

Schlussbericht zu Nr. 281C205A19

Zuwendungsempfänger: Freie Universität Berlin	Förderkennzeichen: Repr01 281C205A19
Vorhabenbezeichnung: Repr0 1 Integration von Sensordaten in ein innovatives Managementsystem auf Basis von HERDEplus® zur Verbesserung der Fruchtbarkeit bei deutschen Milchkühen	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2020 - 31.03.2024	
Berichtszeitraum: 01.10.2020 - 31.03.2024	

I. KURZE DARSTELLUNG

I.1. Aufgabenstellung

Das Projekt REPR0|1 hat das Ziel verfolgt, die Fruchtbarkeit von Milchkühen in Deutschland durch die Integration innovativer Sensortechnologien in das bestehende Managementsystem HERDEplus® entscheidend zu verbessern. Fruchtbarkeitsprobleme gehören zu den häufigsten Abgangsursachen bei Milchkühen und führen oft zu wirtschaftlichen Verlusten und erhöhten Produktionskosten. Gleichzeitig gibt es gesellschaftliche Bedenken hinsichtlich des Einsatzes von Hormonen zur Steuerung der Fruchtbarkeit in der Tierproduktion, die den Druck auf Landwirte erhöhen, alternative, nachhaltigere Methoden zu finden.

Vor diesem Hintergrund wurde REPR0|1 ins Leben gerufen, um Sensordaten in einer Weise zu nutzen, die es Landwirten ermöglicht, die Fruchtbarkeit ihrer Kühe auf natürlichem Weg zu optimieren. Dabei standen mehrere Hauptziele im Fokus:

Integration von Sensordaten in HERDEplus®: Eine zentrale Aufgabe des Projekts bestand darin, verschiedene Arten von Sensordaten – wie Bewegungsaktivität, Körperkondition und andere phänotypische Merkmale – in das Managementsystem HERDEplus® zu integrieren. HERDEplus® ist bereits Marktführer in Deutschland und wird zur Verwaltung eines Viertels aller deutschen Milchkühe eingesetzt. Die Integration dieser Daten sollte eine nahtlose Überwachung und Auswertung der Fruchtbarkeitsparameter ermöglichen, wodurch Landwirte fundierte Entscheidungen treffen können.

Entwicklung eines intelligenten Vorhersagemodells: Ein weiteres zentrales Ziel war die Entwicklung eines Vorhersagemodells, das auf Basis der erfassten Sensordaten arbeitet. Dieses Modell sollte in der Lage sein, den optimalen Besamungszeitpunkt und andere kritische Entscheidungen im Fruchtbarkeitsmanagement vorherzusagen. Die Verwendung von

Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) und maschinellen Lernens ermöglichte es, die Sensordaten so zu verarbeiten, dass präzise Vorhersagen über den Fruchtbarkeitsstatus einzelner Kühe getroffen werden konnten.

Reduktion des Einsatzes von Hormonen: Traditionell wird in der Tierproduktion häufig der Einsatz von Hormonen genutzt, um die Fruchtbarkeit zu steuern und den Besamungserfolg zu verbessern. Dieses Vorgehen steht jedoch zunehmend in der Kritik. Das Projekt REPRO1 zielt darauf ab, den Einsatz von Hormonen zu minimieren, indem es Landwirten alternative Werkzeuge zur Verfügung stellt, die auf den neuesten Sensortechnologien basieren. Durch die Überwachung natürlicher Fruchtbarkeitsindikatoren sollten Hormonbehandlungen reduziert und gleichzeitig die Fruchtbarkeit und das allgemeine Wohlbefinden der Tiere verbessert werden.

Gleichzeitig verbreitete sich der gegenteilige Ansatz, bei dem Landwirte bewusst eine verlängerte Zwischenkalbezeit anstreben, um möglichen Gesundheitsproblemen, die mit der Kalbung einhergehen, entgegenzuwirken. Dies wird durch eine absichtlich herbeigeführte Verlängerung der freiwilligen Wartezeit nach der Geburt erreicht. Das Ergebnis ist eine verlängerte Laktationsdauer, wodurch die Anzahl der Kalbungen verringert wird. Das Vorhersagemodell sollte daher auch Aufschluss darüber geben, wie sich eine verlängerte Laktationsdauer auf die Gesundheit der Kühe sowie auf ihre Körperkondition und Leistungsparameter auswirkt, um sowohl Erfolge als auch potenzielle Probleme frühzeitig zu identifizieren.

Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz: Ein übergeordnetes Ziel des Projekts war es, die Produktion nachhaltiger zu gestalten. Durch die gezielte Verbesserung der Fruchtbarkeit sollte nicht nur der Tierbestand gesichert, sondern auch die Ressourceneffizienz gesteigert werden. Dies bedeutet, dass durch eine bessere Fruchtbarkeit weniger Kühe aufgrund von Fruchtbarkeitsproblemen gemerzt werden müssen und die Milchproduktion pro Tier optimiert wird. Dadurch würden die wirtschaftlichen Verluste durch unfruchtbare Tiere reduziert, was sowohl dem Landwirt als auch der Umwelt zugutekommt.

Verbesserung der Datenverfügbarkeit und -nutzung: Ein weiterer Aspekt der Aufgabenstellung war die Verbesserung der Datenverfügbarkeit und -nutzung für die Landwirte. Durch die Verknüpfung der Sensordaten mit den bestehenden Herdenmanagementinformationen in HERDEplus® sollten alle relevanten Daten an einem zentralen Ort gebündelt und analysiert werden können. Dies umfasst die Erfassung und Auswertung von Gesundheitsdaten, Milchproduktion, Brunsterkennung und weiteren relevanten Parametern, die für eine umfassende Fruchtbarkeitsüberwachung notwendig sind.

Vernetzung bestehender Systeme: Das Projekt strebte an, bestehende Einzelsysteme wie die Brunsterkennungssysteme SCR Heatime (bzw. das Nachfolgeprodukt SenseHub), Smartbow,

CowManager und Delpro in das HERDEplus®-System zu integrieren. Dies sollte es den Landwirten ermöglichen, eine umfassende, herstellerübergreifende Lösung für das Fruchtbarkeitsmanagement zu nutzen, die alle relevanten Datenquellen zusammenführt und auswertet.

I.2. Voraussetzungen

Zu Beginn des Projekts standen die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen für die Integration der Sensordaten und die Nutzung künstlicher Intelligenz zur Erstellung von Vorhersagemodellen bereit. Herausforderungen wie Verzögerungen durch die COVID-19-Pandemie, Verzögerung bei der Genehmigung der Tierversuchsanträge, Netzwerkprobleme und technische Schwierigkeiten mit der Hardware beeinflussten jedoch den Fortschritt.

Projektpartner seitens der FU- Berlin waren die Tierklinik für Fortpflanzung (TKF) und das Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie (IVEB). Die wissenschaftlichen Schwerpunkte der TKF umfassen die Reproduktion bei Milchkühen und Fragen zur Tiergesundheit, Tierwohl und Qualitätsmanagement im Erzeugerbetrieb. Es besteht eine jahrelange und dokumentierte Erfahrung in der Validierung und Etablierung innovativer technischer Sensorsysteme in der Nutztierhaltung und in der Durchführung von Feldstudien zur Reproduktionsbiologie von landwirtschaftlichen Nutztieren. Ausdruck dessen sind zahlreiche wissenschaftliche Publikationen in international-anerkannten Zeitschriften. Die Publikationstätigkeit der TKF wird seit Jahren vom Journal of Dairy Science, der führenden amerikanischen Fachzeitschrift für Milcherzeuger und Forscher auf diesem Gebiet, anerkannt. Die TKF ist ebenfalls involviert in ein kanadisches Verbundprojekt zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Milchindustrie. Im Rahmen dieser Kooperation sollen sensorgestützte Informationen mit der genomischen Zuchtwertschätzung verknüpft werden, um die Resilienz der Milchkühe zu verbessern.

Das IVEB forscht u.a. an der Entwicklung von Monitoring- und Surveillancesystemen zur Erkennung und Bekämpfung von Tierkrankheiten. Durch die Beteiligung an verschiedenen Forschungsprojekten wie PraeRi (Prävalenzstudie zum Thema Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben, <https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/1>), KAbMon (Monitoring zum Antibiotikaeinsatz bei Kälbern verschiedener Aufzucht- und Haltungsformen in Deutschland) und ZelldiX verfügt das Institut über große Expertise im Bereich Milchkuhgesundheit anhand von Simulationsdatenmodellierung.

Die Data Service Paretz GmbH (DSP) entwickelt als Softwaresystemhaus für die Landwirtschaft gemeinsam mit Kooperationspartnern ein komplexes computergestütztes Agrarmanagementsystem (AMS). Die Kompetenz von DSP umfasst unter anderem

Informations- und Kommunikationstechnologie, Fütterungsberechnung, Herdenmanagement, Milchleistungsprüfung, Kuhplaner, Bestandsbetreuung, Feldwirtschaft, Düngung, Ackerbau sowie eine elektronische Ackerschlagkartei. Der Vertrieb der Produkte und Dienstleistungen wird durch die Tochterfirma dsp-Agrosoft GmbH (Gründung 1993) realisiert. Das Vertriebsnetz ist deutschlandweit organisiert. Ein besonderer Fokus liegt auf der Softwarelösung HERDEplus, die mehr als 40 Schnittstellen zu namhaften Techniken im deutschsprachigen Raum integriert. Das Ziel dieser Lösung war von Anfang an die Vereinheitlichung von Informationen, wobei die Nachentwicklung herstellersistenspezifischer Lösungen nachrangig ist. Stattdessen steht die Verarbeitung, Vereinfachung und die damit verbundene einheitliche und einfache Datenerfassung im Vordergrund. HERDEplus ermöglicht die Erfassung, den Versand, den Empfang sowie die Verarbeitung und Auswertung von Daten, was den Nutzern erheblichen Mehrwert bietet. Neue und bestehende Schnittstellen erweitern kontinuierlich die Funktionalität, wodurch nicht nur die Nutzer profitieren, sondern auch das langfristige Fortbestehen der Data Service Paretz GmbH gesichert wird.

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt war in 5 Arbeitspakete gegliedert:

AP1: Digitaler Phänotyp – Sammlung und Analyse von Bewegungsaktivitäts- und phänotypischen Daten.

AP2: Technische Entwicklung und Integration von Sensoren – Anpassung der Sensoren für die Datenerfassung.

AP3: Datenverarbeitung und -analyse – Entwicklung der Datenbankstruktur und Integration der Sensordaten in HERDEplus®.

AP4: Vorhersagemodell und Entscheidungshilfe – Erstellung eines Vorhersagemodells zur Fruchtbarkeitsprognose.

AP5: Integration in HERDEplus® – Implementierung des Vorhersagemodells in das HERDEplus®-System.

Die Bearbeitung der Arbeitspakete war zwischen den Projektpartnern vernetzt und erforderte von jedem Partner die gesamte Projektlaufzeit von zunächst 36 Monaten. Im Verlauf des Vorhabens kam es aus verschiedenen Gründen (maßgeblich Corona-Pandemie, Tierversuchsanträge in jedem Bundesland, siehe Zwischenberichte), zu Verzögerungen gegenüber der ursprünglichen Zeit- und Kostenplanung. Dies führte dazu, dass sich die Projektlaufzeit bei kostenneutraler Verlängerung bis zum 31.03.2024 von 36 auf 42 Monate erhöhte.

Für die Detailplanung und Durchführung der Arbeiten in den einzelnen Entwicklungsstadien wurde den Verbundpartnern entsprechend ihrer Fachkunde die Stadienverantwortung übertragen.

Die Konkretisierung der Arbeitspakete erfolgte in regelmäßigen Projektmeetings (dreimal jährlich), die sowohl online als auch in Präsenz zwischen den Partnern stattfanden.

1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zum Projektbeginn

Es gibt eine Vielzahl von Sensoren zur automatischen Erfassung der Aktivität und Erkennung von Kühen in Brunst (Rutten et al., 2013). Landwirte empfinden den Einsatz dieser Sensoren als hilfreich bei der Verbesserung der Fruchtbarkeit und zur Reduktion des Einsatzes von Hormonen (Michaelis et al., 2013). Die neueste Generation von Sensoren sind 3-dimensionale Beschleunigungssensoren, die an der Kuh befestigt werden (z.B. am Halsband oder am Ohr) und in Echtzeit Informationen zur Aktivität der Kühe liefern. Diese Sensoren haben eine hohe Sensitivität und Spezifität zur Erkennung von Kühen in Brunst (Rutten et al., 2013). Die TKF hat in den letzten Jahren intensiv mit dem System HEATIME (SCR, Netanya, Israel) zu unterschiedlichen Fragestellungen beim Milchrind gearbeitet. Wir konnten in einer multizentrischen Studie (8 Betriebe, 10.000 Besamungen) zeigen, dass 1) der optimale Besamungszeitpunkt 7 bis 24 Stunden nach Brunstbeginn war und 2) die Brunstintensität zur Besamung einen wesentlichen Einfluss auf den Besamungserfolg hat (Tippenhauer et al., 2019). Kühe mit einer hohen Brunstintensität hatten einen deutlich höheren Besamungserfolg, als Kühe mit einer niedrigen Intensität. Intensives Brunstverhalten wirkt sich positiv auf den Besamungserfolg bei Kühen aus, die nach einer spontanen Brunst besamt werden (Madureira et al., 2015), die terminorientiert besamt werden (Madureira et al., 2019), und bei Kühen nach Embryo-Transfer (Pereira et al., 2016). Die Ausprägung von Brunstverhalten wird unter anderem beeinflusst durch die Körperkondition, die Laktationsnummer, das Laktationsstadium, die Milchleistung und vorherige Erkrankungen (Lopez-Gatius et al., 2005; Madureira et al., 2015; Burnett et al., 2017; Silper et al., 2017). Auch unter Berücksichtigung dieser Faktoren hat die Brunstintensität einen Einfluss auf den Besamungserfolg (Madureira et al., 2015; Pereira et al., 2015; Burnett et al., 2017; Silper et al., 2017). Bei Kühen mit geringer Brunstintensität ist das Intervall vom Beginn der Brunst bis zur Ovulation kürzer oder die Ovulation findet gar nicht statt (Burnett et al., 2018). Darüber hinaus ist beschrieben, dass das Brunstverhalten sich positiv auf die Genexpression im Endometrium (maternale Erkennung der Trächtigkeit und Einnistung des Fetus) und die Entwicklung des Fetus auswirkt (Davoodi et al., 2016). Die Ausprägung des Sexualverhaltens wird in erster Linie durch die Konzentration an zirkulierendem Östrogen und die Aktivierung von Östrogenrezeptoren im Hypothalamus beeinflusst (Blache et al., 1991; van Eerdenburg et al., 2002). Da Progesteron die Effekte von

Östrogen am Hypothalamus blockiert, sind eine geringe Progesteronkonzentration zum Zeitpunkt der Besamung und die Ausbildung der Östrogenrezeptoren am Hypothalamus wichtig für die Ausprägung von Brunstverhalten. Zusätzlich konnten wir in unseren eigenen Untersuchungen zeigen, dass eine frühe Wiederaufnahme der zyklischen Aktivität nach der Kalbung wichtig für die spätere Fertilität ist. Diese Erkenntnisse würden wir gern mit anderen zur Verfügung stehenden sensorgestützten Informationen verknüpfen. Hier spielt aus physiologischer Sicht die Konditionsentwicklung nach der Kalbung (Carvalho et al., 2014) und das Vorhandensein von Erkrankungen in der Laktation (Santos et al., 2010; Ribeiro et al., 2016) eine wichtige Rolle. Kühe, die im Zeitraum nach der Kalbung erkranken und/oder sehr viel Körperkondition verlieren, haben eine geringere Chance tragend zu werden. Diese Daten stehen dem Landwirt allerdings nur begrenzt zur Verfügung, da auf kommerziellen Betrieben die Körperkondition selten routinemäßig erfasst wird, und es bei der Dokumentation von Erkrankungen Schwächen (z.B. standardisierte Erfassung) gibt.

Auf der EuroTier 2018 wurde das Verbundprojekt CowBodyScan (CBS), an deren Entwicklung die DSP beteiligt ist, durch die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) mit dem Innovations Award 2018 in Silber und dem Animal Welfare Award in Gold ausgezeichnet. Das 3D-Bildanalyse-System ermöglicht die automatische Erfassung der Körperkondition und des Gangbilds. Die Anwendung der CBS Kamera ist vielversprechend. Bisher wurde das System allerdings nicht validiert und nur auf wenigen Betrieben installiert.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

AP1 Digitaler Phänotyp - Identifikation von sensorgestützten phänotypischen Merkmalen, die einen Einfluss auf die Fruchtbarkeit haben.

Das Ziel dieses Arbeitspakets war es, den Zusammenhang zwischen biologischen Merkmalen der Milchkuh und sensorgestützten Beobachtungen (digitaler Phänotyp) zu untersuchen, um herauszufinden, welche Parameter einen Vorhersagewert für die Fruchtbarkeit einer Kuh haben.

Es wurden insgesamt 1000 Tiere aus 4 Betrieben an drei Zeitpunkten in den ersten 60 Laktationstagen untersucht (Body Condition Score, Locomotion Score, Blutprobe). Hierzu waren 63 Betriebsbesuche notwendig.

a) Evaluierung der Aktivitätssensoren zur Erkennung von azyklischen Tieren innerhalb der freiwilligen Wartezeit

Es konnte in zahlreichen Studien gezeigt werden, dass azyklische Tiere eine schlechtere Fruchtbarkeit aufweisen. Der Goldstandard hierfür ist die serielle Messung von Blutproben auf Progesteron (**P4**) oder die transrektale sonografische Untersuchung der Tiere im Abstand von 7-14 d. Auf Grund der damit verbundenen Kosten und der Arbeitsbelastung ist das bisher lediglich in wissenschaftlichen Untersuchungen gemacht worden und kein praxistaugliches Konzept. Die automatische Überwachung der Tiere durch Aktivitätssensoren innerhalb der freiwilligen Wartezeit bietet die Möglichkeit das zu automatisieren. Die Fähigkeit der Aktivitätssensoren azyklische Tiere innerhalb der freiwilligen Wartezeit zu identifizieren, wurde bisher noch nie untersucht.

Als Goldstandard haben wir die Progesteronmessung im Blut an drei Zeitpunkten i.A. von 14 d in den ersten 60 d verwendet. Azyklische Tiere hatten an allen drei Zeitpunkten eine P4 Konzentration unter 1 ng/mL. Von den einzelnen Sensorsystemen haben wir die Informationen zum Auftreten der Brunstalarme in den ersten 60d verwendet. Ein azyklisches Tier wurde als richtig-positiv (**RP**) erkannt, wenn es keinen Brunstalarm in dem Zeitraum hatte. Ein zyklisches Tier (P4 mindestens einmal > 1 ng/mL) wurde als richtig-negativ (**RN**) erkannt, wenn es in diesem Zeitraum mindestens einen Brunstalarm hatte. Falsch-positiv (**FP**) wurde definiert als ein Tier, was zyklisch war, allerdings keinen Brunstalarm aufwies. Falsch-negativ (**FN**) wurde definiert als ein Tier, was azyklisch war, allerdings mindestens einen Brunstalarm aufwies.

Aus diesen Informationen lässt sich die Sensitivität [$RP / (RP + FN)$] und Spezifität [$RN / (RN + FP)$] der einzelnen Systeme berechnen.

Tabelle 1. Sensitivität und Spezifität von drei Sensoren zur automatischen Brunsterkennung zur Erkennung von azyklischen Tieren (n = 852) auf drei deutschen Milchviehbetrieben.

Sensor	Anzahl Tiere	Sensitivität	Spezifität
Smartbow	223	26,8%	89,6%
Heatime	116	86,0%	63,0%
delPRO	216	78,8%	41,5%
CowManager	220	23,7%	92,7%

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Sensoren in ihrer Fähigkeit azyklische Tiere innerhalb der freiwilligen Wartezeit zu identifizieren stark unterscheiden.

b) Einfluss der Wiederaufnahme zyklischer Ovaraktivität innerhalb der ersten 60 Laktationstage auf die Fruchtbarkeitsleistung

Der Anteil an nicht zyklischen Tieren zwischen den drei Betrieben war nicht signifikant unterschiedlich (Betrieb 1: 18,7%; 41/219; Betrieb 2: 23,6%; 54/229; Betrieb 3: 15,3%; 33/216; Betrieb 4: 17,3%; 38/220). Jungkühe hatten ein höheres Risiko azyklisch zu sein im Gegensatz zu Mehrkalbskühen (23,9% vs. 16,3%; $P = 0,001$). Tiere, die in den ersten 60 Laktationstagen mindestens einmal lahm waren (Locomotion Score $> 2/5$), hatten ein höheres Risiko azyklisch zu sein (14,8% vs. 32,0%; $P = 0,001$). Kühe, die in den ersten 60 Laktationstagen einen BCS Verlust aufwiesen, hatten ein höheres Risiko azyklisch zu sein (13,8% vs. 20,4%; $P = 0,001$). Tiere, die innerhalb der ersten 60 Laktationstage zyklisch waren, hatten ein höheres Risiko in den ersten 200 Laktationstagen besamt zu werden (Hazard Ratio = 1,41; $P = 0,001$). Es gab keinen Unterschied im Erstbesamungserfolg zwischen zyklischen und nicht zyklischen Tieren (36,5 % vs. 38,1 %; $P = 0,756$). Tiere, die innerhalb der ersten 60 Laktationstage zyklisch waren, hatten ein höheres Risiko in den ersten 300 Laktationstagen tragend zu werden (Hazard Ratio = 1,27; $P = 0,044$).

Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung der zyklischen Wiederaufnahme der Ovaraktivität für die Fruchtbarkeit und deuten auch auf Risikofaktoren (z.B. Lahmheit, Laktationsnummer, BCS Verlust) hin.

c) Einfluss des Locomotion Scores auf die Fruchtbarkeitsleistung

Ein Tier galt als lahm, wenn es mindestens an einem der drei Untersuchungszeitpunkte einen Locomotion Score von $>2/5$ aufzeigte. Der Anteil an Tieren, die innerhalb der ersten 60 Tage lahm waren, betrug 20,5% (175/ 852). Mehrkalbskühe waren häufiger lahm als Jungkühe (26,9% vs 7,8%; $P = 0,001$). Die Betriebe unterschieden sich nicht in der Lahmheitsinzidenz (Betrieb 1: 20,5%; Betrieb 2: 22,3%; Betrieb 3: 22,2%; Betrieb 4: 18,1%). Lahme Tiere hatten ein geringeres Risiko in den ersten 200 Laktationstagen besamt zu werden (Hazard Ratio = 0,80; $P = 0,026$). Es gab keinen Unterschied im Erstbesamungserfolg zwischen lahmen und nicht lahmen Tieren (33,5 % vs. 38,5 %; $P = 0,333$). Tiere, die innerhalb der ersten 60 Laktationstage lahm waren, hatten ein geringeres Risiko in den ersten 300 Laktationstagen tragend zu werden (Hazard Ratio = 0,71; $P = 0,003$).

d) Aktivitätsmuster im Zyklus vor der Besamung und Zusammenhang zur Brunstexpression zur KB und dem Besamungserfolg

Hierzu wurden Aktivitätsdaten von einem Betrieb einschließlich 9.035 Besamungen (bei 5.337 Besamungen gab es eine Brunstaktivität in dem Zeitraum 32 bis 16 Tage vorher) gesammelt und ausgewertet (Abbildung 1).

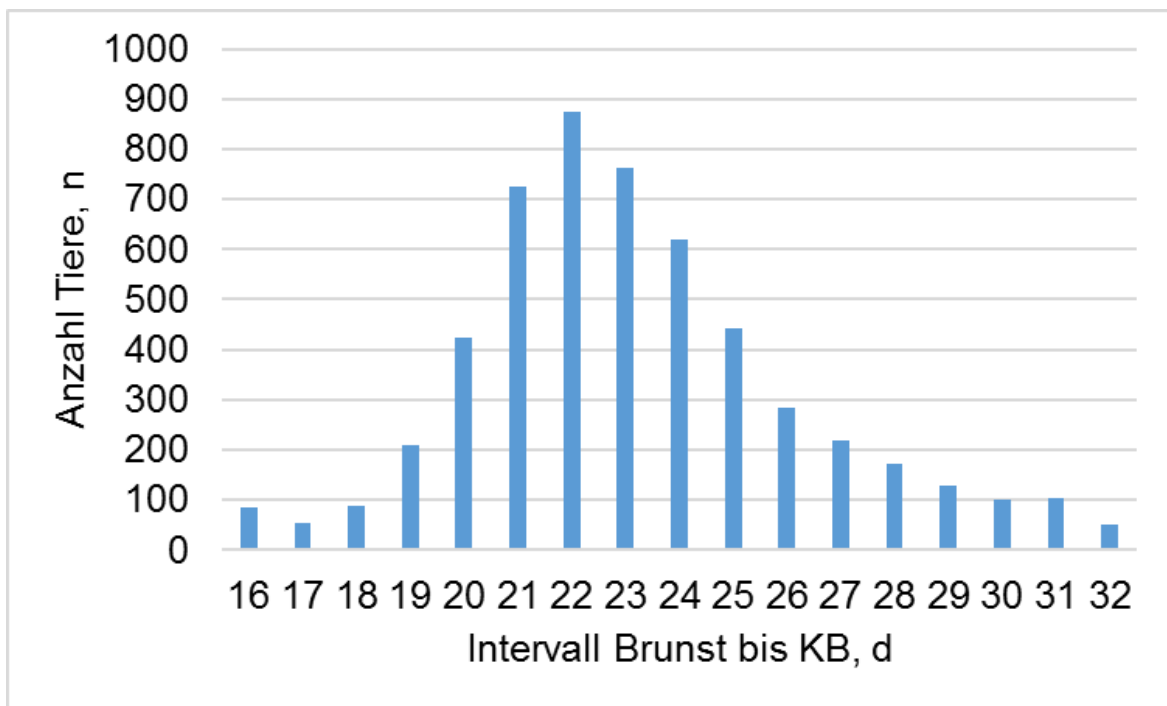


Abbildung 1. Verteilungshäufigkeit des Intervalls der Brunstaktivität im Zyklus vor der Besamung bis zur Besamung.

Die Brunstaktivität in dem Zyklus vor der Besamung wirkte sich positiv aus auf die Brunstexpression zur Besamung (Abbildung 2) und den Besamungserfolg (Abbildung 3). Hierbei gab es einen linearen Zusammenhang zwischen der Brunstintensität im Zyklus vor der KB und der Brunstdauer zur KB.

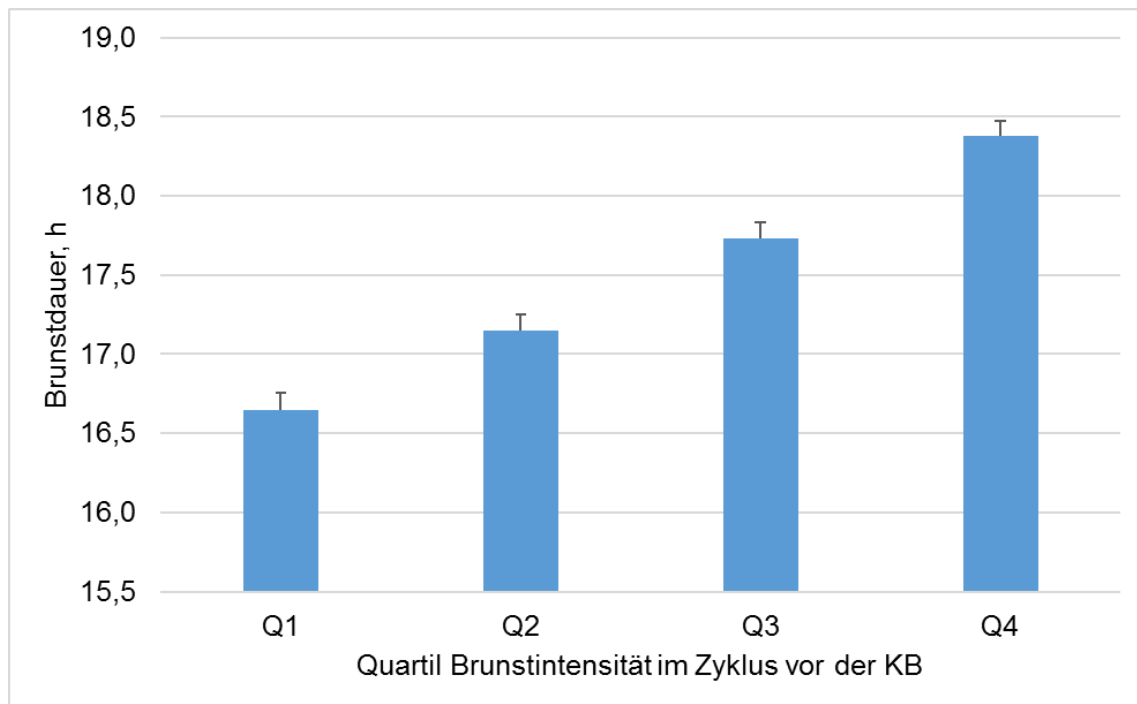


Abbildung 2. Zusammenhang zwischen Brunstintensität im Zyklus vor der KB und der Brunstdauer zur KB.

Der Zusammenhang zwischen der Brunstexpression in dem Zyklus vor der Besamung und der Brunstexpression und dem Besamungserfolg ist interessant und lässt sich womöglich zur Vorhersage nutzen. Dazu bedarf es weiterer Untersuchungen zur Erklärung der physiologischen Zusammenhänge.

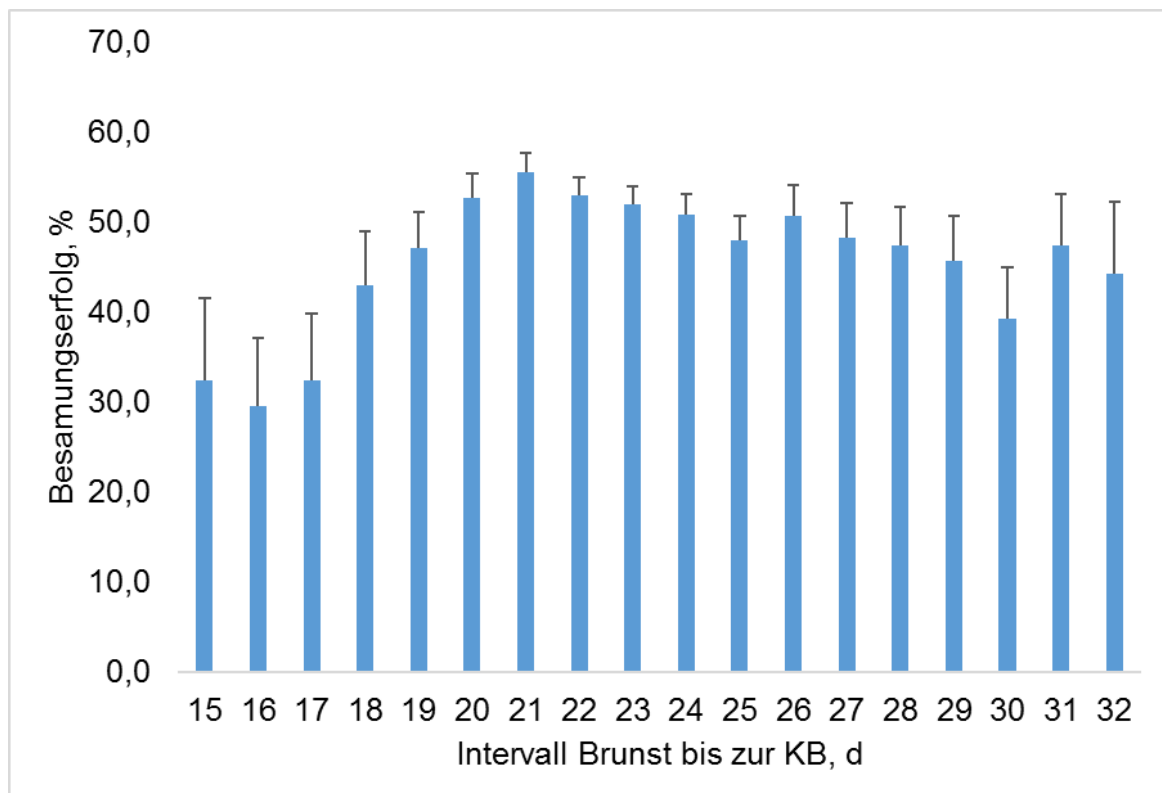


Abbildung 3. Zusammenhang zwischen dem Intervall der Brunstaktivität im Zyklus vor der Besamung bis zur Besamung und dem Besamungserfolg.

AP2 CowBodyScan - Evaluierung von CowBodyScan (CBS) zur automatischen Erfassung der Körperkondition und Erkennung von Lahmheit

Das Ziel dieses Arbeitspakets war die Evaluation des CBS-Systems.

Die CowBodyScan (**CBS**) Kamera wurde auf vier Betrieben installiert und automatisierte Messungen der Körperkondition konnten erfasst werden.

Betriebsname	Niederpöllnitz	Steinhausen	Burgholzhausen	Pfiffelbach
Installation	05.08.2021	13.10.2021	21.07.2022	24.10.2022

Die Wiederholbarkeit der Messwerte der CBS-Kamera wurden u.a. auf dem Betrieb Niederpöllnitz überprüft. Zu diesem Zweck wurden Messpaare verglichen, die aus einer Messung am Morgen und einer Messung am Abend desselben Tages bestanden. Im Betrieb Niederpöllnitz mit einer Anzahl von 4.420 Messwertpärchen betrug der Korrelationskoeffizient nach Pearson 0.92 (Abbildung 4).

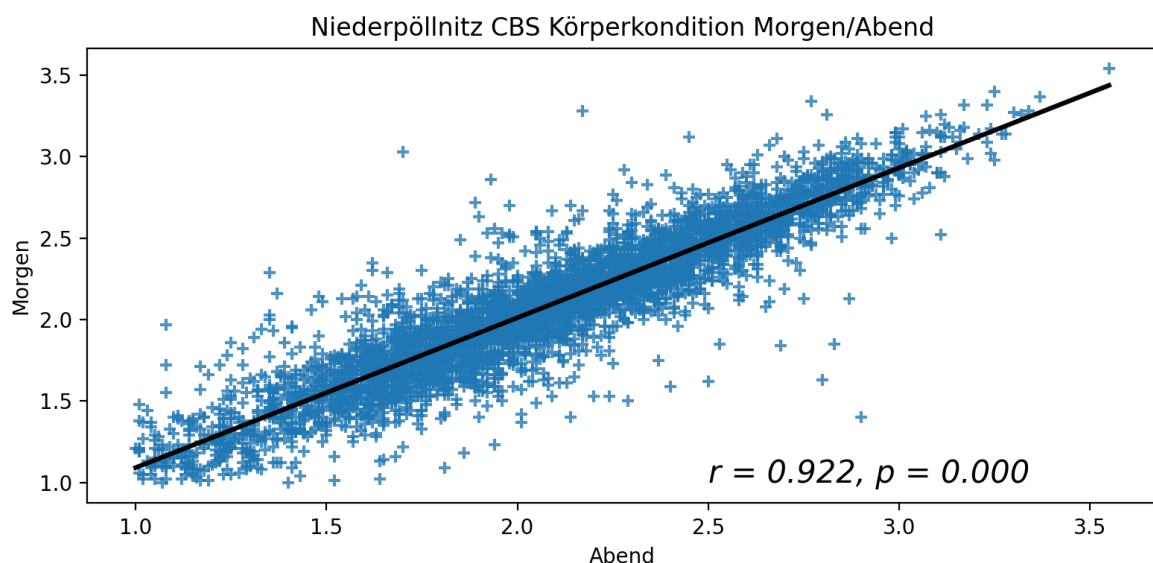


Abbildung 4. Beziehung zwischen der CBS Messung am Morgen und am Abend aus 4.420 Beobachtungspärchen auf einem Betrieb.

Es wurde ein Bland-Altman-Plot verwendet (Abbildung 5), um die Übereinstimmung zwischen der morgendlichen und abendlichen Messung zu bewerten. Der Plot zeigte eine mittlere Differenz von 0,01 BCS-Einheiten zwischen den beiden Methoden. Darüber hinaus liegen 95%

(Mittelwert $\pm 1,96$ Standardabweichungen) der Differenzen innerhalb von -0.35 bis $+0.34$ BCS-Einheiten.

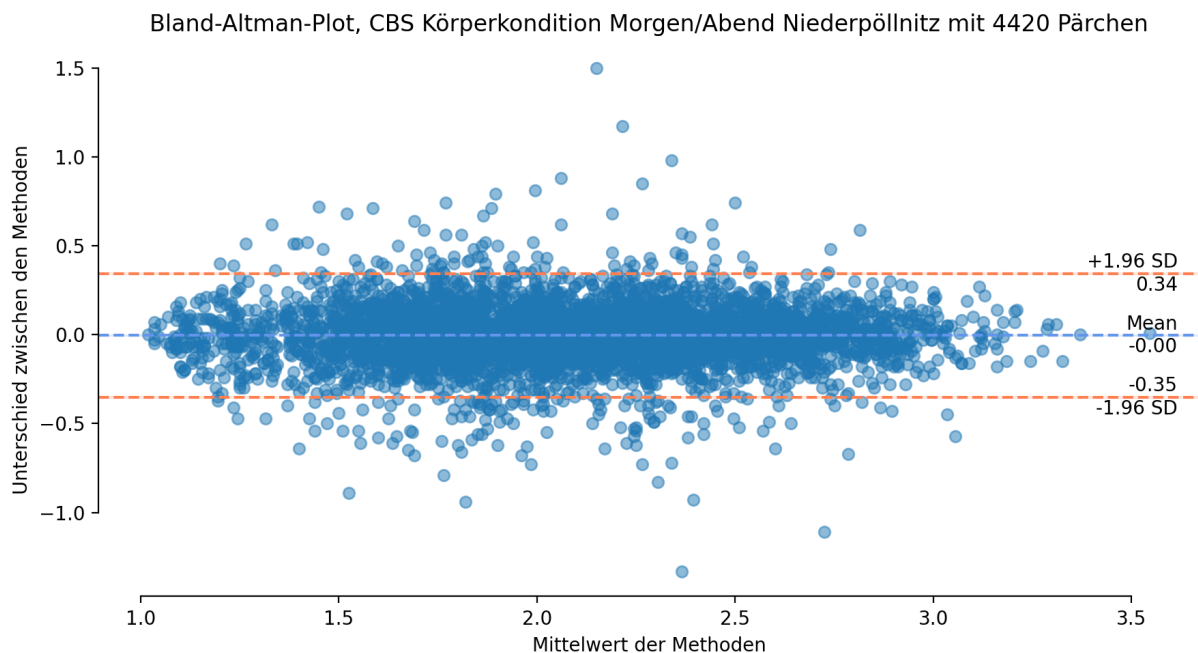


Abbildung 5. Bland-Altman-Plot zur Bewertung der Übereinstimmung der CBS Messungen am Morgen und am Abend bei 4.420 Beobachtungspärchen auf einem Betrieb.

Beide Ergebnisse weisen auf eine gute Übereinstimmung der Messungen desselben Tieres hin und zeigen, dass das CBS-System bei mehreren Messungen eines Tieres nicht voneinander abweicht.

Um zu überprüfen, wie gut die Messungen der CBS-Kamera mit der tatsächlichen Körperkondition übereinstimmen, wurden visuelle Einschätzungen von dem Tierarzt Lukas Bretzinger gesammelt. Hierfür wurden auf einem Betrieb 383 visuelle Einschätzungen des Tierarztes mit der Körperkondition des CBS-Systems verglichen.

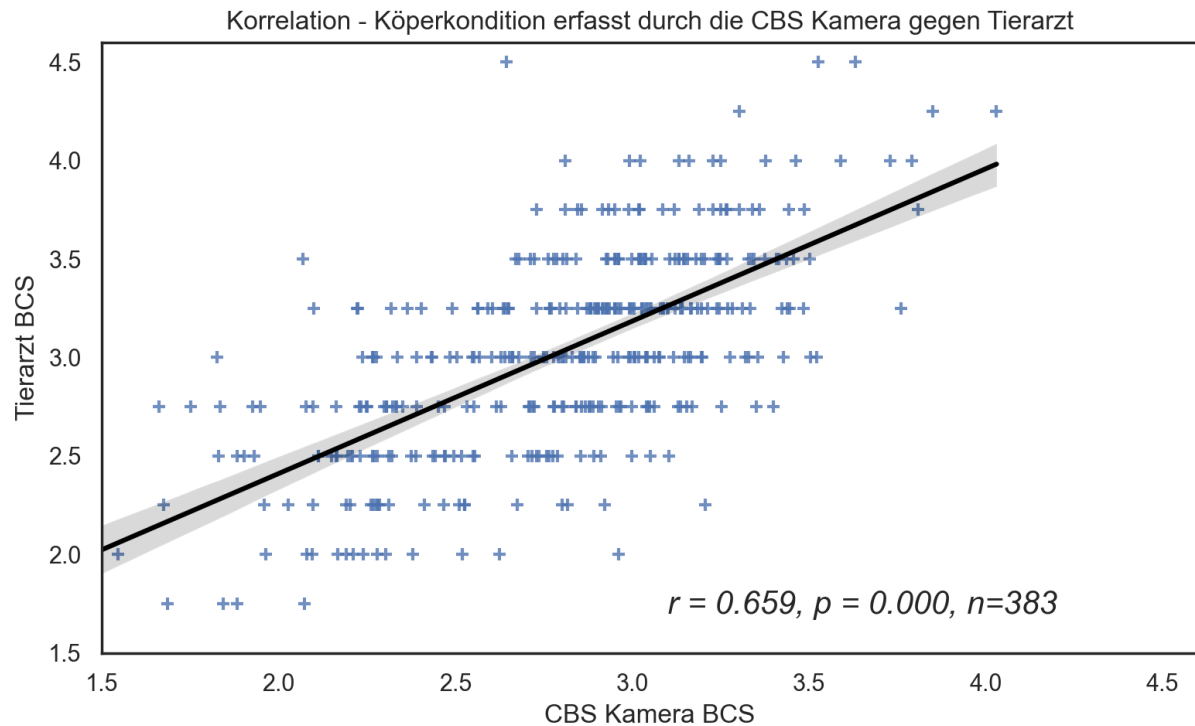


Abbildung 6. Beziehung zwischen der CBS-System Messung und der visuellen BCS Beurteilung bei 383 Beobachtungen auf einem Betrieb.

Der Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen den Messungen der CBS-Kamera und dem BCS des Tierarztes betrug 0,659 (Abbildung 6). Es wurde ein Bland-Altman-Plot verwendet, um die Übereinstimmung und systematischen Unterschiede zwischen den zwei Messmethoden besser beurteilen zu können (Abbildung 7).

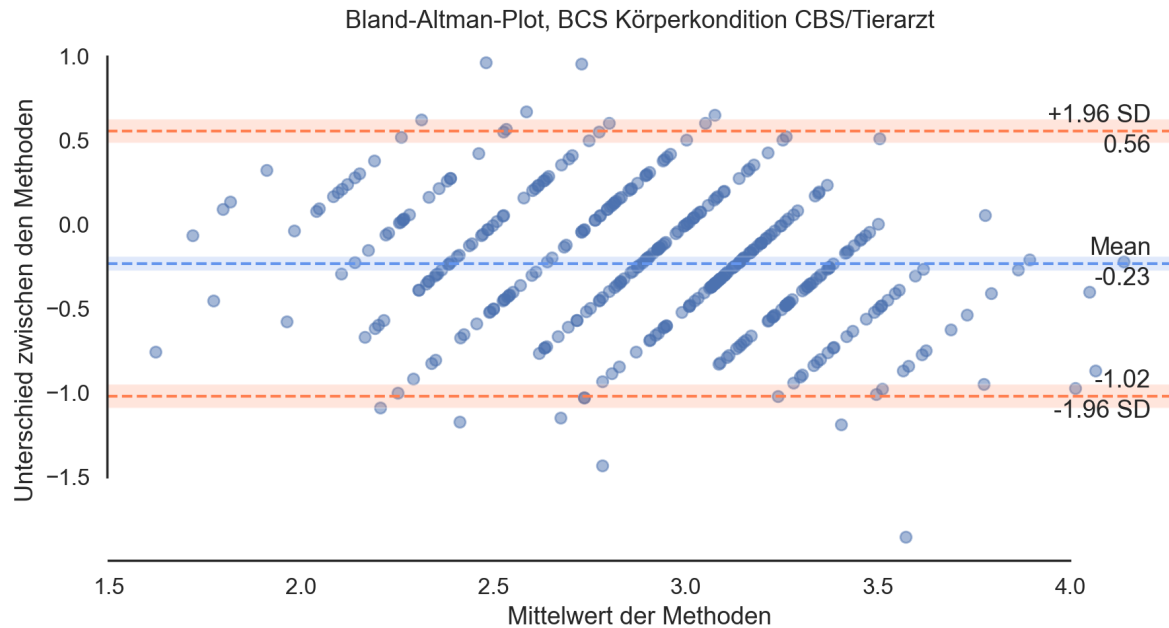


Abbildung 7. Bland-Altman-Plot zur Bewertung der Übereinstimmung der CBS-System Messung und der visuellen BCS Beurteilung bei 383 Beobachtungen auf einem Betrieb.

Der Bland-Altman-Plot zeigte eine mittlere Differenz von $-0,23$ BCS-Einheiten zwischen den beiden Methoden. Darüber hinaus liegen 95% (Mittelwert $\pm 1,96$ Standardabweichungen) der Differenzen innerhalb von $-1,02$ bis $+0,56$ BCS-Einheiten.

Dennoch erscheinen Messungen des CBS-Systems im aggregierten Zustand, zum Beispiel in Form eines Verlaufes von Gruppen, hilfreich (Abbildung 8).

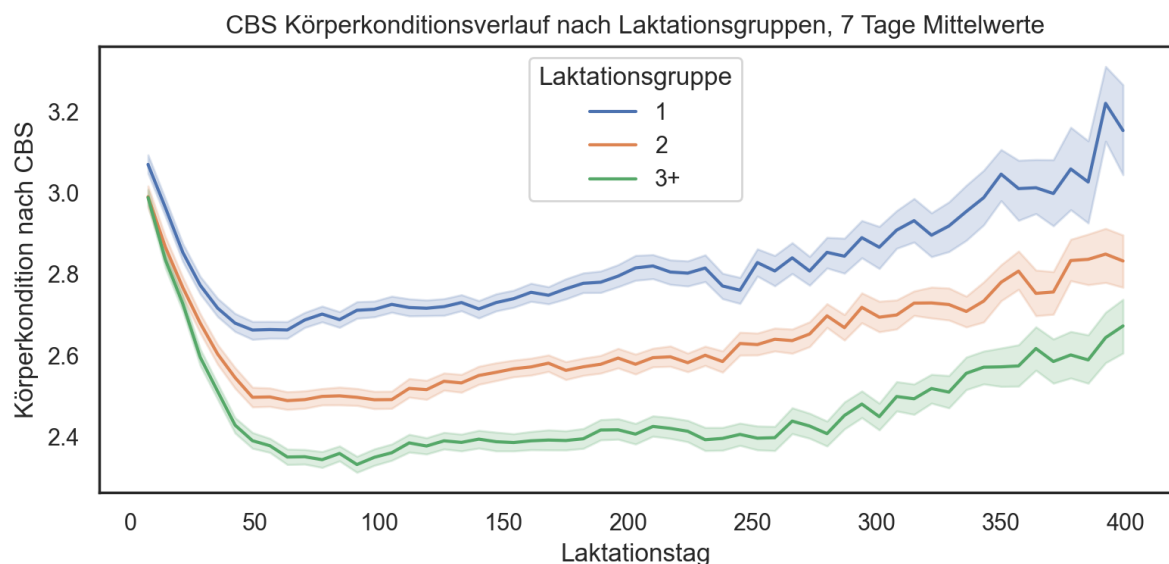


Abbildung 8. Verlauf der Körperkondition nach Laktationsgruppen als wöchentliche Mittelwerte von 831 Kühen aus den Messungen des CBS-Systems.

Die Datenaufzeichnung der CBS-Kamera verlief insgesamt gut, dennoch wurden Störfaktoren identifiziert. Es wurde festgestellt, dass Verschmutzungen z.B. durch Spinnenweben und Fliegendreck die Funktionalität der CBS-Kamera eingeschränkt. Eine kontinuierliche Aufzeichnung konnte nicht immer gewährleistet werden, da es zusätzlich zu Ausfällen des Betriebscomputers, des Netzwerkes, der CBS-Kamera und der Identifikationsplatte kam.

AP3 Schnittstellen zwischen HERDEplus® und den Sensoren

Das Ziel dieses Arbeitspaketes war es Schnittstellen zwischen HERDEplus® und den Sensoren zu etablieren und auf ihre Qualität zu überprüfen.

An das Herdenmanagementsystem HERDEplus wurden sechs Sensoren angebunden. Die gespeicherten und aggregierten Ereignisse (z.B. Brunst) werden kontinuierlich in HERDEplus abgespeichert.

Datenquellen	Betriebe	Ereignisse
Heatime SCR	Steinhausen Pfiffelbach	Brunst (Index)
Smartbow	Niederpöllnitz	Brunst (Index)
CowManager	Burgholzhausen	Brunst (Intensitätskategorien)
delPro	Uckro	Brunst (ja/nein)
CBS Kamera	Niederpöllnitz, Steinhausen, Burgholzhausen, Pfiffelbach	CowConditionScore (CCS)
THI	Burgholzhausen, HohenLuckow, Niederpöllnitz, Pfiffelbach, Steinhausen, Uckro	Temperatur, Feuchtigkeit & THI pro Tag

Aus den Daten der Aktivitätssensoren werden die Brunstereignisse mit den Eigenschaften Startdatum, Intensität und Enddatum erfasst. Der Aktivitätssensor CowManager liefert anstelle eines Brunstintensitätsindex eine Einteilung in Brunstintensitätsklassen von 0 bis 3. Der Aktivitätssensor delPro liefert lediglich das Vorkommen einer Brunst. Die Klimadaten der THI-Sensoren werden als Tageswerte aggregiert abgelegt. Die DSP erwägt die frei zugänglichen Klimadaten der umliegenden deutschen Wetterstation zusätzlich zu erfassen. Alle Körperkonditionsmessung der CBS-Kamera werden in HERDEplus® abgelegt.

Das IVEB hat die aggregierten Daten und Ereignisse aus den Datenquellen von jeder Sensorquelle validiert. Hiermit wurde sichergestellt werden, dass die Ereignisse mit ihren Eigenschaften fehlerfrei von dem HERDEplus® aufgezeichnet wurden.

Die Aktivitätssensoren wurden mit den exportierten Rohdaten des jeweiligen Sensorherstellers verglichen. Das IVEB konnte bei mehreren Aktivitätssensorquellen feststellen, dass Zeitpunkte der Brunstereignisse inkorrekt oder mehrfach in HERDEplus® gespeichert wurden. Die DSP hielt enge Rücksprache mit dem IVEB, um diese Probleme beheben. Die Güte der Körperkonditionsmessungen der CBS-Kamera wurde im Vergleich zu den Einschätzungen eines Tierarztes ermittelt. Die Klimawerte der THI-Sensoren im Stall wurden untereinander und mit Daten der nächstgelegenen deutschen Wetterstation verglichen.

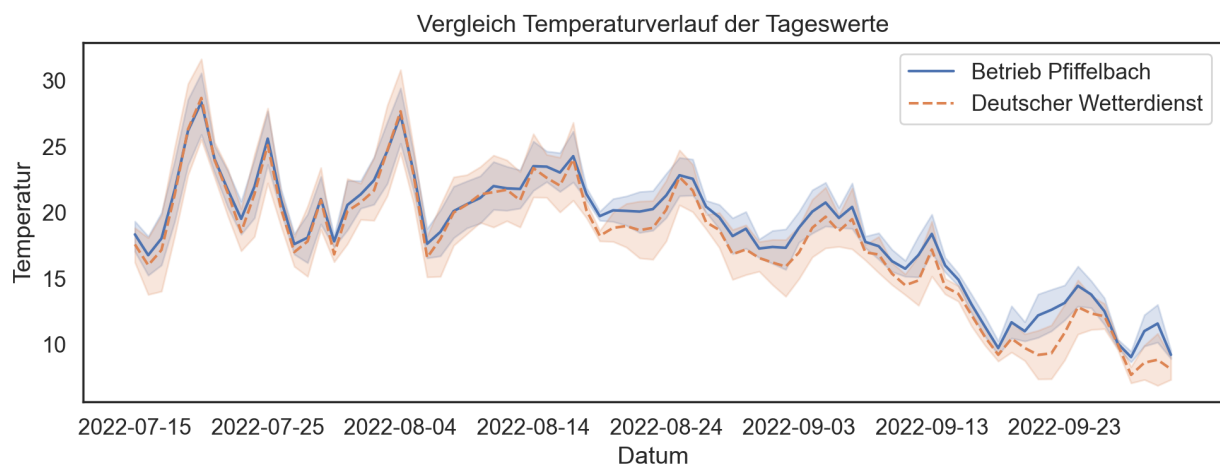


Abbildung 11. Verlauf der Temperaturtageswerte erfasst im Betrieb Pfiffelbach und der ~20km Luftlinie entfernten Deutschen Wetterstation Naumburg/Saale-Kreipitzsch.

Durch die Einführung der HERDEplus® Cloud kann eine Datenübermittlung in Form von einem Kompletbackup erfolgen. Hierdurch wurde ein regelmäßiger und verlässlicher Austausch der Daten der Projektbetriebe zwischen HERDEplus und dem IVEB sichergestellt.

AP4 Vorhersagemodell und Entscheidungshilfe - Erstellung des optimalen Vorhersagemodells und Ableitung einer Entscheidungshilfe

Die Entwicklung des Vorhersagemodells basierte ausschließlich auf den in HERDEplus vorhandenen Daten. Diese wurden tagaktuell aus den Betrieben der Freien Universität Berlin (FUB) direkt in HERDEplus eingespielt. Wenn bestimmte Daten noch nicht in HERDEplus verfügbar waren, wie beispielsweise Klimalogger-Daten oder Ergebnisse aus Blutuntersuchungen, wurden diese entsprechend manuell zugeordnet und in das System integriert.

Die Implementierung des Vorhersagemodells in HERDEplus erfolgte auf Basis der bereitgestellten Algorithmen. Die Integration wurde nahtlos in die bestehende Grundfunktionalität der Software eingebettet. Die Data Service Paretz GmbH wird in Zukunft weitere Anpassungen und Optimierungen vornehmen, jedoch stets in enger Abstimmung mit der FUB, um die Qualität und Funktionalität des Vorhersagemodells sicherzustellen.

Eine zentrale Erkenntnis für den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) in diesem Bereich ist die Notwendigkeit einer breiten Verfügbarkeit valider Massendaten. Diese müssen sowohl subjektive Daten (die auf Beobachtungen basieren) als auch objektive Daten (wie die aus CBS, Klimadaten oder Laboruntersuchungen) umfassen. Die Verlässlichkeit der KI hängt stark von der Menge und Qualität dieser Daten ab.

Aufgrund der Verzögerungen bei der fehlerfreien Implementierung aller Sensoren und Datenquellen wurden bis zum heutigen Zeitpunkt nur wenige vollständige Datensätzen aufgezeichnet. Diese vollständigen und über einen großen Zeitraum spannenden Daten aller Sensoren sind jedoch notwendig, um ein funktionierendes und zugleich robustes Vorhersagemodell zu entwickeln.

Für den Anwender, insbesondere den Landwirt, ist eine präzise und verlässliche Vorhersage jedoch von entscheidender Bedeutung. Ohne diese ist die praktische Nutzung des Systems nahezu ausgeschlossen. Um das Vorhersagemodell weiterzuentwickeln und zu verbessern, ist es notwendig, mehr Sensordaten zu erfassen und zu integrieren. Die bisher entwickelten Modelle haben sich als robust erwiesen, da sie den „menschlichen und betrieblichen Faktor“ größtenteils ausschließen konnten. Dies legt eine solide Basis für zukünftige Erweiterungen und Optimierungen, insbesondere durch die Integration weiterer Datenquellen und Sensortechnologien.

II.2 Erläuterung der Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die größte Einzelposition im Projekt bestand in der Laboranalyse der Blutproben aus dem AP 1. Die labordiagnostische Messung von Progesteron gilt als Goldstandard zur Beurteilung der zyklischen Wiederaufnahme der Ovaraktivität und war deshalb unerlässlich. Die Kosten für die Laboranalyse waren allerdings günstiger als ursprünglich erwartet.

Eine weitere bedeutende Kostenposition waren die Lohnkosten für Jan-Lukas Plenio (IVEB) und Lukas Bretzinger (TKF). Für die Durchführung des Projektes waren beide Personen unerlässlich. Herr Bretzinger war primär zuständig für die praktische Abwicklung des Projektes und die Betreuung der Betriebe. Herr Plenio war zuständig für die Aufbereitung und Verarbeitung der Daten.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Arbeiten im Projekt REPRO|1 waren aus mehreren wichtigen Gründen notwendig und angemessen, um die gesteckten Ziele zu erreichen und den Herausforderungen in der modernen Milchviehhaltung gerecht zu werden.

Zunächst einmal ist das Fruchtbarkeitsmanagement in großen Milchviehherden eine komplexe Aufgabe, die durch gesellschaftliche und ökonomische Anforderungen weiter erschwert wird. In vielen Betrieben wird die Tierbeobachtung durch den Einsatz von Fremdarbeitskräften und automatisierter Sensortechnik zunehmend delegiert, was jedoch zu einer verringerten direkten Überwachung der Tiere führt. Dies hat zur Folge, dass Anzeichen von Fruchtbarkeitsproblemen oder Krankheiten oft übersehen werden, was zu wirtschaftlichen Verlusten und einer Verringerung des Tierwohls führen kann.

Das Projekt REPRO|1 hat sich daher zum Ziel gesetzt, durch den Einsatz moderner Sensortechnologie und deren verbesserte Integration in das HERDEplus®-Managementsystem eine zuverlässige und kontinuierliche Überwachung der Fruchtbarkeit zu gewährleisten. Diese technologische Unterstützung ist notwendig, um in den zunehmend größeren und komplexeren Herden die Fruchtbarkeit tierindividuell der Kühe effektiv zu managen. Ohne solche technologischen Lösungen wäre es für Landwirte nahezu unmöglich, alle relevanten Parameter im Blick zu behalten und rechtzeitig auf Probleme zu reagieren.

Ein weiterer Aspekt, der die Notwendigkeit des Projekts unterstreicht, ist der gesellschaftliche Druck, den Einsatz von Hormonen in der Tierproduktion zu reduzieren. Hormone werden häufig eingesetzt, um die Fruchtbarkeit zu steigern, stehen aber unter starker Kritik. REPRO|1 hatte das Ziel durch die Entwicklung eines intelligenten Vorhersagemodells eine Alternative geschaffen, die auf natürlichen Indikatoren basiert und somit den Hormonbedarf reduziert. Diese Herangehensweise trägt nicht nur zur Verbesserung des Tierwohls bei, sondern erhöht auch die gesellschaftliche Akzeptanz der Milchproduktion. Darüber hinaus war es notwendig, die vorhandenen Schnittstellen in einer Weise weiterzuentwickeln und anzupassen, dass sie den speziellen Anforderungen des Vorhersagemodells gerecht werden.

Der Aufwand, der für die Entwicklung, Implementierung und Validierung dieser Technologien im Projekt betrieben wurde, war daher sowohl notwendig als auch angemessen. Trotz pandemiebedingter Verzögerungen und technischer Herausforderungen konnte das Projekt bedeutende Fortschritte erzielen, die langfristig zu einer effizienteren und nachhaltigeren Milchproduktion beitragen werden. Der Zeit- und Kostenaufwand war gerechtfertigt, da die Ergebnisse des Projekts nicht nur eine Verbesserung der Fruchtbarkeit in Milchviehherden ermöglichen, sondern auch einen Beitrag zur Weiterentwicklung der gesamten Branche leisten.

II.4 Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinn des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die weiterentwickelten Schnittstellen und neu eingeführten Technologien und Modelle wurden in HERDEplus® integriert und stehen den Landwirten direkt zur Verfügung. Die Verwertbarkeit der Ergebnisse zeigt sich in der verbesserten Effizienz und Genauigkeit des Fruchtbarkeitsmanagements. Langfristig wird erwartet, dass die entwickelten Lösungen, eine tierindividuelle, zeitlich angepasste Anpaarungsentscheidung unter der Einbeziehung aller möglichen Daten, eine erhebliche Reduktion hormoneller Eingriffe und somit zur Steigerung der Nachhaltigkeit in der Milchproduktion beitragen wird.

Es sind weitere Veröffentlichungen der Ergebnisse aus dem Projekt geplant im Rahmen von Artikeln in nationalen und internationalen Fachzeitschriften und Kongressen.

II.5 Bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das Thema Fruchtbarkeitsmanagement wird von vielen Partnern in der Wissenschaft bearbeitet. Im Bereich der allgemeinen Datenvernetzung und der Integration von Sensordaten zur Unterstützung des Fruchtbarkeitsmanagements sind uns jedoch keine signifikanten Fortschritte in Deutschland bekannt geworden, die vergleichbar mit den Ansätzen im Projekt REPR01 sind.

International gab es mehrere Veröffentlichungen, mit einer vergleichbaren Zielsetzung, insbesondere zu dem Zusammenhang von automatisch erfassten Merkmalen der Körperkondition und der Fruchtbarkeit (Pinedo et al., 2022: Dynamics of automatically generated body condition scores during early lactation and pregnancy at first artificial insemination of Holstein cows; Pinedo et al., 2022: Association between body condition score fluctuations and pregnancy loss in Holstein cows). Diese Arbeiten zeigen die Bedeutung von Veränderungen in der Körperkondition in der Früh-laktation und deren Einfluss auf die Fruchtbarkeit. In den Studien wurde die DeLAVAL Kamera verwendet auf einem Betrieb in Nordamerika. Die externe Validität der Studie ist eingeschränkt, da es sich um einen Betrieb handelt und die Ergebnisse nur bedingt auf deutsche Betriebe übertragen werden können.

Darüber hinaus wurde der Begriff „Targeted Reproductive Management“ geprägt (Giordano et al., 2022: Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows). Hierbei geht es um die Integration von verschiedenen digitalen und biologischen Features zur Verbesserung des Fruchtbarkeitsmanagements. Insbesondere die Brunstaktivität innerhalb der freiwilligen Wartezeit ist hier hervorzuheben. Unsere Arbeitsgruppe konnte in zwei Arbeiten zeigen, dass Kühe ohne Brunstaktivität innerhalb der freiwilligen Wartezeit eine deutlich schlechtere

Fruchtbarkeit aufweisen gegenüber Kühen, die in der freiwilligen Wartezeit einen Brunstalarm aufwiesen (Borchardt et al., 2021: Association of estrous expression detected by an automated activity monitoring system within 40 days in milk and reproductive performance of lactating Holstein cows; Bretzinger et al., 2023: Effect of transition cow health and estrous expression detected by an automated activity monitoring system within 60 days in milk on reproductive performance of lactating Holstein cows). Es gab hierzu bereits zwei Interventionsstudien (Rial et al., 2022: Effect of a targeted reproductive management program designed to prioritize insemination at detected estrus and optimize time to insemination on the reproductive performance of lactating dairy cows; Gonzalez et al., 2023: Targeted reproductive management for lactating Holstein cows: Reducing the reliance on exogenous reproductive hormones), die zeigen konnten, dass die Brunstaktivität innerhalb der freiwilligen Wartezeit geeignet ist, um Tiere individuell angepasst zu managen und dadurch die Fruchtbarkeit zu verbessern bzw. den Einsatz von Hormonen zu reduzieren.

Eine marktreife Integration in ein Herdenverwaltungsprogramm ist uns nicht bekannt.

II.6 Veröffentlichungen des Ergebnisses

Erste Ergebnisse aus dem Projekt (AP1) sind in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht.

Bretzinger et al. 2023. Journal of Dairy Science. 106(6):4429-4442.

doi: 10.3168/jds.2022-22616

Effect of transition cow health and estrous expression detected by an automated activity monitoring system within 60 days in milk on reproductive performance of lactating Holstein cows.

Borchardt et al. 2023. Journal of Dairy Science Communications. 5(3):225-229.

doi: 10.3168/jdsc.2023-0463

Efficacy of an automated technology at detecting early postpartum estrus events: Can we detect resumption of cyclicity?

Eine weitere Publikation befindet sich in Begutachtung in der Zeitschrift animals.

Bretzinger et al.

Evaluation of four different automated activity monitoring systems to identify anovulatory cows in early lactation and the as-sociation of anovulation on reproductive performance.

Es sind weitere Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Zeitschriften geplant.

Auf der EUROTIER 2022 wurden Teilergebnisse des Projektes im Rahmen des DLG Forums „Milch und Rind“ präsentiert. Darüber hinaus wurden Ergebnisse aus dem Projekt auf

landwirtschaftlichen und tiermedizinischen Workshops, Seminaren und Kongressen vorgestellt.