Messtechnik zur Erfassung des Stallklimas (Lufttemperatur, rel. Feuchte, Windgeschwindigkeit, Solarstrahlung) wurde im Stall der Mastbullen in Groß Kreutz installiert. Andere Betriebe haben ebenfalls Messtechnik installiert oder entsprechend ergänzt. Zur Erfassung der Tierparameter wurde ebenfalls entsprechende Messtechnik (System smaXtec für Körpertemperatur, Aktivität, Wiederkaudauer, pH-Wert sowie Pedometer, Videotechnik) beschafft und/oder installiert und ein Versuchsprotokoll zur einheitlichen Erhebung von Daten (Gesundheits- und Leistungsparameter) angefertigt. In enger Kooperation mit den beteiligten Projektpartnern wurde das Vorgehen bei der Datenerhebung

und -speicherung abgestimmt und die Datenerhebung durchgeführt. Korrelationen zwischen Tier- und Stallklima-Daten wurden dazu berechnet, analysiert und publiziert sofern die notwendigen Daten vorlagen, was jedoch bisher erst in Groß Kreutz der Fall war. Abschließend wurden Beratungsempfehlungen für Praxisbetriebe formuliert und auf der Abschlussveranstaltung präsentiert.

10.1.2. Durchführung

a) Arbeitspakete

Im Rahmen des Projektes fanden regelmäßige Treffen der am Querschnittsthema „Hitzestress und Stallklima“ beteiligten Projektpartner statt, in denen zunächst eine Tabelle erstellt wurde über vorhandene Messtechniken zur Erhebung des Stallklimas und der Tierparameter auf den beteiligten Versuchsbetrieben. Über noch anzuschaffende Technik (Sensoren, Videoüberwachung) und deren Anbringung auf den Versuchsbetrieben wurde gemeinsam beraten. Durch zeitliche Verzögerungen konnten bisher nicht alle Daten übermittelt und ausgewertet werden. Vom Betrieb Groß Kreutz (Mastbullen) liegen jedoch alle Daten (Stallklima und Tierparameter) vor, sodass hier die Versuchsdurchführung und die Ergebnisse für Gr. Kreutz beschrieben werden.

b) Material und Methoden

Insgesamt wurden in der Zeit von Dezember 2022 bis Juli 2023 im Maststall der LVAT die Daten von 70 Bullen (Uckermärker, Hereford, Simmentaler) über einen Zeitraum von 210 Tagen kontinuierlich aufgezeichnet. Die Mastbullen lebten in einem geschlossenen Stall in Gruppen von zehn Tieren (siehe Kap. 3, AG Mastrinder, ATB und Groß Kreutz).

Alle Tiere wurden im Alter von ca. neun Monaten mit einem Pansenbolus (smaXtec animal care GmbH, Graz, Österreich) ausgestattet, gemäß Empfehlung der Entwickler durch einen Tierarzt. Die Sensordaten wurden alle 10 Minuten erfasst und über WLAN an einen Messenger-Dienst übertragen (smaXtec messenger® v4.8.21 Software, Graz, Österreich). Die folgenden Merkmale wurden für die Analyse verwendet: Retikulorumen-Temperatur in °C, Bewegungsaktivitätsindex (Bereich 0 bis 100) und Wiederkäuindex (Zeitraum der Retikularkontraktionen innerhalb von 24 Stunden in Sekunden). Temperaturwerte, die einer Wasseraufnahme zugeordnet wurden, wurden aus der Datentabelle entfernt, da sie durch die Wassertemperatur verfälscht wären. Außerdem wurde bei 14 Bullen (zwei pro Gruppe) der Pansen-pH-Wert mit einem anderen Bolus desselben Entwicklers gemessen.

Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden im Stall mit einem Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor (Hobo Onset Computer Corporation, 470 MacArthur Blvd, Bourne, MA 02532, USA) im Versuchszeitraum kontinuierlich alle 5 Minuten aufgezeichnet. Die Temperatur- und Feuchtigkeitslogger wurden an vier Positionen im Stall in ca. 2,3 m Höhe (außerhalb der Reichweite der Bullen) angebracht. Die Sensoren befanden sich in gleichen Abständen von ca. 22 m voneinander. Aus den Messwerten dieser vier Sensoren wurden die Medianwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit zur Berechnung des Temperatur- und Feuchtigkeitsindex (THI) herangezogen. Der THI wurde anhand der folgenden Formel berechnet:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times RH) \times (1,8T - 26)] \quad (1)$$

wobei T die Temperatur (°C) und RH die relative Luftfeuchtigkeit in Prozent (%) ist. Die durchschnittlichen täglichen THI-Werte während des gewählten Versuchszeitraums lagen im Sommer über 74. Die THI-Werte wurden wie folgt interpretiert: ≤74=angenehm; 75–78=Warnung; 79–83=gefährlich; und ≥84=Notfall.

Die statistische Analyse wurde mit JMP (16.1.0; SAS Institute, Cary, NC, USA) und SAS (9.4; SAS Institute, Cary, NC, USA) durchgeführt.

10.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse

Die Retikulorum-Temperatur (ReT) stieg unter Hitzestress-Bedingungen (THI > 74) und unter Bedingungen ohne Hitzestress ab einem maximalen THI von ca. 53 signifikant von 39,2 °C auf 39,8 °C an. Bemerkenswert ist, dass der rhythmische Anstieg der ReT bei allen Bullen erst mit einer deutlichen zeitlichen Verzögerung (4 bis 17 Stunden unter Hitzestress-Bedingungen gegenüber 5 bis 15 Stunden ohne Hitzestress) nach dem Anstieg des THI zu verzeichnen war.

Die Pearson-Korrelationen zwischen dem THI und den Bolus-Parametern (ReT, Pansen-pH, Wiederkauindex, Bewegungsaktivität) aller Bullen während des gesamten Experiments sind in der folgenden Tabelle zu sehen.

Tabelle 64: Pearson-Korrelationen zwischen dem THI (Temperatur-Feuchtigkeits-Index) und den Parametern des Pansenbolus (ReT = Retikulorum-Temperatur) von allen Bullen während des gesamten Versuchs

Sensorparameter	n	Mittelwert	sd	Korr.-Koeffizient THI (r)	p-Wert
ReT	941.078	39,46	0,32	-0,06	<0,001
Pansen-pH-Wert	131.188	6,33	0,32	-0,3	<0,001
Wiederkauindex	785.059	24.300,23	5726,85	-0,11	<0,001
Bewegungsaktivität	937.768	5,15	4,25	0,04	<0,001

Für die Kälberhaltung und Abkalbung in Futterkamp fand eine Auswertung der Klimalogger statt, die direkt im Innern der Einzeliglus, der Kälber-Gruppenbuchten und im Abkalbebereich befestigt waren. Die Aufzeichnungen haben gezeigt, dass sowohl in den Kälberiglus als auch in der Gruppenhaltung der Kälber bis in den Herbst hinein maximale Tagestemperaturen zwischen 20 und 47 °C auftraten (s. folgende Abb.).

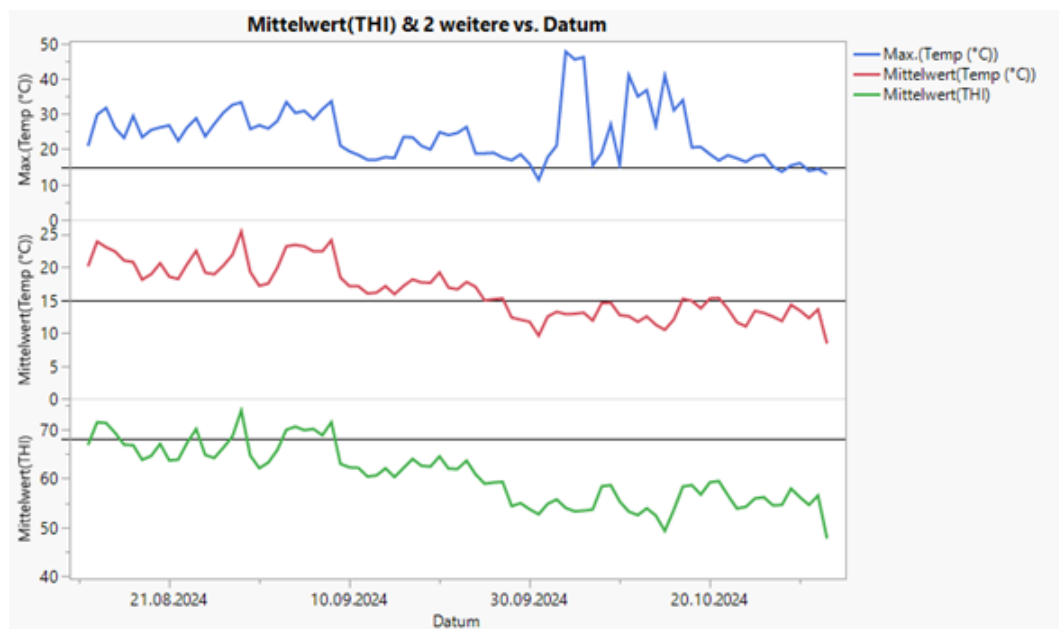


Abb.136: Tägliches Maximum und Mittelwert der Stalltemperatur sowie THI-Mittelwert in Kälber Iglu 2 (12.08.2024-02.11.2025)

In dem Abkalbbereich in Futterkamp wurden ebenfalls noch bis in den September hinein maximale Tagestemperaturen zwischen 20 und 30 °C registriert sowie THI-Tagesmittelwerte zwischen 60 und 80 verzeichnet (folgende Abb.), was insbesondere während der Geburt eine erhöhte Belastung für die Kühe darstellt.

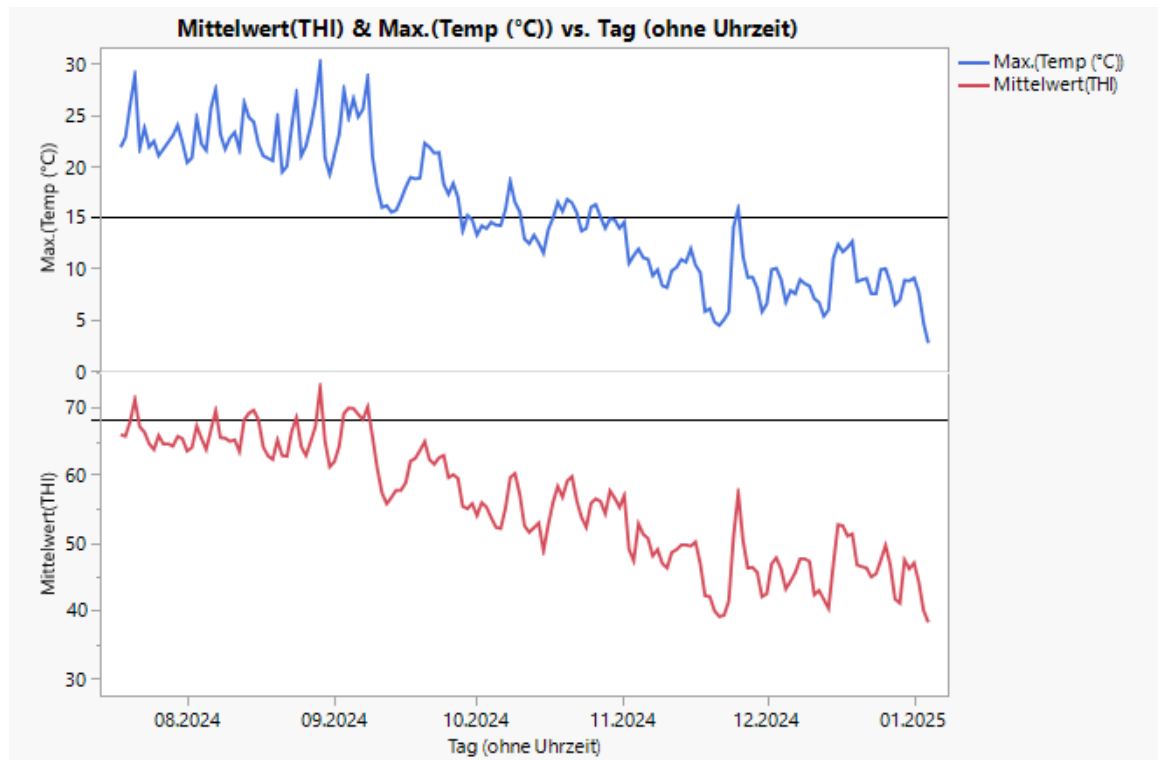


Abb. 137: Tägliches Maximum der Stalltemperatur sowie THI-Mittelwert im Abkalbestall Mitte (18.7.2024-4.1.2025)

10.1.4. Interpretation der Ergebnisse

Die Untersuchungen an den Mastbullen Im Betrieb Groß Kreutz (LVAT) konnten keine sichtbaren kurzfristigen Auswirkungen der Wärmebelastung auf die Retikulorumen-Temperatur oder den Pansen-pH-Wert nachweisen, jedoch ist die Wiederkäuaktivität reduziert und die Bewegungsaktivität ist an Tagen mit hohen Umgebungstemperaturen und höheren THI-Werten geringer. Offensichtlich hängen die Wiederkäuaktivität und der pH-Wert eher vom Tagesrhythmus und sehr wahrscheinlich auch von den Fütterungszyklen ab. Unser Ziel, die Retikulorumen-Temperatur als Frühindikator zur Vorhersage der Hitzebelastung zu verwenden, konnte nicht bestätigt werden. Dennoch zeigten die Ergebnisse einen deutlichen Rückgang des Pansen-pH-Werts und der Wiederkäutätigkeit bei zunehmender THI-Exposition über einen längeren Zeitraum. Daher stellt die Untersuchung der Hitzebelastung anhand der Daten des Pansensensors ein valides Instrument für Landwirte und Wissenschaftler dar, um den Tierschutzstatus zu bewerten.

Die Klimabedingungen in Kälberhaltungssystemen und im Transitbereich zeigten ebenfalls Situationen mit einer erhöhten Hitzebelastung, wobei auch im Herbst noch erhöhte Werte gemessen wurden. Die Hitzestressforschung konzentriert sich bisher vor allem auf Milchkühe während der Laktation und Weidehaltungssysteme. Die Untersuchungen in InnoRind konnten aber zeigen, dass auch Kälber, Transitzühe und stallgebundene Haltungsformen der Rindermast mehr Beachtung hinsichtlich des Klimas und einer möglichen Hitzebelastung geschenkt werden sollte.

10.1.5. **Zusammenfassung**

Es wurden für alle untersuchten Haltungssysteme von den Projektpartnern Situationen (sichtbar am Tierverhalten bzw. messbar mit vorhandenen Klimasensoren) beschrieben, in denen es im Sommer zu Hitzestress-Situationen kam. Somit ist Hitzebelastung auch unter deutschen Klimabedingungen und insbesondere für Hochleistungstiere ein nicht zu unterschätzendes Thema. Landwirte sind dankbar für Beratungen hinsichtlich kostengünstiger Minderungsmaßnahmen, um das Tierwohl zu verbessern. Durch den Einsatz von Ventilatoren unter der Stalldecke konnte das Klima im Maststall der LVAT verbessert werden und durch den Einsatz von Trogtränken (im Vergleich zu herkömmlichen Schalentränken) wurde die Wasseraufnahme der Tiere gesteigert. Weitere Auswertungen zu den Daten des Querschnittthemas befinden sich noch in Arbeit.

Landwirte sollten das Stallklima das ganze Jahr über im Blick haben und Sensortechniken, Lüftungssysteme und Beratungen nutzen, um vorbereitet zu sein. Frühzeitige Reaktionen sind notwendig, um insbesondere bei sensiblen Tieren (ab 15 °C zeigten erste Tiere schon Anzeichen von Stress) die Hitzebelastung zu reduzieren und Leistungseinbußen zu vermeiden.

10.1.6. **Erfolge und geplante Veröffentlichungen**

- FROMM, K; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2025): Diurnal influences on reticulorumen temperature and pH in fattening bulls measured by rumen sensors for early prediction of heat stress conditions. EAAP Congress 2025
- FROMM, K; AMMON, C.; AMON, T.; HOFFMANN, G. (2025): Evaluating Reticulorumen Temperature, Rumination, Activity and pH Measured by Rumen Sensors as Indicators of Heat Load in Fattening Bulls. Sensors 25(20), 6401. <https://doi.org/10.3390/s25206401>

11. Querschnittsthema „Umsetzbarkeit auf den Versuchsbetrieben“

11.1. Umsetzbarkeit der Innovationsprojekte auf den Versuchsbetrieben unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien Arbeitsablauf und -sicherheit (CAU)

Zitierweise: Hasenpusch P, Thaller G (2026) QT Umsetzbarkeit. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 333 - 338.

11.1.1. Vorhabenkonzept

a) **Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittshemas**

Bewertung der durchgeführten Innovationsprojekte hinsichtlich der Umsetzbarkeit auf den Versuchsbetrieben (z. B. Arbeitsabläufe, Arbeitswirtschaftlichkeit, notwendige Sicherheitskriterien), daraus resultierend: Ist ein Transfer in die landwirtschaftliche Praxis überhaupt möglich?

Die zentrale Frage für die Landwirt:innen bei neuen Ansätzen und Innovationen in der Tierhaltung ist häufig: „Wie kann ich das auf meinem Betrieb umsetzen und ist das genauso praktisch anwendbar wie beschrieben?“. Diese Bewertung unter praktischen Gesichtspunkten ist demzufolge zwingend notwendig, damit der Transfer der Ergebnisse aus InnoRind in die landwirtschaftliche Praxis erfolgreich sein kann. Nach Abschluss und Auswertung der Ergebnisse wird für jedes Innovationsprojekt ein Konzept als Anleitung für die Landwirt*innen erstellt, welches erst durch die von den Betrieben selbst als positiv bewertete Umsetzbarkeit vollständig und schlüssig wird.

Ein Beispiel für mögliche Konflikte ist die spätere Trennung von Kuh und Kalb (24 bis 48 h nach Kalbung) als aktuell in der landwirtschaftlichen Praxis üblich und die Einschätzung eines größeren Trennungsschmerzes durch die entstandene Bindung zwischen Kuh und Kalb. Wie kann der Arbeitsablauf bei der Trennung optimiert werden? In der Bullenhaltung wird der Auslauf der Tiere als großer Fortschritt für das Tierwohl und die Verbraucherakzeptanz angesehen, aber gibt es ein höheres Verletzungsrisiko der Tiere untereinander? Wie kann man die Buchten und Ausläufe strukturieren, um Rangkämpfe und Verletzungen zu reduzieren? Und wie ist die Arbeitssicherheit einzustufen?

b) **Wissenschaftlich-praktische Umsetzung**

Die CAU (Arbeitsgruppe Thaller) erstellt einen Fragebogen für die Versuchsdurchführenden und Mitarbeiter:innen der Versuchsbetriebe, welcher spezifisch für die Tierarten Kälber, Mastrinder (überwiegend Bullen) und Milchkühe entwickelt wird. Zu Beginn der Projektlaufzeit wird dieser Fragebogen erarbeitet und mit allen Projektpartnern abgestimmt. Mindestens eine Dokumentation pro Versuchsjahr bzw. -durchgang ist angestrebt, damit Verbesserungspotential identifiziert und im weiteren Versuchsverlauf die Umsetzbarkeit optimiert werden kann. Bei auftretenden Problemen bei der Versuchsdurchführung sollte die Dokumentation mit einem zusätzlichen Fragebogen erfolgen.

Die gesammelten Ergebnisse werden durch die CAU zusammengefasst und für die abschließende Konzepterstellung im letzten Projektjahr (AP 6) zur Verfügung gestellt, damit die praktische Umsetzbarkeit der Innovationen adäquat dargestellt werden kann.

11.1.2. Durchführung

Arbeitspakete

Die praktische Umsetzbarkeit sollte wie in 11.1.1. b) beschrieben einmal jährlich durchgeführt werden. Sie bildet somit den Abschluss der Arbeitspakete zwei und vier in allen Innovationsprojekten des Verbundvorhabens und ist Grundlage der Arbeitspakete sechs und sieben. Da sich wie in den vorangegangenen Berichten dargelegt im Rahmen der Versuchsanstellung (Arbeitspakete eins und zwei) unvorhersehbare Verzögerungen ergaben, war eine Erhebung wie Vorhaben beschrieben erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich. Hinzu kam eine weitere Verzögerung, ausgelöst durch einen personellen Engpass in der bearbeitenden Arbeitsgruppe. Die praktische Umsetzung konnte deshalb nur einmalig erfasst werden. Um dennoch die Erkenntnisse/Erfahrungen, die in bereits abgeschlossenen Arbeitspaketen gesammelt wurden, zu erfassen, wurde der standardisierte Fragebogen dahingehend erweitert (vgl. 11.1.2. b))

Material und Methoden

1. Allgemeine Informationen zum Betrieb

Versuchsbetrieb	
Innovationsprojekte	
Untersuchungen	
Durchgänge	
Länge der einzelnen Untersuchung	
Fütterung	

2. Veränderungen im Betrieb durch das neue Haltungssystem

Aufwand	Arbeitsschritte	
	Zeit pro Arbeitsschritt	
	Wiederholungen	
	Verbrauchsmaterialien	
	Menge	
	Kosten	
Weitere Effekte auf den täglichen Arbeitsablauf		
Erlös	Tierleistung	
	Ursache der Veränderung	
Weitere Effekte auf die Tiere		
Effekte auf die Mitarbeiter (Sicherheit, Motivation o.ä.)		
Wie wird das neue Haltungssystem bewertet (Ergänzungen)		
Wird das Haltungssystem empfohlen)		
Wenn ja wem und warum?		
Weitere Managementhinweise		

3. Planung und Versuchsanstellung

Was wurde gebaut/entwickelt		
Dauer der Planung/Entwicklung		
Musste eine Genehmigung eingeholt werden		
Wenn ja wie lange hat dies gedauert		
Wenn ja welche Schwierigkeiten ergaben sich und warum?		
Wurden daraufhin Anpassungen vorgenommen		
Wie werden die Anpassungen bewertet		
Anforderungen an den Betrieb	Platz	
	Maschinen	
	Fütterung	
	Mitarbeiter	
Welche Risiken sind mit der Umstellung verbunden?		

11.1.3. Ergebnisse und Erkenntnisse

AG Milchkuh

Untersuchungen zu innovativen Haltungssystemen für Milchkühe in der Transitphase wurden auf den Versuchsbetrieben Karkendamm (CAU), Futterkamp (LK SH) und Gut Dummerstorf (LFA MV) durchgeführt. Auf allen Betrieben wurden hierzu Umbaumaßnahmen vollzogen, die den Kühen für den Zeitpunkt der Kalbung einen Rückzugsbereich in einer Gruppenbucht zur Verfügung zu stellen sollen. Das Rückzugsangebot, sollte den Kühen die Möglichkeit geben ihre natürlichen Verhaltensweisen (separieren von der Gruppe zur Kalbung) auszuleben, ohne sie ganz von ihren Herdenmitgliedern zu trennen. Auf Karkendamm wurde ein bestehendes Gebäude umgebaut, während auf Futterkamp und in Dummerstorf bestehende Gebäude erweitert wurden, um den zusätzlichen Platzbedarf zu decken.

Die baulichen Maßnahmen verzögerten sich wie in den Zwischenberichten dargelegt. Gründe hierfür liegen unter anderem in dem zusätzlichen Planungs- und Bauaufwand, der für die wissenschaftliche Bearbeitung der projektbezogenen Fragestellungen notwendig ist. Die Standorte der Abkalbebuchten wurden in allen Versuchsbetrieben so gewählt, dass Tiere und Mitarbeiter kurze Strecken zum Melkzentrum und Stallungen der Kälberaufzucht zurücklegen müssen. Da hierfür bebaubarer Raum zur Verfügung stehen muss, ist dies auf Praxisbetrieben nur restringiert umsetzbar. Hinzu kommt, dass die bebaubare Fläche aufgrund des Rückzugsbereiches größer sein muss als die einer herkömmlichen Gruppenabkalbebucht. Als Vorteilhaft für Tierwohl und Arbeitssicherheit wurde die Möglichkeit zur Abtrennung des Rückzugsbereichs beschrieben, hierdurch kann im Bedarfsfall eine Einzelbucht in der Gruppenbucht erstellt werden. Um diese Möglichkeit mit geringem Arbeitsaufwand zu nutzen, sollte in der Planung eine Tränke- und Fütterungsmöglichkeit für den Rückzugsbereich mit eingeplant werden. Da die Abkalbebuchten durch den Rückzugsbereich größer dimensioniert sein müssen als herkömmliche Abkalbebuchten sind die Abmessungen (Boxenbreite und

Boxentiefe) für Lüftung und Strohbedarf von entscheidender Bedeutung. In Buchten mit großer Tiefe und geringerer Breite zeigten sich Hotspots, an denen sich die Kühe vermehrt aufhielten. Als Folge waren diese Hotspots häufiger nachzustreuen, was zu einem erhöhten Strohbedarf führte.

Hinsichtlich Buchtendesign und Management ergab sich außerdem, dass ein gemeinsames Einstellen der Kühe in die Abkalbebuch und die Vermeidung von Sackgassen im Boxendesign weniger Rangkämpfe zwischen den Kühen zur Folge hatte. Außerdem wurde von den Versuchsbetrieben berichtet, dass Kameras zur Tierkontrolle im Rückzugsbereich sowie eine zeitnahe Trennung von Kuh und Kalb zur Vermeidung von Fremdbesaugung empfehlenswert sind.

AG Kalb

Untersuchungen zu innovativen Haltungssystemen in der Kälberaufzucht wurden auf den Versuchsbetrieben Karkendamm (CAU), Futterkamp (LK SH), Gut Dummerstorf (LFA MV), Haus Riswick (LK NRW), Trenthorst (TI OL) und Achselschwang (LfL) durchgeführt. Abseits vom Versuchsbetrieb Trenthorst, die die Erfassung der praktischen Umsetzbarkeit als ureigene Aufgabe ansehen, konnte die Umsetzbarkeit auf allen Versuchsbetrieben erfasst werden. Auf den Versuchsbetrieben Gut Dummerstorf, Haus Riswick, Futterkamp und Karkendamm wurden frühe Gruppen- und Paarhaltungssysteme untersucht. Hierfür wurden unterschiedliche am Markt erhältliche Haltungssysteme wie TopCalf oder Kleingruppeniglus mit Veranda (LWK NRW), Paariglus (CAU) oder Optima Klimaställe (LFA MV) angeschafft oder mittels Eigenbau zu Gruppenbuchten umfunktionierte Einzeliglus (LK SH) genutzt. Des Weiteren wurde am Versuchsgut Achselschwang ein Stallgebäude für die frühe Gruppenhaltung konstruiert. Um die frühe Gruppen- oder Paarhaltung erfolgreich umzusetzen, nannten alle Versuchsbetriebe sehr ähnliche Anforderungen. Zum einen sollten die Kälbergruppen oder -paare möglichst homogen hinsichtlich Alter (± 48 h) und Pysis (± 5 kg) sein. Zum zweiten sollte eine ad libitum Tränke zur Verfügung gestellt werden, um das Risiko der Fremdbesaugung zu minimieren. Darüber hinaus wurden vorhandene Abtrennmöglichkeiten zur Isolierung von Kälbern im Bedarfsfall als vorteilhaftes Detail betont. Eine Lockerung der strengen Homogenitätsanforderungen ist möglich, wenn die Kälber über einen Tränkeautomaten versorgt werden, da dort aufgrund der tierindividuellen Zuteilung von Tränkemengen weniger Konkurrenz herrscht. In Bezug auf die Arbeitszeit, täglichen Ablauf oder die Arbeitssicherheit gab es keinerlei Veränderungen. Da für die Versuche keine nennenswerten Umbaumaßnahmen durchgeführt wurden, waren keine aufwändigen Planungen oder Genehmigungsverfahren notwendig.

AG Mast

Untersuchungen zu innovativen Haltungsverfahren in der Mast wurden auf den Versuchsbetrieben Grub (LfL), Trenthorst (TI OL) und Groß Kreutz (ATB) durchgeführt. Wie auch in der AG Kalb konnte die praktische Umsetzbarkeit auf allen Betrieben außer in Trenthorst erfasst werden. In Groß Kreutz wurden sowohl Untersuchungen in Einflächenbuchten als auch in Zweiflächenbuchten mit Außenklimareiz durchgeführt. Die Umbaumaßnahmen in den Einflächenbuchten umfassten neben Ventilatoren ober-

halb jeder Bucht auch das Verlegen eines Gummibodenbelags und die Installation zusätzlicher Trogtränken. Während Ventilatoren und Gummiböden vor allem positive Effekte auf das Tierwohl und Tierverhalten (verbesserte Luftqualität und höhere Aktivität durch bessere Trittsicherheit) hatten, waren die Trogtränken relevant für den täglichen Arbeitsablauf. Zum einen wurde zusätzliche Arbeitszeit für die regelmäßige Reinigung beansprucht, zum zweiten bedeutete dies auch geringere Arbeitssicherheit da zur Reinigung die Bucht betreten werden musste. Für eine Risikominimale Umsetzung wurde deshalb dazu geraten die Tränken möglichst nahe am Futtertisch zu platzieren, damit die Bucht im Ernstfall schnell verlassen werden kann. Für die Zweiflächenbucht mit außenklimareiz wurde empfohlen, bei der Umsetzung eine Überdachung einzuplanen, da hierdurch Futter und Einstreubedarf deutlich reduziert werden können. Weiterhin wurde hervorgehoben, dass Tränken wetterfest, Buchten zur Entmistung abtrennbar und Wege zur Tierwaage kurz sein sollten, um den Mehraufwand zu minimieren und Arbeitssicherheit zu garantieren.

Wie auf dem Versuchsbetrieb Groß Kreutz bezogen sich die Untersuchungen im Versuchsgut Grub auf Haltung von Masttieren in Ein- und Zweiflächenbuchten. Im Versuchsgut Grub war der eingestreute Liegebereich überdacht, sodass der Strohbedarf im erwartbaren Bereich lag. Da der Fressbereich mit einer automatisierten Entmistung ausgestattet war, ist nach Auskunft des Versuchspersonals ein kürzeres Intervall für die Entmistung zu wählen (max. 90 min). Andernfalls erhöht sich die Strohlast, die die Entmistung zu bewegen hat, wodurch es zu aufwändigen Reparaturen kommen kann. Als letzten wichtigen Aspekt wurde der Einbau von sog. Manholes genannt. Diese in den Buchtenecken befindlichen „Löcher“ in Abtrenn und Fressgittern erlauben im Bedarfsfall einen schnellen Ausstieg von Mitarbeitern aus den jeweiligen Buchten und sind so ein wichtiger Faktor für die Arbeitssicherheit.

11.1.4. Interpretation der Ergebnisse

- a) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich der Ziele der zugrundeliegenden Bekanntmachung bzw. Richtlinie
AG Milchkuh

Hinsichtlich der Förderziele (Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz, Verbesserung des Tierwohls, Erforschung zukunftsweisender Haltungskonzepte, Minimierung der Umweltwirkung), sind die Erkenntnisse der praktischen Umsetzbarkeit positiv zu bewerten. Es ist davon auszugehen, dass die erforschten Haltungssysteme Veränderungen im täglichen Betriebsablauf sowie den nötigen Verbrauchsgütern (v.a. Strohmenge) bedingen. In diesem Zusammenhang ist jedoch anzumerken, dass diese Veränderungen stark Betriebs/ Ausstattungsabhängig sind. Die Erfahrungen/ Erkenntnisse, die zu den einzelnen Haltungssystemen generiert wurden, sind damit unter Umständen nicht direkt auf die Praxis übertragbar. Hinzu kommt, dass die Erkenntnisse auf Versuchsbetrieben gewonnen wurden, sodass verfügbares Personal, Datenaufnahme und damit verbundene Aspekte von den Gegebenheiten eines praktischen Betriebes differieren. Rückzugsbereich nicht nur das Tierwohl erhöht, sondern auch die gesellschaftliche Akzeptanz und damit eine Alternative für bestehende Haltungskon-

zepte darstellt. Wie in 11.1.3. dargelegt hat der zusätzliche Rückzugsbereich auch Nebeneffekte für den Betrieb, die sich auf Ökonomie und Umwelt auswirken. Es muss daher geklärt werden, wie mit diesen Nebeneffekten umgegangen werden soll.

b) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Verbesserung des Tierwohls in der Tierhaltung

Bezogen auf die Verbesserung des Tierwohls lassen sich in allen Bereichen (Milchkuh, Kalb, Mast) positive Aspekte finden. Dass dies an einigen Stellen mit Mehraufwand, Mehrbedarf an Verbrauchsmaterialien oder auch veränderter Arbeitssicherheit einhergeht, wurde unter 11.1.3. dargelegt. Somit ergibt sich ein gewisser Zielkonflikt mit der zugrundeliegenden Ökonomie. Da der Landwirt etwaige Mehrkosten zu erwarten hat, muss geklärt werden, wie dies kompensiert werden können, um den Landwirten einen Anreiz zur Änderung des Haltungssystems zu geben.

c) Bezug und Nutzen der Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich einer Reduzierung negativer Umweltauswirkungen

Bezogen auf die Umweltwirkungen ist z.T. von negativen Auswirkungen der Haltungssysteme auszugehen. Diese spiegeln sich in einem Mehrbedarf an zu versiegelnder Fläche oder erhöhtem Strohbedarf wider. Allerdings ist zu beachten womit die entsprechenden Systeme verglichen werden bzw. von welchem System der Landwirt auf die untersuchten Haltungssysteme umstellt.

11.1.5. **Zusammenfassung**

Für die praktische Umsetzung relevante Faktoren konnten sowohl in der Milchkuhhaltung (bebaubare Fläche und Strohbedarf), als auch in der Kälberhaltung (Abtrennbarkeit der Gruppenbuchten, Homogenität der Gruppe) und in der Mastrinderhaltung (z.B. Gewährleistung der Arbeitssicherheit durch Schlupflöcher) identifizieren. Bezogen auf die Praxis ist jedoch die individuelle betriebliche Ausstattung zu berücksichtigen, die die Relevanz der einzelnen Faktoren stark verändern kann.

11.1.6. **Erfolge und geplante Veröffentlichungen**

Gemäß Vorhabenbeschreibung sollten die Ergebnisse der praktischen Umsetzbarkeit in die Gesamtkonzepte einfließen. Die Veröffentlichung der Gesamtkonzepte stellt damit auch die Veröffentlichung der Ergebnisse zur praktischen Umsetzbarkeit dar. Abseits davon sind keine weiteren Veröffentlichungen der Ergebnisse zur praktischen Umsetzbarkeit geplant oder erfolgt.

12. Querschnittsthema „Ökonomische Bewertung“

12.1. Ökonomische Bewertung der Innovationsprojekte (TI-BW)

Zitierweise: Edebohls I, Deblitz C, Zavyalova K, Verhaagh M (2026) Querschnittsthema Ökonomie. In: Thaller G, Schnipkoweit N (2026) Innovationsnetzwerk Rind – zukunftsfähige Rinderhaltung in Deutschland unter Berücksichtigung von Tierwohl, Umweltwirkungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (InnoRind). Abschlussbericht, Seite 339 - 347.

12.1.1. Ökonomische Bewertung von Tierwohlmaßnahmen - Stand der Forschung

Die Forschung zum Tierwohl in der Rinderhaltung hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit den Auswirkungen von Tierwohlmaßnahmen auf das Verhalten der Tiere, Gesundheitsparameter, Umweltwirkungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Trotz dieser Fortschritte besteht weiterhin ein Forschungsdefizit hinsichtlich der ökonomischen Bewertung dieser Maßnahmen.

Eine Literaturanalyse zeigte, dass zu den im Projekt betrachteten Themen bisher kaum ökonomische Analysen vorliegen (s. Zavyalova, Edebohls und Deblitz, 2024).

Auswirkungen von Tierwohlmaßnahmen auf das Verhalten der Nutztiere, den Keimdruck im Stall, die Ausscheidung von klimarelevanten Gasen etc. wurden bereits umfassend untersucht und dokumentiert. Umso erstaunlicher ist die Tatsache, dass sich nur wenige dieser Studien mit der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Maßnahmen befassen. Dabei entscheiden wirtschaftliche Aspekte häufig darüber, ob das konkrete Maßnahmenpaket umgesetzt wird oder nicht. Im Folgenden werden Studien vorgestellt, in denen wirtschaftliche Aspekte adressiert wurden.

Wichtige Erkenntnisse aus bisherigen Studien sind:

Kuhgebundene Kälberaufzucht: Untersuchungen zeigen gesundheitliche Vorteile für die Kälber, jedoch auch höhere Kosten durch erhöhten Arbeitsaufwand und geringere Milcherträge.

Platzangebot und Haltungssysteme: Ein größerer Platzbedarf führt zu verbessertem Tierwohl, kann jedoch ohne zusätzliche Kompensationsmaßnahmen wirtschaftliche Nachteile mit sich bringen.

Arbeitszeit und betriebswirtschaftliche Bewertung: Die Kosten für alternative Haltungssysteme sind stark von betrieblichen Rahmenbedingungen abhängig. In einigen Ländern wurden Subventionen oder höhere Produktpreise zur wirtschaftlichen Absicherung der Maßnahmen eingeführt.

12.1.2. Studien zur kuhgebundenen Kälberaufzucht und deren ökonomische Auswirkungen

In verschiedenen Studien wurden Aspekte der kuhgebundenen Kälberaufzucht und deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von landwirtschaftlichen Betrieben untersucht. Knierim et al. (2020) identifizierten monetäre (z. B. Bau- und Arbeitskosten) und nicht-monetäre (z. B.

Milchverbrauch, Absetzgewicht, Kälberverluste) Faktoren für eine sozioökonomische Bewertung von Milchkälberaufzuchtssystemen mit oder ohne Kuhkontakt. Wicklow(2016) stellte fest, dass die muttergebundene Kälberaufzucht in der ökologischen Milchviehhaltung wirtschaftlich gesehen eine Alternative zur traditionellen Kälberhaltung darstellt. Barth et al. (2022) zeigten, dass die Umsetzung der kuhgebundenen Kälberaufzucht in der Praxis mit höheren Kosten verbunden ist als die herkömmliche Eimertränke, weshalb ein höherer Milchpreis erforderlich ist. Tergast et al. (2019) ermittelten Kostenunterschiede zwischen der Aufzucht mit Kuhkontakt und am Tränkeautomaten, wobei die muttergebundene Kälberaufzucht höhere Opportunitätskosten in Form entgangener Milcherlöse verursachte. Junqueira et al.(2005) verglichen die Produktion und Wirtschaftlichkeit des Melkens von Kühen mit und ohne Stimulation des Kalbes. Die zusätzlichen Ausgaben in der Gruppe mit Kälberstimulation wurden durch den zusätzlichen Milchertrag aufgewogen, was zu einer insgesamt besseren Wirtschaftlichkeit in der Gruppe mit Kälberstimulation führte.

Insgesamt zeigen die Studien, dass kuhgebundene Kälberaufzucht Vorteile in Bezug auf das Wachstum und die Gesundheit der Kälber bietet, aber auch mit höheren Kosten verbunden sein kann. Eine genaue Bewertung der Wirtschaftlichkeit hängt von den individuellen Gegebenheiten und Zielen des landwirtschaftlichen Betriebs ab.

12.1.3. Platzangebot und Rentabilität in der Rinderhaltung

Studien zu dieser Fragestellung zeigen, dass ein erhöhtes Platzangebot für Rinder (Kühe, Kälber und Mastrinder) zu verbessertem Tierwohl führt, jedoch auch mit höheren Kosten für Landwirte verbunden ist. In Schweden zeigen sich eine Verringerung der Deckungsbeiträge bei erhöhtem Platzangebot für Kälber und ein sinkender Gewinn pro Tier bei Rindern (Ahmed et al. 2021). In Finnland förderte ein gutes Tierwohlniveau (u.a. gummibeschichtete Matten, Einstreu) die Leistung der Tiere, jedoch besteht ein Konflikt zwischen Platzangebot und Tierwohl auf der einen Seite und der Rentabilität auf der anderen Seite (Herva 2015). Eine Reform des Subventionssystems (Knüpfung der Subventionen an das Platzangebot) wird vorgeschlagen, um diese Probleme zu lösen. In Brasilien hingegen zeigte sich, dass ein größeres Platzangebot bei Weidehaltung die Rentabilität verbessert und das Risiko von finanziellen Verlusten verringert (Montelli, Natalia Ludmila Lins Lima et al. 2019).

Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass die Optimierung von Tierwohl und Wirtschaftlichkeit in der Rinderhaltung eine sorgfältige Abwägung und möglicherweise auch politische Unterstützung erfordert, um sowohl den Bedürfnissen der Tiere als auch denen der Landwirte gerecht zu werden.

12.1.4. Alternative Haltungssysteme und ihre Auswirkungen

Diese Studien befassen sich mit den wirtschaftlichen, ökologischen und tierwohlbezogenen Auswirkungen alternativer Haltungssysteme für Kühe und Färsen. French et al. (2015) konzentrieren sich auf die Maximierung der Weideperiode und betonen, dass unterschiedliche Überwinterungssysteme (out-wintering pads) minimale Auswirkungen auf die Produktivität der Milchkühe haben und die einzigen Unterschiede in den Kosten liegen. Hawkins et al.(2020) entwickelten ein ökonomisches Modell zur Bestimmung der Kosten für die Aufzucht von Remontierungsfärsen in den USA und zeigen, dass die ganzjährige Weidehaltung zu niedrigeren Gesamtkosten führt als die Stallhaltung. Hawkins et al. (2019) entwickelten ein Modell zur Berechnung der Kosten für die Aufzucht von Färsen. Die Gesamtkosten für die Unterbringung von Kälbern variierten je nach Haltungssystem, wobei die Baukosten in der Stallhaltung und die Einstreu in der Einzelhaltung im Freien die größten Kostenfaktoren darstellten. Trotz einer Verringerung der Arbeitskosten von der Einzel- zur Gruppenhaltung stiegen die Gesamtkosten aufgrund von zusätzlichen Aufwendungen für Tränke, Wartung und Stallinfrastruktur.

12.1.5. **Weiterer Forschungsbedarf**

Die vorliegenden Studien zum Thema Tierwohl in der Rinderhaltung berühren zwar einige wichtige Aspekte der Wirtschaftlichkeit, bieten jedoch keine umfassenden Untersuchungen zu diesem Thema. Sie konzentrieren sich hauptsächlich auf die Auswirkungen von Tierwohlmaßnahmen wie kuhgebundene Kälberaufzucht auf die Gesundheit und das Wachstum der Tiere, wobei die ökonomischen Folgen dieser Maßnahmen oft nur am Rande behandelt werden. Die vorhandenen Forschungsarbeiten deuten auf potenzielle Kostensteigerungen durch verbesserte Tierwohlpraktiken hin, lassen aber eine detaillierte und ganzheitliche Analyse der ökonomischen Auswirkungen vermissen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen, um die wirtschaftlichen Implikationen von Tierwohlmaßnahmen in der Rinderhaltung vollständig zu erfassen

An diesen wissenschaftlichen Erkenntnissen setzt InnoRind an, indem es gezielt die ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Effekte innovativer Haltungssysteme untersucht. Dabei wird erstmals eine umfassende Vorher-Nachher-Betrachtung auf realen Versuchsbetrieben durchgeführt.

12.1.6. **Ziele und Aufgabenstellung des Querschnittsthemas**

In der ökonomischen Bewertung der einzelnen Versuche werden die Kosten und Erlöse der innovativen Haltungsverfahren mit der Ausgangssituation (Baseline) verglichen (vgl. auch Deblitz et al., 2024). Dabei werden auch Auswirkungen der innovativen Verfahren auf Tierleistungen, Arbeitsbedarf und Futterbedarf berücksichtigt. Hierfür sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Ermittlung und Quantifizierung der wirtschaftlichen Ausgangssituation der jeweiligen Produktionsverfahren in den Versuchsbetrieben (Referenz, Baseline) zu den Verfahren Milchproduktion, Kälberhaltung, Jungrinderaufzucht und Rindermast in den Versuchsbetrieben (Produktionssysteme und Wirtschaftlichkeit) mittels standardisiertem Interviewleitfaden
- Spezifizierung und Quantifizierung der Kennzahlen und Variablen für die Beschreibung der Innovationsverfahren; Ermittlung der zugehörigen Investitionskosten
- Erhebung produktionstechnischer Daten der Produktionsverfahren nach Abschluss der Versuche; Berechnung der Szenarien
- Vergleich der ökonomischen Ausgangssituationen mit den Einflüssen der Innovationsverfahren (Investitionen, Leistungsdaten, Mehr- oder Minderkosten)
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für Praxisbetriebe

Aufgrund der Datenlage wurde die ursprünglich vorgesehene Ergebnisdarstellung modifiziert und es wurde auf die Berechnung von Treibhausgasemissionen und Breakeven-Preisen verzichtet.

12.1.7. **Wissenschaftlich-praktische Umsetzung**

Die Datenerhebung der Baseline erfolgte durch das Thünen-Institut BW im Rahmen von Betriebsbesuchen auf den jeweiligen Versuchsbetrieben gemeinsam mit den Versuchsdurchführenden. Ein ausführlicher Betriebsrundgang war Bestandteil der Besuche. Zu den erhobenen Daten gehören die Bereiche bereits vorhandener Gebäude und Einrichtungen, zugehöriger Investitionskosten, Arbeitszeitbedarf und Arbeitskräftebesatz, Tierzahlen und -leistungen, Futterationen, Erlöse und variable Kosten je Tier (Ist-Betrieb). Die Erfassung erfolgte mit einem Standardfragebogen (vgl. Chibanda et al., 2020) sowie einer für das Projekt entworfenen standardisierten Tabelle für die Abfrage von Arbeitszeitdaten.

Die Datenerhebungen der innovativen Verfahren (Versuche) erfolgten zu zwei verschiedenen Häufigkeiten und Zeitspannen:

a) einmalig nach Ende der Versuche: Investitionen und einmalige Anschaffungen, Tierzukäufe, Leistungsdaten, Futterzukäufe, Veterinär, Medikamente und weitere produktionstechnische Daten

b) stichprobenartig zu festgelegten Zeitpunkten: Arbeitsbedarf zu bestimmten Ereignissen bzw. für bestimmte Zeiträume.

Die so erhobenen Daten werden von den Versuchsdurchführenden an Thünen-BW übersandt. Hierfür wurde ein weiterer standardisierter Fragebogen zur Ergebniserfassung zur Verfügung gestellt. Zweimal jährlich erfolgt im Rahmen eines Betriebsbesuchs durch Thünen-BW ein Abgleich vorhandener bzw. die Nacherhebung fehlender Daten. Für mehrfach erhobene Daten (z.B. Arbeitszeiten je Tier) wurden gewichtetete Mittelwerte berechnet.

12.1.8. Durchführung

Es finden insbesondere folgende Aspekte Eingang in die Betrachtung:

1) Investitionen, soweit sie direkt mit dem Versuch zusammenhängen, beispielsweise Gruppeniglus, Smartgates oder den Achselschwanger Versuchsstall, Stalleinrichtungen für Separées oder Außenklimabereiche in der Mast.

2) Auswirkungen der jeweiligen Haltungsverfahren auf die Tierleistungen und Mortalität, auf Häufigkeit und Kosten von Tierarztbesuchen und Behandlungen sowie auf Verbrauch und Kosten von Einstreu.

3) Änderungen in der Arbeitszeit. Diese wurde durchgehend mit einem Lohnsatz von 26 € je Stunde bewertet.

Das „Mengengerüst“ in Form von Tierzahlen, deren Leistungsparametern, Futterrationen, Gebäuden, Einrichtungen, Maschinen sowie Arbeitskräfteeinsatz wurde von den Versuchsbetrieben vor Beginn der Versuche (Baseline) und nach deren Abschluss zur Verfügung gestellt.

Um regionale Einflüsse möglichst gering zu halten, wurden alle Produktionsverfahren mit den gleichen Erlösen und gleichen Kosten für Produkte und Produktionsmittel versehen. Das „Preisgerüst“ stammt aus verschiedenen offiziellen Quellen wie KTBL, ALB, AMI, BMEL, Richtwertdeckungsbeiträgen und eigenen Berechnungen und ist bezogen auf das Kalenderjahr 2021. Diese Preise wurden für die Referenzsituation und die Versuche konstant gehalten, um den Versuchseffekt (Mengeneffekt) zu illustrieren und eine Mischung aus Versuchs- und Preiseffekt zu vermeiden.

12.1.9. Ergebnisse und Erkenntnisse

Die Ziele, Umsetzung und produktionstechnischen Effekt der Versuche in den jeweiligen Produktionsverfahren Kalb, Mastrind und Milch sind den Versuchsbeschreibungen in den Kapiteln 2, 3 und 4 zu entnehmen und werden im Kapitel Ökonomie nicht nochmals erläutert.

Die Erläuterungen zum Verständnis der Tabellen sind den Fußnoten zu entnehmen. Aufgrund der Datenmenge haben wir uns entschlossen, lediglich die Zahlen darzustellen, in denen es zu Veränderungen kommt. Die Spalte „Änderung“ beschreibt jeweils die prozentuale Änderung durch die Versuche (Szenarien) im Vergleich zur Ist-Situation. Dieses Procedere wiederholt sich in allen Produktionsverfahren.

12.1.10. Ergebnisse der Produktionsverfahren Kälberaufzucht

Die Kälberversuche sind einerseits am häufigsten im Projekt vertreten und weisen gleichzeitig die höchste Variation auf. In Riswick und in Karkendamm wurde Pairing durchgeführt, in Dummerstorf und Futterkamp die frühe Gruppenhaltung von Kälbern, der Einfluss von Klimaanreizen in Achselschwang und die muttergebundene Kälberaufzucht in Trenthorst.

Die Ziele, Umsetzung und produktionstechnischen Effekte der Versuche im Produktionsverfahren Kälberaufzucht sind dem Kapitel 2 zu entnehmen.

Zu den relevanten Investitionen in den Produktionsverfahren zählen:

- Kälberiglus und Gruppenbuchten
- Smartgates (Trenthorst)
- Der Versuchsstall in Achselschwang.

Tab. 65: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse Kälber (EUR je Kalb und % Änderung) – Referenzsituation und Versuch (Riswick, Futterkamp, Karkendamm)

	Kalb Riswick Pairing		Kalb Futterkamp Frühe Gruppenhaltung		Kalb Karkendamm Pairing	
	Referenz	Versuch %	Referenz	Versuch %	Referenz	Versuch %
Anzahl Kälber	60		75		41	
Tageszunahmen (g/Tag)	723	6%	1.146	-2%	974	
Lebendgewicht am Ende (kg)	60	5%	129	1%	115	
Erlöse	155	5%	324	1%	307	
Gesamtkosten	467	1%	534	-4%	411	3%
Gesamtarbeitskosten	217		186	-2%	36	
Nicht-Faktorkosten	242	2%	341	-5%	372	3%
davon ...						
Futter (Zukauf, Eigen)	90	1%	238	-9%	264	
Gebäude (AfA, Unterhaltung)	21	21%	48	7%	54	
Tierarzt und Medikamente	2	19%	18	15%	25	
Sonstiger Aufwand BZ Kalb	14		12		16	66%

Datenbasis für Mengengerüst: Versuchsbetriebe; Preisgerüst: KTBL, ALB, AMI, BMEL, Richtwertdeckungsbeiträge, eigene Berechnungen, alles bezogen auf Kalenderjahr 2021.

Gesamtkosten = Faktorkosten (Arbeit, Boden, Kapital) + Nicht-Faktorkosten (Direktkosten + Abschreibung).

Riswick: Die Gesamtkosten des Versuchs liegen 1 % über der Referenz. Steigende Kosten für Gebäude sowie Tierarzt und Medikamente sind die Gründe hierfür. Die Kälbergewichte und daraus resultierend die Erlöse liegen über der Referenz.

Futterkamp: Die Gesamtkosten des Versuchs liegen 4 % unter der Referenz. Dies liegt vor allem an geringeren Futterkosten und Arbeitskosten, deren Rückgang den leichten Anstieg der Tierarzt- und Gebäudekosten kompensieren. Die Absatzgewichte in Referenz und Versuch sind vergleichbar.

Karkendamm: Die Gesamtkosten steigen um 3 %. Dies ist auf erhöhten Einstreu- und Entmistungsaufwand zurückzuführen. Signifikante Gewichtsunterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 66: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse Kälber (EUR je Kalb und % Änderung) – Referenzsituation und Versuch (Trenthorst, Dummerstorf, Achselschwang)

	Kalb Trenthorst Muttergebundene Kälberaufzucht			Kalb Dummerstorf Frühe Gruppenhaltung		Kalb Achselschwang Klimaanreize	
	Referenz	Versuch 1 %	Versuch 2 %	Referenz	Versuch %	Referenz	Versuch %
Anzahl Kälber	11			25		15	
Tageszunahmen (g/Tag)	980	2%	6%	749		932	2%
Lebendgewicht am Ende (kg)	140	-2%	3%	101		150	
Erlöse	337	11%	15%	255		378	
Gesamtkosten	1.170	-7%	-7%	523	5%	1.007	12%
Gesamtarbeitskosten	228	-30%	-30%	112		222	
Nicht-Faktorkosten	918	-2%	-1%	400	7%	768	16%
davon ...							
Futter (Zukauf, Eigen)	773			277	2%	406	-4%
Gebäude (AfA, Unterhaltung)	32			66	44%	106	127%
Tierarzt und Medikamente	69	-21%	-16%	23	-29%	4	50%
Sonstiger Aufwand BZ Kalb	14			15		7	

Datenbasis für Mengengerüst: Versuchsbetriebe; Preisgerüst: KTBL, ALB, AMI, BMEL, Richtwertdeckungsbeiträge, eigene Berechnungen, alles bezogen auf Kalenderjahr 2021.

Gesamtkosten = Faktorkosten (Arbeit, Boden, Kapital) + Nicht-Faktorkosten (Direktkosten + Abschreibung).

Trenthorst: Die Gesamtkosten sinken um etwa 7 %. Dahinter stehen der geringere Arbeitsaufwand (v.a. geringerer Arbeitsbedarf für Tränken, Reinigungsarbeiten und Entmistung) und geringere Tierarzt- und Medikamentenkosten. Hierbei gibt es keinen weiteren Unterschied zwischen den Versuchsgruppen „Smooth“ (Versuch 1) und „Gradual“ (Versuch 2).

Hinweise zum Versuch in Trenthorst:

1. Die Tierarztkosten sind hier insgesamt vergleichsweise hoch. Dies ist jedoch kein Hinweis auf einen schlechteren Gesundheitszustand der Tiere. Dieser Unterschied lässt sich durch die Summe der Tierarztkosten über einen längeren Zeitraum (14 Lebenswochen) und eine Eisen-supplementierung aller Kälber bei der Geburt aufgrund der Vollmilchfütterung erklären.

2. Der Einfluss auf die Rentabilität der muttergebundenen Aufzucht auf die Milchkühe wurde im Rahmen von InnoRind nicht untersucht.

Dummerstorf: Die Gesamtkosten steigen um 5 %. Steigende Gebäudekosten sowie leicht steigende Futterkosten sind der Hauptgrund, die die leicht gesunkenen Kosten für Tierarzt und Medikamente kompensieren. Der Versuch hatte keinen Einfluss auf die Gewichtsentwicklung.

Achselschwang: Die Gesamtkosten steigen um etwa 12 %. Haupttreiber sind auch hier gestiegene Gebäudekosten aufgrund des aufwändigen Gebäudedesigns, jedoch steigen hier auch die Kosten für Tierarzt und Medikamente, während die Futterkosten sinken (geringerer Erhaltungsbedarf durch klimatisierten Stall). Es sei erwähnt, dass es sich bei dem Stall um einen reinen Versuchsstall handelt, der in der Praxis in dieser Form nicht gebaut werden würde.

12.1.11. Schlussfolgerungen Produktionsverfahren der Kälberaufzucht

Die Ergebnisse zu den Kälbern zeigen in zwei verschiedene Richtungen und haben die größte Variation. In den Verfahren der frühen Paar- oder Gruppenhaltung differieren die Kostenunterschiede zwischen -4% und +5%; die Unterschiede resultieren aus den unterschiedlichen (baulichen) Ausgangsbedingungen und Versuchsanordnungen.

Die Verfahren sind bei entsprechender Betriebsgröße – die Voraussetzung für die ausreichende Anzahl von Kälbern in einer Altersgruppe ist - einfach und kostengünstig in Betrieben

zu implementieren. In einigen Fällen kompensieren sich Kostenpositionen, d.h. Festkostenerhöhungen durch Investition werden möglicherweise durch Arbeitszeiterparnis aufgehoben. Achselschwang ist als reiner Versuchsstall aus praktischer Sicht ökonomisch nicht repräsentativ.

Eine Besonderheit stellt die muttergebundene Aufzucht dar. Sie bietet neben den Vorteilen für Kuh und Kalb auch eine Arbeitserleichterung. Die Baukosten sind unter Praxisbedingungen jedoch hoch; eine Anbindung zwischen Kälber- und Kuhbereich ist erforderlich.

Wer seinen Kälbern was Gutes tun will, schadet sich damit in der Regel betriebswirtschaftlich nicht. Ein gutes Management dürfte jedoch einen höheren Einfluss auf den Erfolg haben als das Haltungsverfahren.

12.1.12. Produktionsverfahren der Mastrinderhaltung

Im Rahmen des Projektes fanden 3 Mastversuche statt, die aufgrund der Versuchsanordnung (Haltungsverfahren in einer Außenbucht, im Tretmiststall oder Ochsenmast mit Weidehaltung) nicht miteinander vergleichbar sind. Auch hier sind die Ziele, Umsetzung und produktionstechnischen Effekte der Versuche im Produktionsverfahren Mast sind dem Kapitel 3 zu entnehmen.

In den Ergebnistabellen finden sich grundlegende produktionstechnische Daten.

Tab. 67: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse Mastrinder (EUR je Mastrind und % Änderung) – Referenzsituation und Versuch

	Bulle Gross Kreutz		Bulle Grub		Ochse Trenthorst	
	Referenz	Versuch %	Referenz	Versuch %	Referenz	Versuch %
Anzahl verkaufte Tiere p.a.	10		59		25	
Produziertes Gewicht (t)	5.0	-3%	30.3	-7%	2.5	-8%
Schlachtgewicht am Ende (kg)	448	-1%	446	-6%	311	0%
Erlöse (€ je Tier)	1,820	-1%	1,810	-6%	1,520	0%
Gesamtkosten	2,354	3%	2,770	7%	3,281	-1%
Gesamtarbeitskosten	269	11%	272	37%	797	
Nicht-Faktorkosten	2,068	2%	2,478	3%	2,434	-1%
davon ...						
Tierzukäufe	1,046		1,029		637	
Futter (Zukauf, Eigen)	554	-3%	492	-10%	912	-2%
Maschinen (AfA, Unterhaltung)	50	20%	263		347	
Gebäude (AfA, Unterhaltung)	236	-50%	488	1%	20	
Sonstiger Aufwand BZ Rindermast	3	5332%	166	77%	0	

Datenbasis für Mengengerüst: Versuchsbetriebe; Preisgerüst: KTBL, ALB, AMI, BMEL, Richtwertdeckungsbeiträge, eigene Berechnungen, alles bezogen auf Kalenderjahr 2021.

Gesamtkosten = Faktorkosten (Arbeit, Boden, Kapital) + Nicht-Faktorkosten (Direktkosten + Abschreibung).

Groß Kreutz (s. Kapitel 3): Die Gesamtkosten sind rund 3 % höher als in der Ausgangssituation, im Versuch aufgrund der Außenhaltung geringere Gebäudekosten (-50 %), aber Mehrarbeit und -kosten (+ 11 %) für die Strohkette sowie höherer sonstiger Aufwand (Einstreu). Der Mastversuch in Groß Kreutz fand in einer Außenbucht statt, für die nur sehr geringe Investitionskosten anfielen. Im untersuchten Mastabschnitt war kein Stall erforderlich. Dies erklärt die geringen Gebäudekosten.

Grub (s. Kapitel 3): Die Gesamtkosten im Versuch sind ca. 7 % höher. Die Arbeitskosten und die mit der Einstreu verbundenen Kosten sind höher, andere Kosten ebenfalls etwas höher wegen geringerem Output. Eine Ausnahme bilden die wegen der geringeren Mastdauer und insgesamt geringerem Futtermittelverbrauch Futterkosten niedriger ausfallen. Aufgrund der Einstellung des Bundesprogramms Nutztierhaltung konnten im Versuchsbetrieb Grub keine der vor-

gesehenen Investitionen durchgeführt werden. Im Projekt InnoRind wurden vorhandene Strukturen weitergenutzt, d. h. Investitionskosten sind nicht angefallen. Zudem wurden parallel zu den InnoRind-Versuchen verschiedene Fütterungsversuche durchgeführt, die die betriebswirtschaftlichen Effekte von InnoRind überlagert haben.

Trenthorst (siehe Kapitel 3): Die Gesamtkosten im Versuch liegen um knapp 1 % niedriger als in der Referenz. Grund dafür sind die niedrigeren Futterkosten im Versuch aufgrund der geringeren Mastdauer. Es zeigten sich keine Auswirkungen der Hecke auf Arbeitszeit- und -kosten, alle weiteren Kosten ebenfalls unverändert.

12.1.13. Schlussfolgerungen Mastrinder

Die erhöhten Kosten in den konventionellen Verfahren (3-7 %) entstehen in erster Linie durch erhöhte Arbeitskosten. Dies dürfte diese Verfahren in der Praxis schwer umsetzbar machen, was insbesondere für Unternehmen mit knapper Arbeitsausstattung gelten könnte.

Während die gestiegenen Kosten in den Mastbullenversuchen ohne Ausgleich durch höhere Preise oder Förderung eine geringe Rentabilität mit sich brächten, ist der Ökoversuch mit den Ochsen rentabel. Der Verfahrensunterschied zwischen Referenz und Versuch ist hier allerdings auch deutlich geringer.

Kostenerhöhungen müssten durch den Markt oder Förderungen kompensiert werden, um einen Anreiz zur Umsetzung zu schaffen. Je nach Platzangebot und Fütterung können jedoch durch Außenklimaangebot im Handel Haltungsform 3 + 4 erreicht werden und damit 22 ct/kg mehr je kg Schlachtgewicht realisiert werden (hier nicht in die Berechnung einbezogen).

Die Versuche in der ökologischen Weidemast von Ochsen zeigen praktisch identische Kosten. Dieses Verfahren dürfte jedoch kurz- und mittelfristig eine Nische bleiben.

12.1.14. Ergebnisse des Produktionsverfahrens Milch

Die ökonomische Betrachtung bezieht sich jeweils auf die gesamte Milchkuhherde und schließt Kontroll- und Versuchstiere mit ein. Eine separate Berechnung der versuchsbedingten Änderungen war nicht möglich, weil die Versuche einen geringen Teil der Gesamtaktivitäten der Betriebe und nur einen kurzen Zeitraum im Betriebszweig darstellen und es nicht möglich ist, die einzelnen Kostenpositionen zwischen den Funktionsbereichen und Produktionszeiträumen sinnvoll zu trennen.

Zu den im Rahmen von InnoRind relevanten Investitionen zählen Boxenabtrennungen und Sichtschutz. Wir gehen jedoch davon aus, dass diese Stalleinrichtung auch ohne die Ausstattung mit Separees verwendet würde und setzen den Einfluss dieser Kosten daher auf Null.

Tab. 68: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse Milchkuh (EUR je Kuh und % Änderung)
– Referenzsituation und Versuch

	Karkendamm		Dummerstorf		Futterkamp	
	Referenzjahr ¹	Änderungen (%)	Referenzjahr ¹	Änderungen (%)	Referenzjahr ¹	Änderungen (%)
Milcherlöse	4.128	+/- 0 %	4.191	+/- 0 %	4.319	+/- 0 %
Sonstige Erlöse	257	+/- 0 %				
Gesamtkosten	4.984 ²	+ 0,78%	4.048 ²	+0,1 %	4.946 ²	+ 0,8 %
... davon Arbeitskosten	606	+ 0,9%	678	678	832	+ 0,4 %
Nicht-Faktorkosten	4.377	+ 0,8%	3.370	+0,12 %	4.114	+ 0,9 %
davon ...						
Tierarzt + Medikamente	311	+ 6%	180	+2,3 %	339	+ 11 %
Sonstiges	344 ³	+ 4,5%				

1 Datenbasis für Mengengerüst: Versuchsbetriebe; Preisgerüst: KTBL, ALB, AMI, BMEL, Richtwertdeckungsbeiträge, eigene Berechnungen Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, bezogen auf Kalenderjahr 2021.

2 Gesamtkosten = Faktorkosten (Arbeit, Boden, Kapital) + Nicht-Faktorkosten (Direktkosten + Abschreibung).

3 Kosten im Zusammenhang mit Herstellung, Ausbringung und Entsorgung von Einstreu.

Karkendamm: Die Gesamtkosten im Versuchszeitraum lagen knapp 1 % höher als im Referenzzeitraum. Höhere Arbeitskosten (+6 €), Tierarzt und Medikamente (+18 €) sowie sonstige Kosten im Zusammenhang mit Einstreu (+15 €) sind der Hauptgrund. Die erhöhte Arbeitsbelastung steht im Zusammenhang mit dem erhöhten Einstreubedarf und ist auf Einstreu und Entmistung zurückzuführen.

Dummerstorf: Die Gesamtkosten im Versuchszeitraum lagen praktisch auf gleichem Niveau wie in der Ausgangssituation. Lediglich die Kosten für Tierarzt und Medikamente lagen um 4 € bzw. gut 2 % höher.

Futterkamp: Die Gesamtkosten im Versuchszeitraum lagen knapp 1 % höher. Dies ist einerseits auf leicht erhöhte Arbeitskosten (+ 4 €) und andererseits auf erhöhte Kosten für Tierarzt und Medikamente (+ 36 €) zurückzuführen. Auch hier gab es einen erhöhten Arbeitsaufwand, der auf Einstreu und Entmistung zurückzuführen ist.

12.1.15. Schlussfolgerungen Produktionsverfahren Milch

Aufgrund der kurzen Versuchszeit rund um die Kalbung und der geringen Interventionen in den Versuchen ist der Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit minimal und im Rahmen normaler Schwankungen. Unter der Voraussetzung, dass nur geringe Umbaumaßnahmen im laufenden Betrieb anfallen, sind die Investitionskosten zu vernachlässigen.

Mögliche mittel- bis längerfristige Wirkungen auf die Milchleistung, Nutzungsdauer oder Gesundheit, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hätten, konnten aufgrund der kurzen Versuchsperiode nicht ermittelt werden. Aus ökonomischer Sicht ist daher eine Fortführung der Versuche sinnvoll.

Es ist anzunehmen, dass auch das Auftreten der Blauzungenkrankheit in allen Versuchsbetrieben einen Einfluss auf die Höhe der Tierarztkosten hatte. Dieser Einfluss ließ sich jedoch nicht von den Versuchseinflüssen isolieren.

13. Literaturverzeichnis

Abdallah, M., Bethäuser, J., Tettenborn, F., Hein, A., Hamann, M., 2024. Survey of drug use and its association with herd-level and farm-level characteristics on German dairy farms. *Journal of Dairy Science* 107, 2954-2967.

Abdelfattah, Essam M.; Aly, Sharif S.; Lehenbauer, Terry W.; Karle, Betsy M. (2024): Effects of simplified group housing on behavior, welfare, growth performance, and health of preweaned dairy calves on a California dairy. In: *Journal of dairy science* 107 (6), pp. 3927–3940. DOI: 10.3168/jds.2023-23820.

Agethen K, Deblitz C (2025) Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastrinder. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, 16 p

Ahmed, R. H., C. Schmidtmann, J. Mugambe, and G. Thaller. 2023. Effects of the Breeding Strategy Beef-on-Dairy at Animal, Farm and Sector Levels. *Animals (Basel)* 13(13).

Alsakka F, Assaf S, El-Chami I, Al-Hussein M, Computer vision applications in offsite construction, Automation in Construction, Volume 154, 2023, 104980, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.aut-con.2023.104980>.

AMI (versch. Jahrgänge) Marktbilanz Öko Landbau. Bonn.

AMI (versch. Jahrgänge) Marktbilanz Vieh und Fleisch. Bonn.

Anderson, David J.; Perona, Pietro (2014): Toward a science of computational ethology. In: *Neuron* 84 (1), S. 18–31. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.09.005.

Ang, Chin-Siang; Chan, Nee-Nee; Singh, Lavanya (2019): A comparison study of meat eaters and non-meat eaters on mind attribution and moral disengagement of animals. In: *Appetite* 136, S. 80–85. DOI: 10.1016/j.appet.2019.01.019.

Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung, Landtechnik und Bauwesen in der Landwirtschaft Hessen e.V. (ALB-Hessen) (2021) Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude und ländlicher Wohnhäuser. Kassel.

Ballarin, Cristina; Povinelli, Michele; Granato, Alberto; Panin, Mattia; Corain, Livio; Peruffo, Antonella; Cozzi, Bruno (2016): The Brain of the Domestic *Bos taurus*: Weight, Encephalization and Cerebellar Quotients, and Comparison with Other Domestic and Wild Cetartiodactyla. In: *PloS one* 11 (4), e0154580. DOI: 10.1371/journal.pone.0154580.

Banhazi, Thomas M.; Tschärke, Matthew (2016): A brief review of the application of machine vision in livestock behaviour analysis. In: *JAI* 7 (1). DOI: 10.17700/jai.2016.7.1.279.

Bartley, D. J., Skuce, P. J., Zadoks, R. N., & MacLeod, M. (2016). Endemic sheep and cattle diseases and greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences*, 7(3), 253-255. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S2040470016000327>

Bassitta, R. (2016): Untersuchungen zur Selektion von Resistenzgenen in bayerischen Schweinehaltungsbetrieben und zur Übertragung antibiotikaresistenter *E. coli* zwischen Tier und Mensch. Dissertation, LMU München: Tierärztliche Fakultät. doi: 10.5282/edoc.19268

Bastian, Brock; Loughnan, Steve (2017): Resolving the Meat-Paradox: A Motivational Account of Morally Troublesome Behavior and Its Maintenance. In: *Personality and social psychology review: an official journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc* 21 (3), S. 278–299. DOI: 10.1177/1088868316647562.

Beaver, A., Meagher, R. K., Keyserlingk, M.A.G. von, Weary, D. M. (2019): Invited review: A systematic review of the effects of early separation on dairy cow and calf health. *J Dairy Sci* 102:5784-5810. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15603>

- Belaid, M. A.; Rodríguez-Prado, M.; Rodríguez-Prado, D. V.; Chevaux, E.; Calsamiglia, S. (2020): Using behavior as an early predictor of sickness in veal calves. In: *Journal of dairy science* 103 (2), pp. 1874–1883. DOI: 10.3168/jds.2019-16887.
- Benetton, J. B., H. W. Neave, J. H. C. Costa, M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2019. Automatic weaning based on individual solid feed intake: Effects on behavior and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 102(6):5475-5491. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15830>.
- Bennedsgaard, T. W., Klaas, I. C., Vaarst, M. (2010): Reducing use of antimicrobials — Experiences from an intervention study in organic dairy herds in Denmark. *Livestock Science* 131(2-3): 183-192
- Berry, D. P. 2021. Invited review: Beef-on-dairy-The generation of crossbred beef x dairy cattle. *J Dairy Sci* 104(4):3789-3819.
- Bianca, W. (1976): The significance of meteorology in animal production. In: *International journal of biometeorology* 20 (2), pp. 139–156. DOI: 10.1007/BF01553047.
- BMAS (Hg.) (2024): Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Berichtsjahr 2023. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS).
- BMEL (2017): Nutztierhaltungsstrategie - Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. Online: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.html> Zugriff am 25.08.2021
- Borderas, Fernando T.; Passillé, Anne Marie B. de; Rushen, Jeff (2009): Temperature preferences and feed level of the newborn dairy calf. In: *Applied Animal Behaviour Science* 120 (1-2), pp. 56–61. DOI: 10.1016/j.applanim.2009.04.010.
- Bowen, J. M.; Haskell, M. J.; Miller, G. A.; Mason, C. S.; Bell, D. J.; Duthie, C-A (2021): Early prediction of respiratory disease in preweaning dairy calves using feeding and activity behaviors. In: *Journal of dairy science* 104 (11), pp. 12009–12018. DOI: 10.3168/jds.2021-20373.
- Branson, Kristin; Robie, Alice A.; Kabra, Mayank; Rivera-Alba, Marta; Branson, Steven (2013): JAABA: interactive machine learning for automatic annotation of animal behavior. In: *Nature Methods* 10 (1), S. 64–67. DOI: 10.1038/nmeth.2281.
- Breen, J.E., Bradley, A.J., Green, M.J. (2009): Quarter and cow risk factors associated with a somatic cell count greater than 199,000 cells per milliliter in United Kingdom dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 3106-3115. DOI: 10.3168/jds.2008-1562.
- Brenninkmeyer, C., Dippel, S., Brinkmann, J., March, S., Winckler, C., Knierim, U. (2013): Hock lesion epidemiology in cubicle housed dairy cows across two breeds, farming systems and countries. *Preventive Veterinary Medicine* 109, 236-245. Doi: 10.1016/j.prevetmed.2012.10.014.
- Brinkmann, J., Cimer, K., March, S., Ivemeyer, S., Pelzer, A., Schultheiß, U., Zapf, R., Winckler, C. (2020a): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. KTBL, Darmstadt, 2. Auflage.
- Brinkmann, J., Cimer, K., March, S., Ivemeyer, S., Pelzer, A., Schultheiß, U., Zapf, R., Winckler, C. (2020a): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. KTBL, Darmstadt, 2. Auflage.
- Brinkmann, J., March, S. (2010): Tiergesundheit in der ökologischen Milchviehhaltung - Status quo sowie (Weiter-) Entwicklung, Anwendung und Beurteilung eines präventiven Konzeptes zur Herdengesundheitsplanung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- Brinkmann, J., March, S., Barth, K., Drerup, C., Isselstein, J., Klocke, D., Krömker, V., Mersch, F., Müller, J., Rauch, P., Schumacher, U., Spiekens, H., Tichter, A., Volling, O., Weiler, M., Weiss, M., Winckler, C. (2012): Preventive animal health concepts in organic dairy farming: results of an interdisciplinary intervention study on mastitis and metabolic disorders in Germany. In *Udder Health and Communication*, Hogeveen, H., Lam, T.J.G.M., Eds.; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, pp. 111-111.

Brinkmann, J., March, S., Barth, K., Drerup, C., Isselstein, J., Klocke, D., Krömker, V., Mersch, F., Müller, J., Rauch, P., Schumacher, U., Spiekens, H., Tichter, A., Volling, O., Weiler, M., Weiß, M., Winckler, C. (2016): Reducing lameness in organic dairy herds following farm individual intervention measures. XXIX World Buiatrics Congress. Poster P03-003-153.

Brinkmann, J., March, S., Cimer, K., Schultheiß, U., Zapf, R. (2020b): Tierschutzindikatoren für Milchkühe/ Mastrinder/ Aufzuchtkälber: Vorschläge zu Ziel- und Alarmwerten für die betriebliche Eigenkontrolle. Online:

https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Milchkuehe.pdf

https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Mastrinder.pdf

https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Aufzuchtkaelber.pdf, Zugriff am 27.08.2021

Brinkmann, Jan; Cimer, Kornel; March, Solveig; Ivemeyer, Silvia; Pelzer, Andreas; Schultheiß, Ute et al. (Hg.) (2020): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. 2. aktualisierte Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.

Broom, Donald M. (2010): Cognitive ability and awareness in domestic animals and decisions about obligations to animals. In: *Applied Animal Behaviour Science* 126 (1-2), S. 1–11. DOI: 10.1016/j.applanim.2010.05.001.

Broucek, J.; Kisac, P.; Uhrincat, M.; Hanus, A.; Benc, F. (2008): Effect of high temperature on growth performance of calves maintained in outdoor hutches. In: *Journal of Animal and Feed Sciences* 17 (2), pp. 139–146. DOI: 10.22358/jafs/66477/2008.

Brscic M, Gottardo F, Tessitore E, Guzzo L, Ricci R, Cozzi G. Assessment of welfare of finishing beef cattle kept on different types of floor after short- or long-term housing. *Animal*. 2015;9(6):1053-1058. doi:10.1017/S1751731115000245

Brscic, M., Ricci, R., Prevedello, P., Lonardi, C., De Nardi, R., Contiero, B., Gottardo, F., & Cozzi, G. (2015). Synthetic rubber surface as an alternative to concrete to improve welfare and performance of finishing beef cattle reared on fully slatted flooring. *Animal*, 9(8), 1386–1392. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000592>

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen Schweiz (BLV) (2009): Stallklimawerte und ihre Messung in Rinderhaltungen (Fachinformation Tierschutz, 8.6).

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2025. Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Fleisch 2025. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/2025BerichtFleisch.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Burke, J., S. Roderick, (2006): Examination of the impact and effectiveness of herd health and welfare assessment in improving animal welfare on organic dairy farms, using qualitative interviews. Proceedings of the Joint Organic Congress, 30.-31.05.2006, Odense/Denmark, 512-513.

Callan, Robert J.; Garry, Franklyn B. (2002): Biosecurity and bovine respiratory disease. In: *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 18 (1), pp. 57–77. DOI: 10.1016/s0749-0720(02)00004-x.

Cardoso, Clarissa S.; Hötzel, Maria José; Weary, Daniel M.; Robbins, Jesse A.; Keyserlingk, Marina A. G. von (2016): Imagining the ideal dairy farm. In: *Journal of Dairy Science* 99 (2), S. 1663–1671. DOI: 10.3168/jds.2015-9925

Carter, Havelah S. M.; Renaud, David L.; Steele, Michael A.; Fischer-Tlustos, Amanda J.; Costa, Joao H. C. (2021): A Narrative Review on the Unexplored Potential of Colostrum as a Preventative Treatment and Therapy for Diarrhea in Neonatal Dairy Calves. In: *Animals* 11 (8). DOI: 10.3390/ani11082221.

Cederberg, C. and M. Stadig. 2003. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6):350-356.

- Chibanda C, Agethen K, Deblitz C, Zimmer Y, Almadani I, Garming H, Rohlmann C, Schütte J, Thobe P, Verhaagh M, Behrendt L, Tudela Staub DF, Lasner T (2020) The typical farm approach and its application by the Agri Benchmark network. *Agriculture* 10(12):646, DOI:10.3390/agriculture10120646
- Cicconi-Hogan, K.M., Gamroth, M., Richert, R., Ruegg, P.L., Stiglbauer, K.E., Schukken, Y.H. (2013): Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 96, 3689-3702. Doi: 10.3168/jds.2012-6271.
- Cimer, K., March, S., Zapf, R., Brinkmann, J. (2021): Online-Schulung Tierschutzindikatoren für Milchkühe und Aufzuchtkälber sowie Mastrinder. KTBL, Darmstadt, zu finden in <https://tierschutzindikatoren-schulung.ktbl.de>, Zugriff am 27.08.2021.
- Clark, B. et al. (2017). Citizens, consumers and farm animal welfare: A meta-analysis of willingness-to-pay studies. *Food Policy*
- Collier, R. J.; Zimbelman, R. B.; Rhoads, R. P.; Rhoads, M. L.; Baumgard, L. H. (2011): A Re-evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. In: *Western Dairy Management Conference*, pp. 113–126.
- Compton, C.W.R., Heuer, C., Thomsen, P.T., Carpenter, T.E., Phyn, C.V.C., McDougall, S. (2017): Invited review: A systematic literature review and meta-analysis of mortality and culling in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 100, 1-16. Doi: 10.3168/jds.2016-11302.
- Costa, J. H. C.; Keyserlingk, M. A. G. von; Weary, D. M. (2016): Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behavior, cognition, performance, and health. In: *Journal of dairy science* 99 (4), pp. 2453–2467. DOI: 10.3168/jds.2015-10144.
- Costa, Joao H. C.; Cantor, Melissa C.; Neave, Heather W. (2021): Symposium review: Precision technologies for dairy calves and management applications. In: *Journal of dairy science* 104 (1), pp. 1203–1219. DOI: 10.3168/jds.2019-17885.
- CowsAndMore. Digitale Schwachstellenanalyse in Milchviehbetrieben. proPlant Agrar- und Umweltinformatik GmbH. Münster. <https://cowsandmore.com/>, Zugriff am 27.08.2021
- Creutzinger, K. C., Dann, H. M., Krawczel, P. D., Habing, G. G., & Proudfoot, K. L. (2021a). The effect of stocking density and a blind on the behavior of Holstein dairy cattle in group maternity pens. Part I: Calving location, locomotion, and separation behavior. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7109–7121. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19744>
- Creutzinger, K. C., Dann, H. M., Krawczel, P. D., Moraes, L. E., Pairis-Garcia, M. D., & Proudfoot, K. L. (2021b). The effect of stocking density and a blind on the behavior of Holstein dairy cows in group maternity pens. Part II: Labor length, lying behavior, and social behavior. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7122–7134. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19745>
- Creutzinger, K. C., Dann, H. M., Moraes, L. E., Krawczel, P. D., & Proudfoot, K. L. (2021c). Effects of prepartum stocking density and a blind on physiological biomarkers, health, and hygiene of transition Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 886–898. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18718>
- Dachrodt, L.; Arndt, H.; Bartel, A.; Kellermann, L. M.; Tautenhahn, A.; Volkmann, M. et al. (2021): Prevalence of disorders in preweaned dairy calves from 731 dairies in Germany: A cross-sectional study. In: *Journal of dairy science* 104 (8), pp. 9037–9051. DOI: 10.3168/jds.2021-20283.
- Dado-Senn, B.; Ouellet, V.; Dahl, G. E.; Laporta, J. (2020a): Methods for assessing heat stress in preweaned dairy calves exposed to chronic heat stress or continuous cooling. In: *Journal of dairy science* 103 (9), pp. 8587–8600. DOI: 10.3168/jds.2020-18381.
- Dado-Senn, B.; Ouellet, V.; Lantigua, V.; van Os, J.; Laporta, J. (2023): Methods for detecting heat stress in hutch-housed dairy calves in a continental climate. In: *Journal of dairy science* 106 (2), pp. 1039–1050. DOI: 10.3168/jds.2022-22237.

Dado-Senn, B.; Vega Acosta, L.; Torres Rivera, M.; Field, S. L.; Marrero, M. G.; Davidson, B. D. et al. (2020b): Pre- and postnatal heat stress abatement affects dairy calf thermoregulation and performance. In: *Journal of dairy science* 103 (5), pp. 4822–4837. DOI: 10.3168/jds.2019-17926.

Dado-Senn, Bethany; Gingerich, Katie N.; Horvath, Kelsey C.; Field, Sena L.; Marrero, Marcela G.; Maunsell, Fiona et al. (2022): Early-life heat stress exposure impacts dairy calf feeding and thermoregulatory behavior. In: *JDS communications* 3 (1), pp. 38–43. DOI: 10.3168/jdsc.2021-0110.

de Vries, M., C. E. van Middelaar, and I. J. M. de Boer. 2015. Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. *Livestock Science* 178:279-288.

Deblitz C, Rohlmann C, Verhaagh M, Krause M, Hartmann W (2024) Berechnung der einzelbetrieblichen Kosten einer Teilnahme am Bundesprogramm zur Förderung des Umbaus der Tierhaltung in der Schweinehaltung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 36 p, Thünen Working Paper 233, DOI:10.3220/WP1708069947000

Deutscher Tierschutzbund (2021), Richtlinie Mast von Rindern aus Milchkuhbetrieben 2021, Kriterienkatalog für die Haltung und Behandlung von Rindern

Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. (2020): DLQ-Richtlinie 2.0, Definitionen und Berechnungen von Indikatoren und zugehörigen Vergleichswerten zur Durchführung der betrieblichen Eigenkontrolle und des Nationalen Tierwohlmonitorings. <https://q-check.org/wp-content/uploads/2020/05/DLQ-Richtlinie2.0.pdf>, Zugriff am 27.08.2021.

DIN 18910:2017-08, August 2017: Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe.

Dippel, S., Dolezal, M., Brenninkmeyer, C., Brinkmann, J., March, S., Knierim, U., Winckler, C. (2009): Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. *Journal of Dairy Science*, 92, 5476-5486. DOI: 10.3168/jds.2009-2288.

Donadio, J.P., De-Sousa, K.T., de Nazaré Santos Torres, R., Alves, T.C., Hötzel, M.J., Deniz, M. (2024) A meta-analysis approach to evaluate the effects of early group housing on calf performance, health, and behavior during the preweaning period. *Journal of Dairy Science*. Volume 108, Issue 1, January 2025, Pages 954-967. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25159>

Donlon, J. D.; McAloon, C. G.; Hyde, R.; Aly, S.; Pardon, B.; Mee, J. F. (2023a): A systematic review of the relationship between housing environmental factors and bovine respiratory disease in pre-weaned calves - Part 1: Ammonia, air microbial count, particulate matter and endotoxins. In: *The Veterinary Journal* 300-302, pp. 106031. DOI: 10.1016/j.tvjl.2023.106031.

Donlon, J. D.; McAloon, C. G.; Hyde, R.; Aly, S.; Pardon, B.; Mee, J. F. (2023b): A systematic review of the relationship between housing environmental factors and bovine respiratory disease in pre-weaned calves - Part 2: Temperature, relative humidity and bedding. In: *The Veterinary Journal* 300-302, pp. 106032. DOI: 10.1016/j.tvjl.2023.106032.

Duckett, S. K., & Pavan, E. (2024). Effect of post-weaning concentrate feeding prior to forage finishing on intramuscular fat deposition. *Animals*, 14(3), 496. <https://doi.org/10.3390/ani14030496>

Duve, L. R.; Jensen, M. B. (2012): Social behavior of young dairy calves housed with limited or full social contact with a peer. In: *Journal of dairy science* 95 (10), pp. 5936–5945. DOI: 10.3168/jds.2012-5428.

Edwards, E. M., Krawczel, P. D., Dann, H. M., Schneider, L. G., Whitlock, B., & Proudfoot, K. L. (2020). Calving location preference and changes in lying and exploratory behavior of preparturient dairy cattle with access to pasture. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5455–5465. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17218>

EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2012), Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2669>

EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW); Nielsen, Søren Saxmose; Alvarez, Julio; Bicot, Dominique Joseph; Calistri, Paolo; Canali, Elisabetta et al. (2023): Welfare of calves. In: *EFSA journal. European Food Safety Authority* 21 (3), e07896. DOI: 10.2903/j.efsa.2023.7896.

EiKoTiGer-Projektkonsortium (2020): Erhebung-Tierschutzindikatoren. Anwendung zur Erhebung Verrechnung von Tierschutzindikatoren für Rind, Schwein und Geflügel (Version 2.01) für Microsoft Excel® für Windows. KTBL, Darmstadt. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/tierschutzindikatoren-erhebung/>, Zugriff am 27.08.2021

Eilers, Uwe (2008): Aktuelle Anforderungen und Systeme für die Kälberhaltung.

EIP-Projekt Eutergesundheit (laufend in SH): Entwicklung eines Praxistools für nachhaltiges Eutergesundheitsmanagement. Ökoring im Norden e.V. <https://www.eutergesund.net/projekt/>, Zugriff am 27.08.2021.

Elkind, Pamela Dee (2007): Perceptions of risk, stressors, and locus of control influence intentions to practice safety behaviors in agriculture. In: *Journal of agromedicine* 12 (4), S. 7–25. DOI: 10.1080/10599240801985167.

Farm Animal Welfare Council (FAWC) (1979): Five Freedoms. London, UK: Farm Animal Welfare Council

Feldmann, Maren (2022): Gute Lungengesundheit. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hg.): Info-Tag Grub: Neue Ansätze für Aufzucht, Mast und Haltungstechnik - mit fitten Kälbern in die Zukunft. Grub, 19.10.2022, S. 8–10.

Festinger, L., H. W. Riecken, and S. Schachter. 1956. When prophecy fails. University of Minnesota Press, Minneapolis.

Fishkin, J.S., 2011: What Should Constitutions Do? In: *Deliberative Democracy and Constitutions*, pp. 242 – 260. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151528.011>

Fonseca RP, Sanchez-Sabate R. Consumers' Attitudes towards Animal Suffering: A Systematic Review on Awareness, Willingness and Dietary Change. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(23)

Frank, N. A.; Kaneene, J. B. (1993): Management risk factors associated with calf diarrhea in Michigan dairy herds. In: *Journal of dairy science* 76 (5), pp. 1313–1323. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77462-7.

Fraser, A. F. (1983): The behaviour of maintenance and the intensive husbandry of cattle, sheep and pigs. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 9 (1), S. 1–23. DOI: 10.1016/0167-8809(83)90002-6.

Fraser, D. (2008): *Understanding Animal Welfare: The Science in its Cultural Context*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell

Fraser, D., Weary, D.M., Pajor, E.A., Milligan, B.N. (1997): A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 6, S. 187–205

Friard, O., Gamba, M., 2016. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution* 7, 1325–1330. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12584>

Frickh, J., K. Elixhauser, G. Ibi, and C. Mikula. 2001. Adaptierung von Untersuchungsmethoden für die routinemäßige Prüfung auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Prüfung. *Forschungsbericht für das Projekt L 1168*:14.

Frieten D, Magierski V, Brinkmann J, March S (2023) Haltung Kalb: Erhebungsleitfaden Nationales Tierwohl-Monitoring. Konsortium des Projektes Nationales Tierwohl-Monitoring (NaTiMon), 40 p., DOI: 10.3220/MX1681994947000.

Frieten D, Magierski V, Brinkmann J, March S (2023) Haltung Mastrind: Erhebungsleitfaden Nationales Tierwohl-Monitoring. Konsortium des Projektes Nationales Tierwohl-Monitoring (NaTiMon), 41 p., DOI: 10.3220/MX1681995208000.

Frieten D, Magierski V, Brinkmann J, March S (2023) Haltung Milchkuh: Erhebungsleitfaden Nationales Tierwohl-Monitoring. Konsortium des Projektes Nationales Tierwohl-Monitoring (NaTiMon), 46 p., DOI: 10.3220/MX1681995466000.

Fröhner, Ariane; Reiter, Klaus (2005): Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung. Literaturstudie für ein Forschungsprojekt. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hg.): Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 11/2005.

Gaudino, Maria; Nagamine, Brandy; Ducatez, Mariette F.; Meyer, Gilles (2022): Understanding the mechanisms of viral and bacterial coinfections in bovine respiratory disease: a comprehensive literature review of experimental evidence. In: *Veterinary research* 53 (70). DOI: 10.1186/s13567-022-01086-1.

Gaughan, J. B.; Mader, T. L.; Holt, S. M.; Hahn, G. L.; Young, B. A. (2002): Review of current assessment of cattle and microclimate during periods of high heat load. In: D. K. Revell and D. Taplin (Hg.): American Society of Animal Science - Annual Meeting. Adelaide, S.A. (24), pp. 77–80.

Geuder, U., M. Pickl, M. Scheidler, M. Schuster, and K. Götz. 2012. Mast-, Schlachtleistung und Fleischqualität bayerischer Rinderrassen. *Zuchtungskunde* 84:485-499.

Gillet, R., M. Schneider, and K. Barth. 2025. Calf presence in the cow herd: associations with growth, health, and herd horn status in a cow-calf contact system. *Livestock Science* 302:105834. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105834>.

Green, M.J., Leach, K.A., Breen, J.E., Green, L.E., Bradley, A.J. (2007): National intervention study of mastitis control in dairy herds in England and Wales. *Veterinary Record* 160, 287.

Grethe, H. 2017. The Economics of Farm Animal Welfare. *Annual Review of Resource Economics* 9(1):75-94.

Gstöttinger, Monika (2023): Schlauchlüftungen im Kälberstall. In: *Fleckvieh Austria* 5, 2023, S. 10–11.

Gulliksen, S. M.; Lie, K. I.; Løken, T.; Osterås, O. (2009): Calf mortality in Norwegian dairy herds. In: *Journal of dairy science* 92 (6), pp. 2782–2795. DOI: 10.3168/jds.2008-1807.

Guo, Yangyang; He, Dongjian; Chai, Lilong (2020): A Machine Vision-Based Method for Monitoring Scene-Interactive Behaviors of Dairy Calf. In: *Animals* 10 (2). DOI: 10.3390/ani10020190.

Haidt, J. (2001): The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment. In: *Psychological Review* 108 (4), S. 814–834. DOI: 10.1037/0033-295x.108.4.814.

Halbach, Courtney; Robertson, Jamie (2021): Ensuring optimal ventilation of calf buildings. In: *In Practice* 43 (10), pp. 571–578. DOI: 10.1002/inpr.152.

Halli, K.; Cohrs, I.; Brügemann, K.; Koch, C.; König, S. (2023): Effects of temperature-humidity index on blood metabolites of German dairy cows and their female calves. In: *Journal of dairy science* 106 (10), pp. 7281–7294. DOI: 10.3168/jds.2022-22890.

Hanekamp, W.J.A; Smits, A.C; Wierenga, H.K (1994): Open versus closed barn and individual versus group-housing for bull calves destined for beef production. In: *Livestock Production Science* 37 (3), pp. 261–270. DOI: 10.1016/0301-6226(94)90121-X.

Hankins, Elise; Jenkins, Rob; Bousfield, Ellen; Wilks, Matti (2024): Diet predicts mind and moral concern towards a broad range of animal categories. In: *Psychol. Hum.-Anim. Intergr. Relat.* 3, Artikel e14597. DOI: 10.5964/phair.14597

Hänninen, L.; Hepola, H.; Rushen, J.; Passillé, A. M. de; Pursiainen, P.; Tuure, V.-m. et al. (2003): Resting Behaviour, Growth and Diarrhoea Incidence Rate of Young Dairy Calves Housed Individually or in Groups in Warm or Cold Buildings. In: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 53 (1), pp. 21–28. DOI: 10.1080/09064700310002008.

Hansen, Christiane (2020): Untersuchungen zum Temperatugeschehen in Kälberglus im Freien und unter Dach. In: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (Hg.): Beiträge zum Thema Stallklima in der Tierhaltung 2020. Arbeitsgruppe "Stallklima und Emissionen" der Koordinierungsgruppe Tierhaltung, S. 54–60.

- Harms, R., Gier-Reinartz, N.R., Kenning, P. (2024): Einflussfaktoren auf die gesellschaftliche Wahrnehmung und Akzeptanz der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung aus Sicht des Lebensmitteleinzelhandels. *SocialLab II. Journal of Consumer Protection and Food Safety*. Volume 19. S. 75–89. <https://doi.org/10.1007/s00003-024-01486-9>
- Henchion, M. M., McCarthy, M., & Resconi, V. C. (2017). Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.006>
- Hill, T. M.; Bateman, H. G.; Aldrich, J. M.; Quigley, J. D.; Schlotterbeck, R. L. (2013): Short communication: intensive measurements of standing time of dairy calves housed in individual pens within a naturally ventilated, unheated nursery over different periods of the year. In: *Journal of dairy science* 96 (3), pp. 1811–1814. DOI: 10.3168/jds.2012-6206.
- Hill, T. M.; Bateman, H. G.; Aldrich, J. M.; Schlotterbeck, R. L. (2011): Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves. In: *Journal of dairy science* 94 (4), pp. 2138–2146. DOI: 10.3168/jds.2010-3841.
- Hocquette, J. F., F. Gondret, E. Baeza, F. Medale, C. Jurie, and D. W. Pethick. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal* 4(2):303-319.
- Holmes, C. W.; McLean, N. A. (1975): Effects of air temperature and air movement on the heat produced by young Friesian and Jersey calves, with some measurements of the effects of artificial rain. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 18 (3), pp. 277–284. DOI: 10.1080/00288233.1975.10423645.
- Hötzel, Maria J.; Cardoso, Clarissa S.; Roslindo, Angélica; Keyserlingk, Marina A. G. von (2017): Citizens' views on the practices of zero-grazing and cow-calf separation in the dairy industry: Does providing information increase acceptability? In: *Journal of Dairy Science* 100 (5), S. 4150–4160. DOI: 10.3168/jds.2016-11933
- http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf, Zugriff am 25.08.2021
- http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf, Zugriff am 25.08.2021
- https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Milchkuehe.pdf
- https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Mastrinder.pdf
- https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/KTBL-TI-Tierschutzindikatoren_Zielwerte_Aufzuchtkaelber.pdf
- Huber, R., R. Baumung, M. Wurzinger, D. Semambo, O. Mwai, and C. Winckler. 2008. Grazing, social and comfort behaviour of Ankole and crossbred (Ankole×Holstein) heifers on pasture in south western Uganda. *Applied Animal Behaviour Science* 112(3-4):223-234.
- Huxley, J.N., J. Burke, S. Roderick, D.C.J. Main, H.R. Whay, (2004): Animal welfare assessment benchmarking as a tool for health and welfare planning in organic dairy herds. *Veterinary Record* 155, 237-239.
- Isermeyer, F. 2024. Deutsche Landwirtschaft im Klimawandel–Die wichtigsten Stellschrauben für die Zukunft. in *Proc. Agrarforschung zum Klimawandel: Konferenz der Deutschen Agrarforschungsallianz*, Potsdam.
- Ivemeyer, S., Bell, N.J., Brinkmann, J., Cimer, K., Gratzer, E., Leeb, Ch., March, S., Mejdell, C.M., Roderick, St., Smolders, G., Walkenhorst, M., Winckler, Ch., Vaarst, M. (2015): Farmers taking responsibility for herd health development – stable schools in research and advisory activities as a tool for dairy health and welfare planning in Europe. *Organic Agriculture* 5(2):135-141. Doi: 10.1007/s13165-015-0101-y.

- Ivemeyer, S., J. Brinkmann, S. March, C. Simantke, C. Winckler, and U. Knierim. 2018. Major organic dairy farm types in Germany and their farm, herd, and management characteristics. *Organic Agriculture* 8(3):231-247.
- Ivemeyer, S., Smolders, G., Brinkmann, J., Gratzner, E., Hansen, B., Henriksen, B. I.F., Huber, J., Leeb, C., March, S., Mejdell, C., Nicholas, P., Roderick, S., Stöger, E., Vaarst, M., Whistance, L. K., Winckler, C., Walkenhorst, M. (2012): Impact of animal health and welfare planning on medicine use, herd health and production in European organic dairy farms. *Livestock Science* 145: 63-72. Doi: 10.1016/j.livsci.2011.12.023.
- Jensen, M. B., & Rørvang, M. V. (2018). The degree of visual cover and location of birth fluids affect dairy cows' choice of calving site. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9483–9492. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14724>
- Jensen, M. B., & Tolstrup, R. B. (2021). A survey on management and housing of peri-parturient dairy cows and their calves. *Animal*, 15(11), 100388. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100388>
- Jensen, M. B., Herskin, M. S., & Rørvang, M. V. (2019). Secluded maternity areas for parturient dairy cows offer protection from herd members. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5492–5500. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15893>
- Johnsen, J. F., C. M. Mejdell, A. Beaver, A. M. de Passillé, J. Rushen, and D. M. Weary. 2018. Behavioural responses to cow-calf separation: The effect of nutritional dependence. *Appl Anim Behav Sci* 201:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.12.009>.
- Kalbe, C., A. Priepke, G. Nurnberg, and D. Dannenberger. 2019. Effects of long-term microalgae supplementation on muscle microstructure, meat quality and fatty acid composition in growing pigs. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 103(2):574-582.
- Karle, B. M.; Maier, G. U.; Love, W. J.; Dubrovsky, S. A.; Williams, D. R.; Anderson, R. J. et al. (2019): Regional management practices and prevalence of bovine respiratory disease in California's pre-weaned dairy calves. In: *Journal of dairy science* 102 (8), pp. 7583–7596. DOI: 10.3168/jds.2018-14775.
- Kim, Won Seob; Lee, Jae-Sung; Jeon, Seung Woo; Peng, Dong Qiao; Kim, Young Shin; Bae, Mun Hee et al. (2017): Correlation between blood, physiological and behavioral parameters in beef calves under heat stress. In: *Asian-Australasian journal of animal sciences* 31 (6), pp. 919–925. DOI: 10.5713/ajas.17.0545.
- Kim, Won-Seob; Peng, Dong-Qiao; Jo, Yong-Ho; Nejad, Jalil Ghassemi; Lee, Hong-Gu (2021): Responses of beef calves to long-term heat stress exposure by evaluating growth performance, physiological, blood and behavioral parameters. In: *Journal of thermal biology* 100, pp. 103033. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103033.
- Knierim, U. (2002): Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit bei Nutztieren. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 109, 2002, 261–266
- Knierim, U. (2016): Methoden und Konzepte der angewandten Ethologie und Tierwohlforschung. In: Köchy, K./Wunsch, M. & Böhnert, M. (Hrsg.). *Philosophie der Tierforschung*. Band 2, Freiburg: Verlag Karl Alber, 87–101
- Kovács, L.; Kézér, F. L.; Póti, P.; Boros, N.; Nagy, K. (2020): Short communication: Upper critical temperature-humidity index for dairy calves based on physiological stress variables. In: *Journal of dairy science* 103 (3), pp. 2707–2710. DOI: 10.3168/jds.2019-17459.
- Kovács, L.; Kézér, F. L.; Ruff, F.; Szenci, O.; Jurkovich, V. (2018a): Association between human and animal thermal comfort indices and physiological heat stress indicators in dairy calves. In: *Environmental research* 166, pp. 108–111. DOI: 10.1016/j.envres.2018.05.036.
- Kovács, Levente; Kézér, Fruzsina L.; Bakony, Mikolt; Jurkovich, Viktor; Szenci, Ottó (2018b): Lying down frequency as a discomfort index in heat stressed Holstein bull calves. In: *Scientific reports* 8 (1), pp. 15065. DOI: 10.1038/s41598-018-33451-6.

Kovács, Levente; Kézér, Fruzsina Luca; Ruff, Ferenc; Jurkovich, Viktor; Szenci, Ottó (2018c): Heart rate, cardiac vagal tone, respiratory rate, and rectal temperature in dairy calves exposed to heat stress in a continental region. In: *International journal of biometeorology* 62 (10), pp. 1791–1797. DOI: 10.1007/s00484-018-1581-8.

KTBL (2020) Betriebsplanung 2020/21. Darmstadt.

KTBL (2025) Faustzahlen für den Ökologischen Landbau. Darmstadt.

Kuh- und Stall-Silhouette als Icon für Haltung Milchkühe

Kühl, Sarah; Busch, Gesa; Gauly, Matthias (2021): How should beef be produced? Consumer expectations and views on local beef production in South Tyrol (Italy). In: *BFJ* 123 (4), S. 1578–1595. DOI: 10.1108/BFJ-07-2020-0571.

Kunz, Hans-Jürgen (2020): Im Kälberstall zählen die Details. In: *DLG Mitteilungen* 12, S. 42–45.

Kunz, Peter; Montadon, Gabriele (1985): Vergleichende Untersuchungen zur Haltung von Kälbern im Warm- und Kaltstall während der ersten 100 Lebenstage. In: *Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik FAT* 26, S. 1–126.

Kyriazakis, I., Arndt, C., Aubry, A., Charlier, J., Ezenwa, V. O., Godber, O. F., Krogh, M., Mostert, P. F., Orsel, K., Robinson, M. W., Ryan, F. S., Skuce, P. J., Takahashi, T., van Middelaar, C. E., Vigors, S., & Morgan, E. R. (2024). Improve animal health to reduce livestock emissions: quantifying an open goal. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 291(2027), 20240675. <https://doi.org/doi:10.1098/rspb.2024.0675>

Laca, A., A. Laca, and M. Diaz. 2023. Environmental advantages of coproducing beef meat in dairy systems. *Environ Technol* 44(4):446-465.

Lago, A.; McGuirk, S. M.; Bennett, T. B.; Cook, N. B.; Nordlund, K. V. (2006): Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. In: *Journal of dairy science* 89 (10), pp. 4014–4025. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6.

Land und Forst (versch. Ausgaben) Grundfutterpreise Marktnotizen. Oldenburg.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg) (2022) Richtwertdeckungsbeiträge 2021. Oldenburg

Lindahl, Cecilia; Lundqvist, Peter; Norberg, Annika Lindahl (2012): Swedish dairy farmers' perceptions of animal-related injuries. In: *Journal of agromedicine* 17 (4), S. 364–376. DOI: 10.1080/1059924X.2012.713839.

Lorenz, Ingrid; Earley, Bernadette; Gilmore, John; Hogan, Ian; Kennedy, Emer; More, Simon J. (2011a): Calf health from birth to weaning. III. housing and management of calf pneumonia. In: *Irish veterinary journal* 64 (1), pp. 14. DOI: 10.1186/2046-0481-64-14.

Lorenz, Ingrid; Fagan, John; More, Simon J. (2011b): Calf health from birth to weaning. II. Management of diarrhoea in pre-weaned calves. In: *Irish veterinary journal* 64 (1), pp. 9. DOI: 10.1186/2046-0481-64-9.

Lorenz, Ingrid; Huber, Regina; Trefz, Florian M. (2021): A High Plane of Nutrition Is Associated with a Lower Risk for Neonatal Calf Diarrhea on Bavarian Dairy Farms. In: *Animals* 11 (11). DOI: 10.3390/ani11113251.

Lorenz, Ingrid; Mee, John F.; Earley, Bernadette; More, Simon J. (2011c): Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. In: *Irish veterinary journal* 64 (1), pp. 10. DOI: 10.1186/2046-0481-64-10.

Louie, A. P.; Rowe, J. D.; Love, W. J.; Lehenbauer, T. W.; Aly, S. S. (2018): Effect of the environment on the risk of respiratory disease in preweaning dairy calves during summer months. In: *Journal of dairy science* 101 (11), pp. 10230–10247. DOI: 10.3168/jds.2017-13716.

Lowe, G. L.; Sutherland, M. A.; Waas, J. R.; Schaefer, A. L.; Cox, N. R.; Stewart, M. (2019): Physiological and behavioral responses as indicators for early disease detection in dairy calves. In: *Journal of dairy science* 102 (6), pp. 5389–5402. DOI: 10.3168/jds.2018-15701.

- Lundborg, G. K.; Svensson, E. C.; Oltenacu, P. A. (2005): Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves aged 0-90 days. In: *Preventive veterinary medicine* 68 (2-4), pp. 123–143. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2004.11.014.
- Magrin, L., Brscic, M., Armato, L., Contiero, B., Lotto, A., Cozzi, G., Gottardo, F. (2020): Risk factors for claw disorders in intensively finished Charolais beef cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 175, 104864. Doi:10.1016/j.prevetmed.2019.104864.
- Mahendran, Sophie A.; Blackie, Nicola; Wathes, D. Claire; Booth, Richard E. (2023a): Comparison of environment quality measurements between 3 types of calf housing in the United Kingdom. In: *Journal of dairy science* 106 (4), pp. 2461–2474. DOI: 10.3168/jds.2022-22613.
- Mahendran, Sophie A.; Wathes, D. Claire; Booth, Richard E.; Baker, Neil; Blackie, Nicola (2023b): Effects of Individual and Pair Housing of Calves on Short-Term Health and Behaviour on a UK Commercial Dairy Farm. In: *Animals* 13 (13). DOI: 10.3390/ani13132140.
- Maier, G. U.; Love, W. J.; Karle, B. M.; Dubrovsky, S. A.; Williams, D. R.; Champagne, J. D. et al. (2019): Management factors associated with bovine respiratory disease in preweaned calves on California dairies: The BRD 100 study. In: *Journal of dairy science* 102 (8), pp. 7288–7305. DOI: 10.3168/jds.2018-14773.
- Main, D.C.J., Whay, H.R., Lee, C., Webster, A.J.F. (2007): Formal animal-based welfare assessment in UK certification schemes. *Animal Welfare* 16, 233-236.
- Marcé, C.; Guatteo, R.; Bareille, N.; Fourichon, C. (2010): Dairy calf housing systems across Europe and risk for calf infectious diseases. In: *Animal* 4 (9), pp. 1588–1596. DOI: 10.1017/S1751731110000650.
- March, S., Brinkmann, J., Winckler, C. (2012): Improvement of udder health following implementation of herd health plans in organic dairy farms: results of a pilot study in Germany. In *Udder Health and Communication*, Hogeveen, H., Lam, T.J.G.M., Eds.; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, pp. 91-99.
- March, S., Brinkmann, J., Winckler, C. (2014): Improvement of animal health in organic dairy farms through 'stable schools': selected results of a pilot study in Germany. *Organic Agriculture* 4: 319–323. Doi: 10.1007/s13165-014-0071-5.
- McGuirk, S. 2007. Troubleshooting dairy calf pneumonia problems. in Proc. Proceedings of the Twenty fifth Annual ACVIM Forum. Seattle, Washington.
- McGuirk, S. M. 2008. Disease management of dairy calves and heifers. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 24(1):139-153.
- Meagher, R. K., A. Beaver, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2019. Invited review: A systematic review of the effects of prolonged cow-calf contact on behavior, welfare, and productivity. *Journal of dairy science* 102(7):5765-5783. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16021>.
- Mehdi, Youcef; Dufrasne, Isabelle (2016): Selenium in Cattle: A Review. In: *Molecules* 21 (4), pp. 545. DOI: 10.3390/molecules21040545.
- Möller, R., G. Nürnberg, E. Albrecht, W. Ruth, G. A. Brockmann, and D. Dannenberger. 2019. A Method for Analyzing Fatty Acids in Cattle Hair, with Special Emphasis on Lauric Acid and Myristic Acid. *European Journal of Lipid Science and Technology* 121(11).
- Mottet, A., C. de Haan, A. Falcucci, G. Tempio, C. Opio, and P. Gerber. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14:1-8.
- Murphy, B., P. Crosson, A. K. Kelly, and R. Prendiville. 2017. An economic and greenhouse gas emissions evaluation of pasture-based dairy calf-to-beef production systems. *Agricultural Systems* 154:124-132.
- Nardone, A.; Ronchi, B.; Lacetera, N.; Bernabucci, U. (2006): Climatic Effects on Productive Traits in Livestock. In: *Veterinary Research Communications* 30 (S1), pp. 75–81. DOI: 10.1007/s11259-006-0016-x.

- Neuwirth, J. G.; Norton, J. K.; Rawlings, C. A.; Thompson, F. N.; Ware, G. O. (1979): Physiologic responses of dairy calves to environmental heat stress. In: *International journal of biometeorology* 23 (3), pp. 243–254. DOI: 10.1007/BF01553775.
- Noack P, Precision Farming – Smart Farming – Digital Farming, Grundlagen und Anwendungsfelder, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2024, 318 Seiten, 170 x 240 mm, Broschur, ISBN 978-3-87907-730-4, E-Book: ISBN 978-3-87907-731-1
- Nogalski, Z., Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., Nogalska, A., Modzelewska-Kapituła, M., & Purwin, C. (2018). Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 279-288.
- Nonnecke, B. J.; Foote, M. R.; Miller, B. L.; Fowler, M.; Johnson, T. E.; Horst, R. L. (2009): Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves. In: *Journal of dairy science* 92 (12), pp. 6134–6143. DOI: 10.3168/jds.2009-2517.
- Nordlund, Kenneth V. (2008): Practical considerations for ventilating calf barns in winter. In: *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice* 24 (1), pp. 41–54. DOI: 10.1016/j.cvfa.2007.10.006.
- Okamoto, Masahiro; Sone, Akio; Hoshiba, S. (1993): Comparison of performance of young calves in several housing systems in the winter of cold regions. In: *Asian-Australasian journal of animal sciences* 6 (2), pp. 305–311.
- Pempek, J. A.; Eastridge, M. L.; Swartzwelder, S. S.; Daniels, K. M.; Yohe, T. T. (2016): Housing system may affect behavior and growth performance of Jersey heifer calves. In: *Journal of dairy science* 99 (1), pp. 569–578. DOI: 10.3168/jds.2015-10088.
- Placzek, M.; Christoph-Schulz, I.; Barth, K. (2021): Public attitude towards cow-calf separation and other common practices of calf rearing in dairy farming—a review. In: *Org. Agr.* 11 (1), S. 41–50. DOI: 10.1007/s13165-020-00321-3.
- Platz S, Ahrens F, Bahrs E, Nüske S, Erhard MH (2007). Association between floor type and behaviour, skin lesions, and claw dimensions in group-housed fattening bulls. *Prev Vet Med* 80:209-221.
- Platz S, Ahrens F, Bendel J, Meyer HHD, Erhard MH (2008). What happens with cow behaviour when replacing concrete slatted floor by rubber coating: a case study. *J Dairy Sci* 91:999-1004.
- Polsky, Liam; Keyserlingk, Marina A. G. von (2017): Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. In: *Journal of dairy science* 100 (11), pp. 8645–8657. DOI: 10.3168/jds.2017-12651.
- PraeRi (2020): Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht, 30.06.2020, https://ibei.tiho-hannover.de/praeRi/pages/69#_AB, Zugriff am 27.08.2021.
- PraeRi (2020): Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht. Online verfügbar unter https://ibei.tiho-hannover.de/praeRi/pages/69#_AB.
- Proudfoot, K. L. (2023). ADSA Foundation Scholar Award: What makes for a good life for transition dairy cows? Current research and future directions. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 5896–5907. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23194>
- Proudfoot, K. L., Jensen, M. B., Weary, D. M., & Keyserlingk, M. A. G. von (2014). Dairy cows seek isolation at calving and when ill. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2731–2739. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7274>
- Pyo, J.; Hare, K.; Pletts, S.; Inabu, Y.; Haines, D.; Sugino, T. et al. (2020): Feeding colostrum or a 1:1 colostrum:milk mixture for 3 days postnatal increases small intestinal development and minimally influences plasma glucagon-like peptide-2 and serum insulin-like growth factor-1 concentrations in Holstein bull calves. In: *Journal of dairy science* 103 (5), pp. 4236–4251. DOI: 10.3168/jds.2019-17219.

R Core Team (2023): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 4.2.3. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Online verfügbar unter <https://www.r-project.org/>.

Rahmann, G., H. Nieberg, S. Drengemann, A. Fenneker, S. March, and C. Zurek. 2004. Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes.

Raussi, S.; Lensink, B. J.; Boissy, A.; Pyykkönen, M.; Veissier, I. (2003): The Effect of Contact with Conspecifics and Humans on Calves' Behaviour and Stress Responses. In: *Animal Welfare* 12 (2), pp. 191–202. DOI: 10.1017/S096272860002563X.

Reiber, C., M. Wollmeister, and M. Chagunda. 2020. Status quo und Determinanten der Kälbervermarktung von ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben in Baden-Württemberg. *Züchtungskunde* 92:320-338.

Reuscher, Kimberly J.; Salter, Rekia S.; Da Silva, Tadeu E.; van Os, Jennifer M. C. (2024): Comparison of behavior, thermoregulation, and growth of pair-housed versus individually housed calves in outdoor hutches during continental wintertime. In: *Journal of dairy science* 107 (4), pp. 2268–2283. DOI: 10.3168/jds.2023-23941.

Richter, Thomas (2005): Stallklima für Kälber und Jungrinder - Lehren aus dem Bundeswettbewerb Landwirtschaftliches Bauen 2004. In: *Agricultural engineering.Eu* 60 (1), S. 44–45. DOI: 10.1515/lt.2005.1163.

Ristic, M. 1987. Genusswert von Rindfleisch. Rindfleisch–Schlachtkörperqualität und Fleischqualität, Kulmbacher Reihe 7:207-234.

Ritter, C., Hötzel, M.J., von Keyserlingk, M.a.G. (2022) Public attitudes toward different management scenarios for “surplus” dairy calves. *J. Dairy Sci.* 105:5909–5925.

Robbins, J.A., Franks, B., Weary, D.M. und von Keyserlinks, M.A.G. (2016): Awareness of ag-gag laws erodes trust in farmers and increases support for animal welfare regulations. In: *Food Policy* 61: 121-125

Rodriguez-Ortega, T., E. Oteros-Rozas, R. Ripoll-Bosch, M. Tichit, B. Martin-Lopez, and A. Bernues. 2014. Applying the ecosystem services framework to pasture-based livestock farming systems in Europe. *Animal* 8(8):1361-1372.

Roland, L.; Drillich, M.; Klein-Jöbstl, D.; Iwersen, M. (2016): Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. In: *Journal of dairy science* 99 (4), pp. 2438–2452. DOI: 10.3168/jds.2015-9901.

Román, S., Sánchez-Siles, L. M., & Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.010>

Rorvang et al., 2018: The motivation-based calving facility: Social and cognitive factors influence isolation seeking behaviour of Holstein dairy cows at calving. *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191128>

Rosenfeld, Daniel L. (2019): Ethical Motivation and Vegetarian Dieting: The Underlying Role of Anti-speciesist Attitudes. In: *Anthrozoös* 32 (6), S. 785–796. DOI: 10.1080/08927936.2019.1673048.

Roth, B. A., N. M. Keil, L. Gygax, and E. Hillmann. 2009. Influence of weaning method on health status and rumen development in dairy calves. *J Dairy Sci* 92(2):645-656. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1153>.

Roth, B. A., N. M. Keil, L. Gygax, and E. Hillmann. 2009. Influence of weaning method on health status and rumen development in dairy calves. *J Dairy Sci* 92(2):645-656.

Rouha-Muelleder C, Absmanner E, Kahrer E, et al. Alternative housing systems for fattening bulls under Austrian conditions with special respect to rubberised slatted floors. *Animal Welfare*. 2012;21(1):113-126. doi:10.7120/096272812799129394

Rutherford, N. H., A. W. Gordon, G. Arnott, and F. O. Lively. 2020. The Effect of Beef Production System on the Health, Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Holstein Bulls. *Animals (Basel)* 10(10).

Sanders, J., J. Brinkmann, L. Chmelikova, F. Ebertseder, A. Freibauer, F. Gottwald, A. Haub, M. Hauschild, J. Hoppe, K.-J. Hülsbergen, R. Jung, D. Kusche, K. Levin, S. March, K. Schmidtke, K. Stein-Bachinger, H. Treu, P. Weckenbrock, K. Wiesinger, A. Gattinger, and J. Heß. 2025. Benefits of organic agriculture for environment and animal welfare in temperate climates. *Organic Agriculture*. Schaefer, D. M. 2005. Yield and quality of Holstein beef. Managing & Marketing Quality Holstein Steers Proceedings. University of Minnesota Dairy Extension, Rochester, MN www.extension.umn.edu/dairy/holsteinsteers/pdfs/papers/YieldAndQuality_Schaefer.pdf.

Schneider, Laura; Volkmann, Nina; Spindler, Birgit; Kemper, Nicole (2020): Synchronisation des Liegeverhaltens von Mastbullen bei verschiedenen Platzangeboten. In: Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere 48 (5), S. 310–316. DOI: 10.1055/a-1235-8926.

Schrama, J. W.; Arieli, A.; Brandsma, H. A.; Luiting, P.; Verstegen, M. W. (1993): Thermal requirements of young calves during standing and lying. In: *Journal of animal science* 71 (12), pp. 3285–3292. DOI: 10.2527/1993.71123285x.

Schulze Westerath H, Gygax L, Mayer C (2004). Liegeverhalten von Mastbullen in Liegeboxenlaufställen mit weichen Matten. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift 437: 42-50. Darmstadt. ISBN 3-7843-2183-6.

Schulze, M., Busch, G., Spiller, A. (2021): Verbraucherbefragung Innovationsnetzwerk Rind (InnoRind). Unveröffentlicht

Schulze, M., S. Kühl, and G. Busch. 2023. We have Some Calves left! Socially Accepted Alternatives to the Current Handling of Male Calves from Dairy Production. *Food Ethics* 8(2).

Sheldon, Kristi J.; Deboy, Gail; Field, William E.; Albright, Jack L. (2009): Bull-related incidents: their prevalence and nature. In: *Journal of agromedicine* 14 (3), S. 357–369. DOI: 10.1080/10599240903042024.

Sibley, R. (2006): Developing health plans for the dairy herd. In *Practice* 2006 28: 114-121
Silva, Fernanda Lavínia Moura; Bittar, Carla Maris Machado (2019): Thermogenesis and some rearing strategies of dairy calves at low temperature – a review. In: *Journal of Applied Animal Research* 47 (1), pp. 115–122. DOI: 10.1080/09712119.2019.1580199.

Silva, Flávio G.; Conceição, Cristina; Pereira, Alfredo M. F.; Cerqueira, Joaquim L.; Silva, Severiano R. (2023): Literature Review on Technological Applications to Monitor and Evaluate Calves' Health and Welfare. In: *Animals* 13 (7). DOI: 10.3390/ani13071148.

Silva, L. H., Rodrigues, R. T., Assis, D. E., Benedeti, P. D., Duarte, M. S., & Chizzotti, M. L. (2019). Explaining meat quality of bulls and steers by differential proteome and phosphoproteome analysis of skeletal muscle. *Journal of proteomics*, 199, 51-66.

Sirovica, L. V., Ritter, C., Hendricks, J., Weary, D. M., Gulati, S., von Keyserlingk, M. A. G. (2022): Public attitude toward and perceptions of dairy cattle welfare in cow-calf management systems differing in type of social and maternal contact. In: *Journal of Dairy Science* 105 (4): 3248–3268.

Sonntag, N.; Sutter, F.; Borchardt, S.; Plenio, J. L.; Heuwieser, W. (2025): Temperature preferences of dairy calves for heated calf hutches during winter in a temperate climate. In: *Journal of dairy science* 108 (4), pp. 4005–4015. DOI: 10.3168/jds.2024-25271.

Speksnijder, D. C., Graveland, H., Eijck, I. A. J. M., Schepers, R. W. M., Heederik, D. J. J., Verheij, T. J. M., Wagenaar, J. A. (2017): Effect of structural animal health planning on antimicrobial use and animal health variables in conventional dairy farming in the Netherlands. *J Dairy Sci* 100(6): 4903-4913

Stampa, E., Schipmann-Schwarze, C., & Hamm, U. (2020). Consumer perceptions, preferences, and behavior regarding pasture-raised livestock products: A review. *Food Quality and Preference*, 82, 103872. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103872>

Statistisches Bundesamt (2025), Pressemitteilung Nr. 050 vom 7. Februar 2025, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/02/PD25_050_413.html

Statistisches Bundesamt. 2023. Entwicklung der viehhaltenden Betriebe und der Viehbestände bei Rindern, Schweinen und Schafen, Viehbestand am 3. November 2022. Vol. Reihe 4.1. Statistisches Bundesamt (Destatis).

Sunstein, Cass R. (2005): Moral heuristics. In: *The Behavioral and brain sciences* 28 (4), 531-42; discussion 542-73. DOI: 10.1017/S0140525X05000099.

Sutherland, M. A.; Lowe, G. L.; Huddart, F. J.; Waas, J. R.; Stewart, M. (2018): Measurement of dairy calf behavior prior to onset of clinical disease and in response to disbudding using automated calf feeders and accelerometers. In: *Journal of dairy science* 101 (9), pp. 8208–8216. DOI: 10.3168/jds.2017-14207.

Svensson, Catarina; Lundborg, Karin; Emanuelson, Ulf; Olsson, Sven-Ove (2003): Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. In: *Preventive veterinary medicine* 58 (3-4), pp. 179–197. DOI: 10.1016/s0167-5877(03)00046-1.

SVLFG (2025): Statistik Abfrage, Unfälle durch Kontakt mit Rindern. 2021 - 2023.

SVLFG (Hg.) (2021): Unfallstatistik Bullen. Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG). Online verfügbar unter <https://www.svlfg.de/unfaelle-in-der-rinderhaltung-der-deckbullen-im-fokus-985079c7f04f48a4>, zuletzt geprüft am 11.12.2024.

SVLFG (Hg.) (2024): Auf einen Blick 2023-Daten und Zahlen 2023. Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG). Online verfügbar unter <https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/79fb44229ee68793/489b0da55493/auf-einen-blick-2023.pdf>.

Swartz, T. H.; Findlay, A. N.; Petersson-Wolfe, C. S. (2017): Short communication: Automated detection of behavioral changes from respiratory disease in pre-weaned calves. In: *Journal of dairy science* 100 (11), pp. 9273–9278. DOI: 10.3168/jds.2016-12280.

Taylor, Jared D.; Fulton, Robert W.; Lehenbauer, Terry W.; Step, Douglas L.; Confer, Anthony W. (2010): The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors? In: *The Canadian veterinary journal* 51 (10), pp. 1095–1102.

Teixeira, D. L., Larraín, R., Melo, O., & Hötzel, M. J. (2018). Public opinion towards castration without anaesthesia and lack of access to pasture in beef cattle production. *PLoS ONE*, 13(1), e0190671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190671>

Thaller, G., C. Kuhn, A. Winter, G. Ewald, O. Bellmann, J. Wegner, H. Zuhlke, and R. Fries. 2003. DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. *Anim Genet* 34(5):354-357.

Thomsen, P.T., Kjeldsen, A.M., Sørensen, J.T., Houe, H., Ersbøll, A.K. (2007b): Herd-level risk factors for the mortality of cows in Danish dairy herds. *The Veterinary record* 158, 622-626, doi:10.1136/vr.158.18.622.

Thomsen, P.T., Ostergaard, S., Houe, H., Sørensen, J.T. (2007a): Loser cows in Danish dairy herds: Risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 79, 136-154. Doi: 10.1016/j.prevetmed.2006.12.002.

TierSchG (2006): Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), zuletzt geändert durch Artikel 280 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328). <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>, Zugriff am 25.08.2021

TierSchNutztV, vom 22.08.2006: Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung.

TierSchNutzTV: Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146) geändert worden ist.

Tierwohl-Check-Projektkonsortium (2021): Tierwohl-Check-App für Milchkühe. Unter: Tierwohl-Check Schleswig-Holstein (tierwohl-check-sh.de), Zugriff am 27.08.2021.

Tierwohl-Check-Projektkonsortium (2021): Tierwohl-Check-App für Milchkühe. <https://tierwohl-check-sh.de/>, Zugriff am 25.08.2021

Tone, Ilinca; Irwin, Amy (2022): Watch Out for the Bull! Farmer Risk Perception and Decision-Making in Livestock Handling Scenarios. In: *Journal of agromedicine* 27 (3), S. 259–271. DOI: 10.1080/1059924X.2021.1920528.

Tremetsberger, L. and C. Winckler (2015). Effectiveness of animal health and welfare planning in dairy herds: a review. *Animal Welfare* 24(1): 55-67.

Tremetsberger, L., Leeb, C., Winckler, C. (2015): Animal health and welfare planning improves udder health and cleanliness but not leg health in Austrian dairy herds. *Journal of Dairy Science* 98: 6801-6811. Doi: 10.3168/jds.2014-9084.

Tripon, Iulian; Csiszter, Ludovic Toma; Bura, Marian; Sossidou, Evangelia N. (2014): Effects of seasonal and climate variations on calves' thermal comfort and behaviour. In: *International journal of biometeorology* 58 (7), pp. 1471–1478. DOI: 10.1007/s00484-013-0749-5.

Urie, N. J.; Lombard, J. E.; Shivley, C. B.; Kopral, C. A.; Adams, A. E.; Earleywine, T. J. et al. (2018): Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. In: *Journal of dairy science* 101 (10), pp. 9229–9244. DOI: 10.3168/jds.2017-14019.

Vaarst, M., Winckler, C., Roderick, S., Smolders, G., Ivemeyer, S., Brinkmann, Mejdell, C., J., Whistance, L. K., Nicholas, P., Walkenhorst, M., Leeb, C., March, S., Henriksen, B. I. F., Stöger, E., Gratzner, E., Hansen, B., Huber, J. (2011): Animal Health and Welfare Planning in Organic Dairy Cattle Farms. *The Open Veterinary Science Journal* 5(1): 19-25

Valníčková, B.; Stěhulová, I.; Šárová, R.; Špinka, M. (2015): The effect of age at separation from the dam and presence of social companions on play behavior and weight gain in dairy calves. In: *Journal of dairy science* 98 (8), pp. 5545–5556. DOI: 10.3168/jds.2014-9109.

van Leenen, Katharina; Jouret, Jonathan; Demeyer, Peter; van Driessche, Laura; Cremer, Lieze de; Masmeijer, Christien et al. (2020): Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. In: *Preventive veterinary medicine* 181, pp. 105056. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105056.

Vandermeulen, S., C. A. Ramírez-Restrepo, C. Marche, V. Decruyenaere, Y. Beckers, and J. Bindelle. 2016. Behaviour and browse species selectivity of heifers grazing in a temperate silvopastoral system. *Agroforestry Systems* 92(3):705-716.

Vandermeulen, S., C. A. Ramírez-Restrepo, Y. Beckers, H. Claessens, and J. Bindelle. 2018. Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. *Animal Production Science* 58(5).

Veit, Walter; Browning, Heather (2021): Perspectival pluralism for animal welfare. In: *Euro Jnl Phil Sci* 11 (1), S. 283. DOI: 10.1007/s13194-020-00322-9.

Velik, M. 2008. Fleischqualität beim Rind–Merkmale und Einflussfaktoren. in Proc. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.

Vellinga, T. V. and M. de Vries. 2018. Effectiveness of climate change mitigation options considering the amount of meat produced in dairy systems. *Agricultural Systems* 162:136-144.

- Ventura, B. A., von Keyserlingk, M. A. G., Wittman, H., Weary, D. M. (2016): What Difference Does a Visit Make? Changes in Animal Welfare Perceptions after Interested Citizens Tour a Dairy Farm. In: PLOS ONE 11 (5): e0154733.
- Ventura, B.A., M.A.G. von Keyserlingk, C.A. Schuppli, and D.M. Weary. 2013. Views on contentious practices in dairy farming: the case of early cow-calf separation. In Journal of Dairy Science 96 (9): 6105–6116. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6040>.
- Vermorel, M. (1987): Effects of Climatic Conditions on Energy Metabolism and Performance of Calves. In: M. W. A. Verstegen und A. M. Henken (Hg.): Energy Metabolism in Farm Animals. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 180–198.
- Vermorel, M.; Dardillat, C.; Vernet, J.; Saido; Demigne, C. (1983): Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf. In: *Annals of veterinary research* 14 (4), pp. 382–389.
- Verordnung (EU-VO) 2018/848 des europäischen Parlamentes und des Rates, vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen
- Vogt, A., K. Barth, S. Waiblinger, and U. König von Borstel. 2024. Can a gradual weaning and separation process reduce weaning distress in dam-reared dairy calves? A comparison with the two-step method. J Dairy Sci. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-23809>.
- Volkman, N.; Stracke, J.; Rauterberg, S. L.; Spindler, B.; Kemper, N. (2021): Determination of static space requirements for finishing bulls based on image analysis. In: Anim. welf. 30 (3), S. 307–314. DOI: 10.7120/09627286.30.3.007.
- Wagner, K., K. Barth, R. Palme, A. Futschik, and S. Waiblinger. 2012. Integration into the dairy cow herd: Long-term effects of mother contact during the first twelve weeks of life: Long-term effects of mother contact during the first twelve weeks of life. Appl Anim Behav Sci 141(3-4):117–129. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.08.011>.
- Waltner-Toews, D.; Martin, S. W.; Meek, A. H. (1986a): Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. III. Association of management with morbidity. In: *Preventive veterinary medicine* 4 (2), pp. 137–158. DOI: 10.1016/0167-5877(86)90019-X.
- Waltner-Toews, D.; Martin, S. W.; Meek, A. H. (1986b): Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. IV. Association of management with mortality. In: *Preventive veterinary medicine* 4 (2), pp. 159–171. DOI: 10.1016/0167-5877(86)90020-6.
- Warner, R. D., P. L. Greenwood, D. W. Pethick, and D. M. Ferguson. 2010. Genetic and environmental effects on meat quality. Meat Sci 86(1):171–183.
- Warren, William H. (2009): How do animals get about by vision? Visually controlled locomotion and orientation after 50 years. In: British journal of psychology (London, England: 1953) 100 (Pt 1A), S. 277–281. DOI: 10.1348/000712609X414150.
- Warren, William H. (2009): How do animals get about by vision? Visually controlled locomotion and orientation after 50 years. In: British journal of psychology (London, England: 1953) 100 (Pt 1A), S. 277–281. DOI: 10.1348/000712609X414150.
- Wathes, C. M.; Jones, C. D.; Webster, A. J. (1983): Ventilation, air hygiene and animal health. In: *The Veterinary record* 113 (24), pp. 554–559.
- WBA (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBA), BMEL, Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf, Zugriff am 27.08.2021.
- WBA (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBA), BMEL, Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2, Zugriff am 25.08.2021

WBA (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Hg. v. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL. BMEL. Berlin.

Webster, John (1984): Calf Husbandry, Health and Welfare: CRC Press.

Wechsler, B. (2011): Floor quality and space allowance in intensive beef production: a review. In: Anim. welf. 20 (4), S. 497–503. DOI: 10.1017/S0962728600003134.

Welfare Quality® (2009): Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle. Lelystad (Niederlande), Welfare Quality® Consortium.

West, J. W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. In: *Journal of dairy science* 86 (6), pp. 2131–2144. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X.

Whalin, Laura; Weary, Daniel M.; Keyserlingk, Marina A. G. von (2021): Understanding Behavioural Development of Calves in Natural Settings to Inform Calf Management. In: *Animals* 11 (8). DOI: 10.3390/ani11082446.

Wiedemann, Steffi; Kunz, Hans-Jürgen; Kaske, Martin (2012): Neue Ansätze in der Kälberaufzucht. In: Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Hg.): Vorträge zur Hochschultagung 2012. der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Hochschultagung 2012 (Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, 118), S. 91–98.

Wilkie, Rhoda (2005): Sentient commodities and productive paradoxes: the ambiguous nature of human–livestock relations in Northeast Scotland. In: *Journal of Rural Studies* 21 (2), S. 213–230. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2004.10.002.

Windeyer, M. C.; Leslie, K. E.; Godden, S. M.; Hodgins, D. C.; Lissemore, K. D.; LeBlanc, S. J. (2014): Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. In: *Preventive veterinary medicine* 113 (2), pp. 231–240. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2013.10.019.

WOAH (Hg.) (2024): Animal Welfare. World Organisation for Animal Health (OIE). Online verfügbar unter <https://www.woah.org/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/animal-welfare/#ui-id-1>, zuletzt aktualisiert am 14.08.2024

Wójcik, Jerzy; Pilarczyk, Renata; Bilska, Anna; Weiher, Ottfried; Sanftleben, Peter (2013): Performance and Health of Group-Housed Calves Kept in Igloo Calf Hutches and Calf Barn. In: *Pakistan Veterinary Journal* 33 (2), pp. 175–178.

Woodward, James; Allman, John (2007): Moral intuition: its neural substrates and normative significance. In: *Journal of physiology, Paris* 101 (4-6), S. 179–202. DOI: 10.1016/j.jphysparis.2007.12.003.

World Organization for Animal Health (OIE) (2019): Introduction to the recommendations for animal welfare. Terrestrial Animal Health Code Article 7.1.1. Paris, France: World Organization for Animal Health, 235–236.

Wulf, R., D. Arends, A. Boldt, S. Schmidt, S. Maak, D. Dannenberger, and G. A. Brockmann. 2025. Relationship between intramuscular fat content in longissimus thoracis and hair fatty acids in finishing crossbred bulls. *Sci Rep* 15(1):42563.

Young, Heather; Parchment, Briah; Lopez Ayala, Adriana; Adams Progar, Amber (2020): Physiological responses of Holstein calves to hot weather conditions. In: *International journal of biometeorology* 64 (12), pp 2047–2051. DOI: 10.1007/s00484-020-01994-x.

Young, I., Rajić, A., Wilhelm, B. J., Waddell, L., Parker, S., McEwen, S. A. (2009): Comparison 10.1017/S0950268809002635

Zahner, Johannes (2022): Ansprüche von Kälbern an das Stallklima. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hg.): Info-Tag Grub: Neue Ansätze für Aufzucht, Mast und Haltungstechnik - mit fitten Kälbern in die Zukunft. Grub, 19.10.2022, S. 11–24.

Zavvalova K, Edebohls I, Deblitz C (2024) InnoRind - Stand der Forschung zur Ökonomie der Tierwohlmaßnahmen. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, 2 p, Project Brief Thünen Inst 2024/05, DOI:10.3220/PB1708068774000

Zerbe F, Niemann G, Scheithauer E (2008). Mastbullenhaltung – Alternativen in der Spaltenbodenhaltung. Dtsch Tierarztl Wochenschr 115:118-12

Zhang, Chenyu; Juniper, Darren T.; Meagher, Rebecca K. (2021): Effects of physical enrichment items and social housing on calves' growth, behaviour and response to novelty. In: *Applied Animal Behaviour Science* 237, pp. 105295. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105295.

Zhang, Wenju; Wang, Yaowu; Guo, Leifeng; Falzon, Greg; Kwan, Paul; Jin, Zhongming et al. (2024): Analysis and Comparison of New-Born Calf Standing and Lying Time Based on Deep Learning. In: *Animals* 14 (9). DOI: 10.3390/ani14091324.

Zobel, G., Proudfoot, K., Cave, V., Huddart, F., & Webster, J. (2020). The Use of Hides during and after Calving in New Zealand Dairy Cows. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/ani10122255>

14. InnoRind – Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen

Prof. Dr. Georg Thaller (CAU)	Prof. Dr. Steffi Wiedemann (HSRW)	Dr. Imme Dittrich (LK SH)
Nadine Schnipkoweit (CAU)	Jose Maria Chapa Gonzales (HSRW)	Kim-Juelie Zimmer-Sonn (LK SH)
Dr. Laura Engel (CAU)	Dr. Anke Römer (LFA MV)	Dr. Claus Deblitz (TI-BW)
Dr. Philipp Hasenpusch (CAU)	Dr. Julia Drews (LFA MV)	Imke Edebohls (TI-BW)
Dr. Anita Seidel (CAU)	Stephan Alvers (LFA MV)	Katharina Zavyalova (TI- BW)
Lea Dede (CAU)	Daliah Hannes (LFA MV)	Anoma Gunarathne (TI-BW)
Prof. Dr. Eberhard Hartung (CAU)	Linnea Schröder (LFA MV)	Dr. Kerstin Barth (TI-OL)
Dr. Angelika Häußermann (CAU)	Dr. Holger Brandt (Gut Dummerstorf)	Dr. Jan Brinkmann (TI-OL)
Töbke Tammen (CAU)	Lucas Pieper (Gut Dummerstorf)	Dr. Solveig March (TI-OL)
Jule Kuckelkorn (CAU)	Andreas Ogorreck (Gut Dummerstorf)	Kornel Cimer (TI-OL)
Prof. Dr. Stéphanie Hornburg (CAU)	Dr. Bernhard Haidn (Lfl)	Dr. Tony Krebs (TI-OL)
Ina Schmegel (CAU)	Dr. Isabella Lorenzini (Lfl)	Romane Gillet (TI-OL)
Prof. Dr. Christina Hölzel (CAU)	Dr. Jan Harms (Lfl)	Ulrike Peschel (TI-OL)
Dr. Ole Lamp (CAU)	Dr. Stefan Naser (Lfl)	Prof. Dr. Achim Spiller (GAU)
Dr. Julia-Anna Blumenberg (CAU)	Dr. Luzia Eicher (Lfl)	Dr. Gesa Busch (GAU)
Mischa Weiß (CAU)	Jochen Simon (Lfl)	Dr. Sarah Kühl (GAU)
Franziska Thiel (CAU)	Peter Stötzel (Lfl)	Flora von Steimker (GAU)
Prof. Dr. Thomas Amon (ATB)	Johannes Brockamp (Lfl)	Dr. Elisa Bayer (GAU)
Dr. Gundula Hoffmann (ATB)	Dr. Franz Josef Stork (LK NRW)	Dr. Franziska Bümmel (BaySG)
Kay Fromm (ATB)	Gregor Janknecht (LK NRW)	Georg Hammerl (BaySG)
Detlef May (Groß Kreutz)	Andreas Pelzer (LK NRW)	Wolf Thalhammer (BaySG)
Ulrike Drews (Groß Kreutz)	Kirsten Schmitz (LK NRW)	Wolfgang Müller (BaySG)
Sabine Schulte-Lünzum (Groß Kreutz)		