

In Richtung eines präventiven Gesundheitsmanagements für heimische Zweinutzungsrinder in ökologischen Weideproduktionssystemen mittels neuartiger Zuchtstrategien auf Basis von innovativen Datenerfassungssystemen

Towards preventive health management in native dual purpose cattle adapted to organic pasture based production systems via novel breeding strategies based on novel trait recording

FKZ: 14OE009

Projektnehmer:

Universität Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Agrartechnik
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1224
Fax: +49 5542 98-1520
E-Mail: agrartechnik@uni-kassel.de
Internet: www.uni-kassel.de/go/agrartechnik

Autoren:

Hensel, Oliver; Kulig, Boris

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Schlussbericht

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Agrartechnik
Prof. Dr. Oliver Hensel
Boris Kulig

2-Org-Cows

Towards preventive health management in native dual purpose cattle adapted to organic
pasture based production systems via novel breeding strategies based on novel trait
recording

In Richtung eines präventiven Gesundheitsmanagements für heimische Zweinutzungsrinder
in ökologischen Weideproduktionssystemen, mittels neuartiger Zuchtstrategien auf Basis
von innovativen Datenerfassungssystemen

Förderkennzeichen: 2814OE009 | Laufzeit: 01.04.2015 - 31.05.2018

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Gegenstand des Vorhabens	1
1.2	Ziele und Aufgabenstellung	1
1.2.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren	1
1.2.2	AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte	1
1.2.3	AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	2
1.3	Planung und Ablauf des Projektes	3
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	4
2.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	4
2.2	AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte	8
3	Material und Methoden	8
3.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	8
3.1.1	Applikation der der Sensoren	8
3.1.2	Sensorvalidierung	8
3.2	AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte	13
4	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	13
4.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	13
4.2	AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte	23
5	Diskussion der Ergebnisse	25
5.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	25
6	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit	26
6.1	AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung	26
6.2	AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte	26
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	27
8	Zusammenfassung	28
9	Literaturverzeichnis	29
10	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	30
10.1	Realisierte Veröffentlichungen	30
10.2	Geplante Veröffentlichungen	30
10.3	Projektarbeit	30
10.4	Seminar	30



1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Die Tierhaltung im ökologischen Landbau unterscheidet sich auf Grund von EU-rechtlichen Verpflichtungen erheblich von den im konventionellen Landwirtschaftlich üblichen Haltungsformen. Im 2-Org-Cows Forschungsprojektes galt es also die Weidehaltung von lokal angepassten Zweinutzungsrindern genauer zu beleuchten. Die tierzüchterischen Aspekte des Projektes, nämlich die Formulierung von Zuchtzielen von Milchkühen hinsichtlich Robustheit, Fitness und Langlebigkeit, bzw. den Einsatz von alternativen und lokal angepassten Rassen zu evaluieren, übernahmen die Partner im Projekt.

Für eine exaktere und umfänglichere Abgrenzung des Gegenstands des Vorhabens sei auf den Abschlussbericht des Projektkoordinators Uni Gießen und den „CORE Organic Plus funded project – Final Report“ des 2-Org-Cows Projektes verwiesen. Innerhalb des 2-Org-Cows Forschungsprojektes nahm die Agrartechnik einen unterstützenden Part ein.

Grundsätzlich galt es eine Bewertung von neuartigen funktionalen Merkmalen in Abhängigkeit von relevanten Umweltdeskriptoren vorzunehmen.

Die Agrartechnik übernahm die Implementierung und Validierung von Techniken zur Erfassung neuartiger funktionaler Merkmale für die Zuchtwertschätzung. Darüber hinaus stellte die Agrartechnik eine Kollaborationsplattform für den Datenaustausch (Cloud Dienst und Datenbank) zwischen den Projektpartnern zur Verfügung.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung

1.2.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren

Von allen Partnern wurde das Lokomotions Messsystem SensOor Ear Tag der Firma CowManger B.V. (CowManager B.V.) in den verschiedenen Versuchsherden implementiert. Es diente somit als „roter Faden“ zur Datenerfassung über Ländergrenzen hinweg. Dieses System ist ein Beispiel für eine ohrbasierte Erfassung von Lokomotionsdaten. Es ist in der landwirtschaftlichen Praxis hinlänglich bekannt und wird auch in größerem Umfang auf Praxisbetrieben eingesetzt. Speziell auf dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel, Domäne Frankenhausen, wurden zusätzlich weitere Sensorsysteme (vgl. Arbeitspaket 9) eingesetzt. Die Agrartechnik war verantwortlich für die Implementierung und Betreuung aller Sensorsysteme (SensOor Ear Tag, zusammen mit der Uni Gießen) auf der Domäne Frankenhausen. Weitere neue funktionale Merkmale und Umweltdeskriptoren wurden von anderen Projektpartnern erfasst.

Neben der reinen Erfassung von Daten galt es auch die erfassten Merkmale in Bezug auf ihre Eignung zu beurteilen und Anleitungen für deren Erfassung zu erarbeiten (vgl. Trait Atlas (Grandl, F. et al., 2016)). In Die Validierung des Lokomotions-Messsystems SensOor Ear Tag der Firma CowManger B.V. (CowManager B.V.) erfolgt in Arbeitspaket 9.

1.2.2 AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte

Die Agrartechnik war innerhalb des Arbeitspaketes 2 damit beauftragt, eine Kollaborationsplattform für den Datenaustausch zwischen den Projektpartnern zu implementieren, damit die internationale Zusammenarbeit effizient gestaltet werden konnte. Die Herausforderung bestand darin, eine flexible Plattform ohne Kenntnis der auszutauschenden Datenstrukturen parallel zur Erfassung der Daten zu entwickeln. Es galt sowohl Standarddatenquellen, als auch frei erfasste Datensätzen zu verwalten. Darüber hinaus musste sichergestellt werden, dass die Datenlieferanten über die Nutzung ihre Daten innerhalb des



Projektes selber entscheiden konnten. Ein Rechtesystem und eine klare Verantwortlichkeit für die Datenfreigaben musste implementiert werden.

Die Basisstruktur der Kollaborationsplattform der zu verwaltenden Daten wurde durch den im Arbeitspaket 1 erarbeiteten Trait Atlas (Grandl, F. et al., 2016) festgelegt.

1.2.3 AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

1.2.3.1 *SensOor Ear Tag*

Im Rahmen des 2-Org-Cows Forschungsprojektes wird wie oben beschrieben das Lokomotions Messsystem SensOor Ear Tag (nachfolgend einfach Sensor oder Sensor System genannt) kombiniert mit dem Herdenmanagementsystem der Firma CowManger B.V. (CowManager B.V.) eingesetzt. Das Messsystem erfasst direkt Beschleunigungen in alle Raumrichtungen ausgelöst durch Bewegungen des Tieres, an dem das System befestigt ist. Aus den Beschleunigungen werden durch Mustererkennungsalgorithmen (Cloud Dienst des Herstellers) Verhaltensmuster quantifiziert. Der Hersteller stellt keine Rohdaten der Beschleunigungssensoren zur Verfügung, sondern berechnete indirekte Informationen über das Verhalten eines Tieres. Ein solches System ist vergleichbar mit den mittlerweile sehr verbreiteten Fitnesstracker für den modernen Menschen.

Ziel war die Prüfung, ob ein solches System und dessen Messergebnisse, entwickelt für die Erkennung von Brunst und Gesundheitsproblemen bei Milchkühen vordringlich in Stallhaltung, auch als tierzüchterisches Selektionskriterium dienen kann. Um prinzipiell als tierzüchterisches Selektionskriterium zu dienen, muss es in der Lage sein, tierindividuelle Unterschiede im Verhalten zu detektieren. Aus tierzüchterischer Sicht ist nicht die Richtigkeit des Messergebnisses in absoluten Einheiten von Bedeutung, sondern vielmehr die relative Differenz der Ergebnisse zwischen den Tieren. Bereits auf dieser Basis besteht eine Chance, die genetischen Aspekte des Verhaltens zu berechnen und nach ihnen zu selektieren.

Aus diesem Grund sollte das Messsystem einer Messsystemanalyse (MSA) unterzogen werden. Diese ist auf Grund der Beschaffenheit des Messsystems (Abwesenheit von Normalen und Maßverkörperungen und die indirekte Art des Messprozesses) nur sehr bedingt in klassischer Messsystemanalyse bearbeitbar. Ziel der Arbeit ist somit, einen einigermaßen objektiven Ansatz zu entwickeln, um die Eignung des Messsystems zu prüfen und diese Prüfung auch durchzuführen.

Die vorliegende Arbeit kann ansatzweise in den Bereich technisch angewandte Metrologie eingeordnet werden. Eine abschließende Beurteilung, ob das Sensor System der Firma CowManager B.V. Daten liefert, die als Selektionskriterium dienen können, ist nicht Teil dieser Arbeit und muss mit Hilfe von tierzüchterischen statistischen Modellen überprüft werden. Abschließendes Ziel der Arbeit wäre es, nur eine Aussage über die grundsätzliche Vertrauenswürdigkeit des Messsystems unter Berücksichtigung tierzüchterischer Anforderungen zu treffen.

1.2.3.2 *Weiterer Sensortechniken zur Merkmalerfassung*

Auf der Domäne Frankenhausen wurde zusätzlich zum SensOor Ear Tag System das Rumiwatch Halfter der Firma ITIN+HOCH, das Pedometer System der Firma NEDAP und der Pansen pH Bolus der Firma SmaXtec eingesetzt. Das NEDAP System wurde im Austausch auch beim polnischen Partner auf der Juchowo Farm eingesetzt. Zum einen galt es, dieses Systeme im praktischen Einsatz hinsichtlich Praktikabilität und Eignung als Werkzeug für die Tierzucht und Gesundheitsvorsorge im ökologischen Kontext zu beurteilen, und zum anderen, diese Systeme auch für die „kreuzweise“ Validierung der Sensorsysteme einzusetzen.



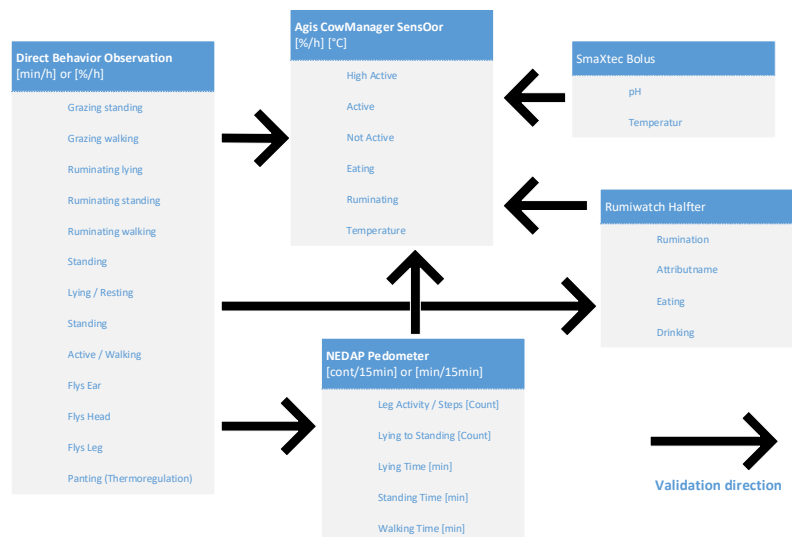


Abbildung 1: Geplantes „kreuzweises“ Validierungsschema

Alle ausgewählten eingesetzten Systeme sind schon praxiserprobt. Allerdings werden sie fast ausschließlich in der konventionellen Milchviehhaltung eingesetzt. Eine Beurteilung der Systeme unter den im 2-Organic-Cows-Projekt definierten Grundbedingungen stand aus.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt war gemäß Vorhabenbeschreibung über eine Gesamtlauzeit von 3 Jahren in insgesamt 10 Arbeitspakete (AP) unterteilt, die in chronologischer Abfolge zeitlich aufeinander abgestimmt sind, aber sich auch in ihren Wechselwirkungen beeinflussen. Die Universität Kassel (UNI-KS) war an der Bearbeitung der Arbeitspakete 1 und 2 beteiligt und im Arbeitspaket 9 federführend:

- AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren
- AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte
- AP 3: Rassevergleiche für funktionale Merkmale
- AP 4: Schätzen von genetischen Parametern und Zuchtwerten innerhalb Rasse
- AP 5: Identifikation von Rassecharakteristika (auch auf genomischer Ebene)
- AP 6: Wirtschaftliche Bewertung neuer Merkmalsparameter
- AP 7: Ableitung von ökonomischen Gewichte für Merkmale im Zuchtziel
- AP 8: Entwicklung ökologischer Gesamtzuchtwerte für Zweinutzungsrinder
- AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung
- AP 10: Wissenschaftliche und wirtschaftliche Ergebnisverwertung



Tabelle 1: Übersicht über die Projektpartner, deren Beteiligung an den Arbeitspaketen und die eingenommenen Rollen

Partner Nr.:	Land:	Name der Institution:	Typ der Institution ¹	Funktion ²	involviert in WPs:	Kontaktperson und E-Mail:
P1	Belgium	ULG Université of Liège	University	P,P, WPL	1, 4, 5	nicolas.gengler@ulg.ac.be
P2	France	IDELE Institut de l'Élevage	Research centre	P, WPL, P	1, 3, 6	Sophie.Mattalia@idele.fr didier.boichard@jouy.inra.fr
P3	Germany	UNI-G University of Gießen	University	PC P,P,P,P WPL	1, 2, 4, 5, 9	sven.koenig@agrar.uni-giessen.de
P3	Germany	UNI-KS University of Kassel	University	P, P, WPL	1, 2, 9	bkulig@uni-kassel.de
P4	Netherlands	WUF-SE University of Wageningen	University	P, WPL	1, 2	egbert.lantinga@wur.nl
P5	Poland	IGAB, R-Ju Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN Jastrzębiec	University, research centre	WPL, P,P	1, 2, 9	t.baars@fingerprint.nl t_sakowski@yahoo.com
P6	Slovenia	UL University of Ljubljana	University	P, P,WPL	1, 3, 6,	Marija.Klopčič@bf.uni-lj.si
P7	Switzerland	QAG Qualitas AG	Private research center /other (genetic evaluation center)	P,P,P, WPL,P,	1, 2, 3, 4, 5	Beat.Bapst@qualitasag.ch
P8	Turkey	TAGEM Intern. Centre for Livestock Research and Training	Public research centre	P,P,P	1, 5, 9	karakasvedat@yahoo.com

¹ University, Public research Centre, Private research Centre, Company, Other

² PC = Project coordinator, WPL = Work package leader, WPCL = Work package co-leader, P = Participant

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

2.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

Sowohl die eingesetzten System als auch vergleichbare Konkurrenzprodukte funktionieren nachweislich hinreichend gut als erweitertes Herdenmanagementsystem mit Gesundheits- und Brunstüberwachung (vgl. z.B.: (Wolfger, B., Timsit, E., Pajor, E. A., Cook, N., Barkema, H. W., Orsel, K., 2015) und (Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A., Bewley, J. M., 2016)). Allerdings wurde dieser Nachweis nur für Stallhaltungssysteme erbracht.

Im vorliegenden wissenschaftlichen Kontext sollten ein solches System einsetzen werden um objektive Selektionskriterien für die Tierzucht auf Langlebigkeit und Gesundheit zu bekommen. Es ergeben sich somit erhöhte Anforderungen an Genauigkeit der Erfassung von Verhaltensmustern. Vom Sensor werden lediglich Beschleunigungen erfasst, diese werden von Mustererkennungsalgorithmen den ausgewiesenen Verhaltensmustern zugeordnet. Zur Verfügung stehen also keine Rohdaten sondern das Ergebnis einer Mustererkennung nach unbekanntem Algorithmus direkt vom Rechenserver der Hersteller.

Da die geplante kreuzweise Sensorvalidierung (vgl. Kapitel 1.2.3.2) nicht wie geplant durchführbar war (vgl. Kapitle 4.1.1.2) beziehen sich weitere Betrachtungen auf das SensOor Ear Tag System.

Das SensOor Ear Tag System kann zwischen „High Active“, „Active“, „NotActive“, „Eating“ und „Rumination“ unterscheiden. Die exakte Definition und die entsprechenden Bewegungsmuster bzw. Beschleunigungsinformationen werden vom Hersteller des Systems nicht offengelegt. Aus der „Montage“ und aus dem Messprinzip des Sensor Systems lässt sich jedoch eine Störanfälligkeit ableiten. Kuhkörper, Kuhkopf am Kuhkörper, Ohr am Kuhkopf und Kuhkörper ergeben ein dynamisches System. Die Bewegungen der Einzelemente überlagern sich. Der additive Effekt bzw. die Resonanz wird verarbeitet.



Die Weidehaltung von Kühen ist verpflichtend im Ökologischen Landbau. Bei der Weidehaltung zeigt sich allerdings ein viel diverseres Verhalten. In der Stallhaltungssituation tritt ein Verhaltensmuster isoliert auf. Z.B. fressen die Kühe an einem Futtertisch. Sie laufen nicht beim Fressen. Bei der Weidehaltung fressen die Kühe natürlicherweise auch während der Fortbewegung. Im Stall tritt Wiederkauen meist nur in Ruhe, also beim Liegen, auf. In der Weidehaltung kommt es zu einem natürlichen Wiederkauverhalten. Wiederkauen kann immer dann auftreten, wenn der Pansen gefüllt ist und hinreichend Ruhe in Herde und Umgebung herrscht. Es kann also im Liegen, im Stehen und bei Bewegung auftreten. Die Haltungsform kann also potentiell die Detektion von Verhaltensmustern beeinflussen.

Tabelle 2: Verhaltensmuster und „Matching“ von Stall- und Weideverhalten

SensOor Classes	Direct Behavior Observation Classes
High Active	Active / Walking
Active	Standing
Not Active	Lying / Resting
Eating	Grazing standing
	Grazing walking
Ruminating	Ruminating lying
	Ruminating standing
	Ruminating walking

Darüber hinaus ist diese Überlagerung auch abhängig von Umgebungsbedingen. So führt eine starke Störung der Kühe durch Fliegen zu vermehrten Ohrbewegungen, die vom System potentiell als hohe Aktivität gedeutet werden kann. Das Hecheln, ein Verhaltensmuster zur Thermoregulierung, kann bei hohen Temperaturen sehr leicht mit den sehr regelmäßigen Bewegungen des Wiederkauens verwechselt werden.



Abbildung 2: Beispiel für die Störung einer Kuh durch Fliegen

Erste Ansätze einer Überprüfung auch für Weidehaltung liefert eine Masterarbeit (Kaptijn, 2016). In dieser Arbeit wurden das COWMANAGER B.V. Herdenmanagementsystem und der SensOor Ear Tag eingesetzt. Insgesamt wurde dem System auch für Weidehaltung eine gute Tauglichkeit attestiert. Die Beobachtungen fanden jedoch – in Bezug auf störende Einflüsse – unter sehr guten Bedingungen statt. Diese Arbeit bildet eine Arbeitsgrundlage für die vorliegende Untersuchung.

Problematik der Messsystemanalyse und Entwicklung eines alternativen Ansatzes

Das übergeordnete Ziel einer Messsystemanalyse wäre es, ein Urteil über die Eignung eines Messmittels für einen definierten Messprozess zu treffen. Dieses Ziel müsste unabhängig von der eingesetzten Methode erreicht werden. Die eingesetzten Methoden müssten allerdings objektiv sein und statistischen Grundsätzen folgen. Eine Aussage über die systematische Messabweichung, zufällige Messabweichungen und Linearität müsste getroffen werden können. Dies wäre eine grundsätzliche Definition des Begriffs.



Eine erste wichtige Definition einer Messsystemanalyse im strengen Sinn und die Prägung des Begriffs (MSA – Measurement System Analysis) geht auf eine Veröffentlichung der Automotive Industry Action Group (A.I.A.G.) aus dem Jahr 1990 zurück. Aktuell liegt das Werk in der 4. Auflage vor (A.I.A.G., 2010). Einen grundsätzlichen Überblick über den in der MSA definierten Satz von Verfahren und eine Definition von Begriffen liefern (Dietrich, 2011) und (Wikipedia-Autoren, a, 2018).

Eine zentrale Grundvoraussetzung für die Durchführung einer MSA nach A.I.A.G. ist der Einsatz von mindestens Referenzteilen (Normale / Einstellmeistern bzw. Maßverkörperungen). Die Kalibrierunsicherheit eines Referenzteils sollte bekannt und im Verhältnis zur Toleranz ausreichend klein sein (z.B. kleiner gleich 5% der Toleranz).

Die zentralen Verfahren der Messsystemanalyse nach A.I.A.G. sind:

- Verfahren 1: Wiederholpräzision, Wiederholbarkeit;
- Verfahren 2: Wiederhol- und Vergleichspräzision (Gauge R&R study – repeatability and reproducibility);
- Verfahren 3: Verfahren 2 ohne Einfluss des Prüfers (z.B. für elektronische Messsysteme);
- Verfahren 4: Linearitätsstudie;
- Verfahren 5: Messbeständigkeit.

Für die Messung mit dem vorliegenden Sensorsystem ist ein Referenzteil leider nicht verfügbar, da der Hersteller COWMANAGER B.V. die Mustererkennungsalgorithmen nicht offenlegt und somit kein Gerät, welches definierte Schwingungsmuster generiert, konstruierbar ist. Es muss also für die Bewertung des vorliegenden Sensorsystems ein alternativer Ansatz gewählt werden.

Ziel der Arbeit wäre es, eine Aussage über die grundsätzliche Vertrauenswürdigkeit des Messsystems unter Berücksichtigung tierzüchterischer Anforderungen zu treffen. Hierfür wären eine kleine zufällige Messabweichung und die Linearität des Messmittels von übergeordneter Bedeutung. Beide Kriterien würden eine sichere Unterscheidbarkeit der Leistungen der Tier gewährleisten. Die Größe der systematischen Messabweichung ist aus tierzüchterischer Sicht von untergeordneter Bedeutung.

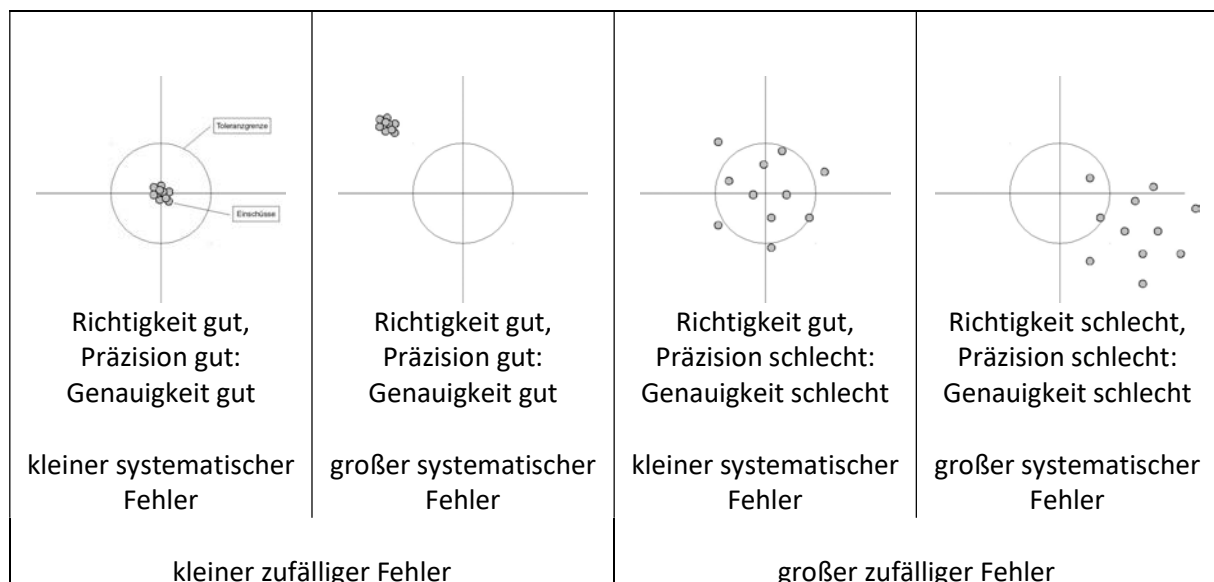


Abbildung 3: Graphische Definition von Richtigkeit, Präzision, Genauigkeit im Zusammenhang mit der Größe des zufälligen Fehlers (Quelle: nach Wikipedia – [Genauigkeit](#), 31.05.2017)

Der Zuchtwert eines Tieres basiert auf der Differenz der tierindividuellen Leistung zum Herdendurchschnitt. Die Herde wäre Blockeffekt, die Problematik des Nestings (Tier in Herde) würde über die schiere Masse von Tieren und Herden im Gesamtmodell balanciert.

Als Lösungsansatz für die beschriebenen Probleme wird in dieser Arbeit ein Methodenvergleich.

Voraussetzung für einen Methodenvergleich ist eine verbundene Stichprobe. Für die zu messenden Objekte liegen das Messergebnis einer Gold-Standard-Methode und das einer neu zu etablierenden und zu prüfenden Methode vor. Der Gold-Standard ist eine etablierte und vertrauenswürdige Methode. Prinzipiell müsste auch für die Gold-Standard-Methode eine Messsystemanalyse vorliegen. Im vorliegenden Fall wird die direkte Verhaltensbeobachtung (vgl. Kapitel 3.1.20) als Gold-Standard-Methode angesehen. Die hieraus abgeleiteten Messwerte werden vom Projektteam Prof. Dr. Egbert Lantinga (University of Wageningen), Prof. Dr. Ton Baars und Prof. Dr. Tomazs Sakowski (Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN Jastrzębiec, Warsaw) und Boris Kulig (Universität Kassel) als vertrauenswürdig und als hinreichend genau eingestuft. Eine kritische Auseinandersetzung mit dieser Annahme ist nicht Teil dieser Arbeit.

Die Messungen aus direkter Verhaltensbeobachtung und die Sensorergebnisse warten mit einer weiteren Besonderheit auf. Die einzelnen Verhaltensanteile summieren sich. 100 % der Zeit wird verbracht mit der Summe der vom System ausgewiesenen Verhaltensmuster (u.a. Aktivität, Fressen, Wiederkauen, ...). Das bedeutet, dass sich der Anteil eines einzelnen Verhaltensmusters aus der Linearkombination der übrigen Verhaltensmuster ableiten lässt. Es liegt also Multikollinearität vor. Multikollinearität wird nach Wikipedia wie folgt definiert: „Multikollinearität ist ein Problem der Regressionsanalyse und liegt vor, wenn zwei oder mehr erklärende Variablen eine sehr starke Korrelation miteinander haben. Zum einen wird mit zunehmender Multikollinearität das Verfahren zur Schätzung der Regressionskoeffizienten instabil und Aussagen zur Schätzung der Regressionskoeffizienten zunehmend ungenau. Zum anderen ist die Modellinterpretation nicht mehr eindeutig. Das klassische Symptom von starker Multikollinearität ist ein hohes Bestimmtheitsmaß einhergehend mit niedrigen t-Werten für die einzelnen Regressionsparameter.“ (Wikipedia-Autoren, b, 2018)

Ein probater Umgang mit Multikollinearität stellt die Partial Least Squares Regression dar. Multikollinearität wird sowohl auf der x- als auch auf der y-Seite der Regressionsgleichung aufgelöst durch die Schaffung von sogenannten Principal Components. Es wird ein PLS-R gerechnet, um zu überprüfen, ob dieses zu einer besseren Beurteilung des Messsystems - bzw. besserer Konkordanz der Messungen – beitragen kann.

Aus obigen Überlegungen ergeben sich die folgenden Schritte für einen Methodenvergleich. Einige wichtige statistische Aspekte werden in Kapitel 3.1.2 beschrieben, die Ergebnisse werden in Kapitel 4.1.1.2 präsentiert:

- Prüfung der Zwischenprüferkonkordanz (Cohen`s Kappa) bei der direkten Verhaltensbeobachtung.
- Beurteilung der Konkordanz der Einzelverhaltensmuster aus direkter Beobachtung und Sensor Ergebnis mit Hilfe der einfachen Linearen Regression, der orthogonal Regression (Deming oder Typ II Regression). Darstellung der Messdifferenz der Messmethoden mit dem Bland-Altman-Plot.
- Entwicklung eines multivariaten Prädiktionsmodells mit Hilfe einer Partial Least Squares Regression (PLS-R) um der Multikollinearität der Verhaltensmuster Rechnung zu tragen.
- Beurteilung der Konkordanz der Einzelverhaltensmuster der Sensor Messung zu den geschätzten Werten aus der PLS-R.
- Gesamtbewertung der Vertrauenswürdigkeit der Messungen des Sensor Systems.

Wie beschrieben bilden die vom Sensor ausgegebenen Variablen das Weideverhalten nicht 1:1 ab. Bei der Datenauswertung eine „Matching“-Strategie eingesetzt werden.



Tabelle 3: : „Matching“-Strategie: Variablen des Sensors zu Variablen der direkten Verhaltensbeobachtung

SensOor Classes	Direct Behavior Observation Classes
High Active	Active / Walking
Active	Standing
Not Active	Lying / Resting
Eating	Grazing standing
	Grazing walking
Ruminating	Ruminating lying
	Ruminating standing
	Ruminating walking

Durch Addition wurden „Grazing standing“ und „Grazing walking“ und den drei „Ruminating“ Variablen jeweils eine Variable erzeugt.

2.2 AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte

Der Verwendung von Data Warehouse Techniken ist Stand der Technik sowohl in industriellen Umgebungen der Qualitätssicherung als auch zunehmend in landwirtschaftlichen Applikationen im Landwirtschaft 4.0 Umfeld.

3 Material und Methoden

3.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

3.1.1 Applikation der der Sensoren

Auf der Domäne Frankenhausen wurden 50 SensOor Ear Tags der Firma CowManger B.V. (CowManager B.V.) eingesetzt. Diese lieferten ab September 2015 Daten. Das System ist nach wie vor in Betrieb, Daten werden weiterhin erfasst und durch die Agrartechnik regelmäßig aufbereitet und im Kollaborationssystem (vgl. AP 2) zur Verfügung gestellt. Parallel wurden 50 Pedometer der Firma NEDAP an denselben Kühen angebracht. Der Einsatz der NEDAP Sensoren wurden im Frühjahr 2016 auf der Domäne Frankenhausen abgebrochen. Eine erneute kurzzeitige Implementierung fand auf der Juchowo Farm in Polen statt. Punktuell wurde das Rumiwatch Halfter (insgesamt 5 standen zur Verfügung) der Firma ITIN+HOCH an obigen Kühen eingesetzt, die Auswahl geeigneter Kühe aus der Gruppe der 50 Sensor Kühe wurde durch die Universität Gießen getroffen. Gleiches galt für die 20 pH-Boli der Firma SmaXtec. Die pH-Boli zeichnen laut Angaben des Herstellers für maximal 3 Monate ein stabiles pH-Signal auf. Das System bietet auch eine Temperaturaufzeichnung, die über die gesamte Batterielaufzeit erfasst werden kann.

Die Klimadaten im Außenbereich werden vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen zur Verfügung gestellt, welcher eine Klimamessstation auf der Domäne Frankenhausen betreibt. Das Stallinnenklima (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) wurde mit Testo 174H Mini-Datenloggern erfasst.

3.1.2 Sensorvalidierung

Betriebe, Tiere, Umweltsituation

Die Beobachtungen fanden auf dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel, Domäne Frankenhausen und auf dem Versuchsbetrieb der Universität Warschau, Juchowo Farm statt. In Frankenhausen wurde nur im



Jahr 2016 beobachtet. In Juchowo wurde sowohl in 2016 als auch in 2017 beobachtet. Beide Betriebe wurden getrennt ausgewertet, da Softwareversion des Sensor Systems vom Hersteller proaktiv während der Beobachtungskampagne ausgetauscht. Die Beobachtungen in Frankenhausen wurden mit der alten, die Beobachtungen in Juchowo komplett mit der neuen Software Version durchgeführt. Insgesamt musste dieser Umstand als unglücklich, aber unvermeidbar hingenommen werden.

Der Austausch erfolgte, da die Ergebnisse mit der ursprünglich ausgelieferten Softwareversion bei einer groben graphischen Analyse schon als nicht vertrauenerweckend eingestuft wurden.

Beobachtung und Auswahl der Tiere erfolgten gänzlich zufällig und ungeplant. Die Beobachtung fand unabhängig von Wetterbedingungen statt. Die Tiere wurden überwiegend auf der Weide beobachtet. Die Beobachtungen fanden um die Mittagszeit statt. Die Temperaturen waren auf beiden Betrieben und in beiden Jahren sommerlich bis heiß.

Die Belastung der Tiere durch Fliegen war meist sehr groß. Leider wurde die Beobachtung der störenden Einflüsse auf Grund von Abstimmungsschwierigkeiten nur auf der Domäne Frankenhausen dokumentiert.

Mit den zu Verfügung stehenden Ressourcen bezüglich Personal und Zeit war kein balancierter Versuchsplan im Sinne einer erweiterten MSA zu bewerkstelligen. Der Einfluss der benennbaren Faktoren Tier, Betrieb, Jahr und Wetter wurde nicht berücksichtigt. Die Ausprägung der Faktoren wurde jedoch dokumentiert. Für die vorliegende Untersuchung wird postuliert, dass das Messsystem nicht in Wechselwirkung mit diesen Faktoren steht. Eine umfänglichere Untersuchung, um diese Annahme zu untermauern, wäre angeraten.

Verhaltensbeobachtung

In Kaptijn, 2016 wurde ein Beobachtungsschema etabliert, welches für die vorliegende Arbeit um einige Elemente in Hinblick auf Störgrößen erweitert wurde. Die Definition des Schemas erfolgte letztendlich in mündlicher Absprache unter den Projektpartner Prof. Dr. Egbert Lantinga (University of Wageningen), Prof. Dr. Ton Baars und Prof. Dr. Tomazs Sakowski (Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN Jastrzębiec, Warsaw) und Boris Kulig (Universität Kassel). Nachfolgendes Datenerfassungsblatt wurde bei der Beobachtung eingesetzt.

Protocol of Direct Observation of Animals in order to Validate the SensOor system														
Date:		Start Time:			Location:									
Animal Name:		Animal #:			Observer:									
Comment:														
Time	1 Grazing standing	2 Grazing walking	3 Ruminating lying	4 Ruminating standing	5 Ruminating walking	6 Standing	7 Lying / Resting	8 Active / Walking	Flies Ears	Flies Head	Flies Leg	Panting / Themoreg.	Time	Comment
00:01:00													00:01:00	
00:02:00													00:02:00	
00:03:00													00:03:00	
00:04:00													00:04:00	
00:05:00													00:05:00	
00:06:00													00:06:00	

Abbildung 4: Ausschnitt Protokollblatt der direkten Verhaltensbeobachtung

Als Basis dient eine 1:1 Direktbeobachtung. Ein Beobachter beobachtet nur genau ein Tier zur selben Zeit. Es wurde ein Katalog von zu erfassenden Verhaltensmustern und störenden Einflüssen definiert. Minütlich wurde das Verhalten bewertet, eine Zuordnung des aktuellen Verhaltens zum vordefinierten Set erfolgte. Das Vorhandensein von störenden Einflüssen wurde ebenso bewertet. Jedes Tier wurde insgesamt 2 Stunden beobachtet. Insgesamt wurden im Jahr 2016 auf der Domäne Frankenhausen 9 Tiere insgesamt 34 Stunden beobachtet. Einige Beobachtungsdatensätze konnten nicht genutzt werden, da die Sensoren



Aufzeichnungsfehler hatten. Auf der Juchowo Farm wurden in 2016 und 2017 48 Kühe insgesamt 90 Stunden beobachtet.

Mit Blick auf die Besonderheiten der Weidehaltung wurden folgende Verhaltensmuster in den Katalog aufgenommen:

- Grazing: Grazing standing; Grazing walking;
- Rumination: Ruminating lying; Ruminating standing; Ruminating walking;
- Standing;
- "Lying / Resting";
- Active / Walking.

Als Störungen wurden auf der Domäne Frankenhausen erfasst:

- Flies Ears = extreme irregular ear movement due to flies;
- Flies Head = extreme backward movement of the head;
- Flies Leg = kick with the leg after flies or scratch with the leg due to flies;
- Panting / Thermoregulation = regular movement of the abdomen or panting respiration for thermoregulation.

Bestimmung der Zwischenprüferkonkordanz (Cohen's Kappa)

Insgesamt wurden vier Prüfer bei der Verhaltensbeobachtung eingesetzt. Auf der Domäne Frankenhausen waren es „Karin“ und „Boris“ und auf der Juchowo Farm „Gregor“. Alle vier Prüfer verfügen über langjährige Erfahrungen bei der Verhaltensbeobachtung bei Milchkühen.

Trotzdem wurde exemplarisch bzw. als Kontrolle ein Zwischenprüferkonkordanz nach Cohen (vgl.: (Cohen J. , 1960) bzw. (Cohen J. , 1972)) zwischen Karin und Boris durchgeführt. Dazu wurden mehrere Kühe gleichzeitig von beiden benannten Prüfern beobachtet. Da minütlich unter Nutzung des oben definierten Katalogs (Kategorie 1 bis z) beobachtet wurde, ergibt sich eine $z * z$ Kontingenztabelle wobei eine Zelle die Urteilshäufigkeit h enthält (vgl.: Tabelle 5). Generiert wird diese aus einer Rohtabelle nach folgendem Schema.

Tabelle 4: Rohtabelle für Cohen's kappa unter Nutzung nebenstehender Verschlüsselung der Kategorien

	Minute	Hour	Minute_in_Hour	Karin	Boris
33	33	1	33	7	7
34	34	1	34	7	7
35	35	1	35	7	7
36	36	1	36	7	7
37	37	1	37	6	6
38	38	1	38	8	8
39	39	1	39	8	8
40	40	1	40	8	8
41	41	1	41	8	8
42	42	1	42	2	2
43	43	1	43	2	1
44	44	1	44	1	1
45	45	1	45	6	6
46	46	1	46	6	6

Behavior	
Key	Meaning
1	Grazing standing
2	Grazing walking
3	Ruminating lying
4	Ruminating standing
5	Ruminating walking
6	Standing
7	Lying / Resting
8	Active / Walking

Im vorliegenden Fall wird nur zwischen Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung unterschieden. Die Verhaltensmuster werden als nominalskaliert gewertet. Alle verschiedenen Missklassifikationen haben das gleiche Gewicht. Die Auswertung erfolgt mit der Statistiksoftware SPSS 22 64bit für Windows (IBM Corp., 2013).



Die Beurteilung der Kappa Werte folgt dem Vorschlag von (Landis, J. R. and Koch, G. G., 1977): Kappa < 0 = „schlechte Übereinstimmung (poor agreement)“, Kappa zwischen 0 und 0,20 = „etwas (slight) Übereinstimmung“, 0,21–0,40 = „ausreichende (fair) Übereinstimmung“, 0,41–0,60 = „mittelmäßige (moderate) Übereinstimmung“, 0,61–0,80 = „beachtliche (substantial) Übereinstimmung“, 0,81–1,00 = „(fast) vollkommene ((almost) perfect) Übereinstimmung“.

Konkordanz von Einzelverhaltensmustern mit linearer- und orthogonal-Regression

Mit Hilfe einer einfachen linearen Regression wird versucht, eine beobachtete abhängige Variable y durch eine unabhängige Variablen x zu erklären. Es wird ein Modell der Form $y = \beta_0 + \beta_1 x$ angepasst. Die Parameter β_0 (Achsenabschnitt) und β_1 (Steigung) werden mit Hilfe der Kleinsten-Quadrate-Methode nach Gauß berechnet.

Die einzelne Beobachtung y_i kann mit der Gleichung $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i$ erklärt werden. Sie enthält den durch das Modell erklärbaren Anteil $\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$ und den nicht erklärbaren Rest $\epsilon_i = y_i - \hat{y}_i$. Zur Beurteilung der Modellgüte kann das Bestimmtheitsmaß R^2 herangezogen werden. Das Bestimmtheitsmaß gibt an, mit welchem Anteil die Beobachtungen durch das Modell erklärt werden können. Der Wertebereich geht von 0 bis 1. Eine 1 bedeutet, die Beobachtungen können komplett durch das lineare Modell erklärt werden, alle Datenpunkte liegen auf der angepassten Gerade.

Die wesentlichen Grundvoraussetzungen (Unabhängigkeit der Messungen und Fehler, Normalverteilung der Residuen) für die Anwendung einer einfachen linearen Regression sind hinlänglich bekannt. Da sie in der vorliegenden Untersuchung von untergeordneter Bedeutung sind, werden sie nicht mit Hypothesentests überprüft. Graphische Anomalien, die auf eine Verletzung der beschriebenen Grundvoraussetzungen hinweisen werden jedoch im Ergebnisteil der Arbeit kommentiert.

Eine oft vergessene Grundvoraussetzung für die Anwendung der einfachen linearen Regression stellt jedoch ein wesentliches Problem für einen Methodenvergleich dar. Die unabhängige Variable x darf strenggenommen keinen Messfehler aufweisen. Die einfache lineare Regression betrachtet nur Fehler in vertikaler Richtung.

Bei einem Methodenvergleich muss jedoch ein Messfehler für die Methode, die auf der x Achse, und für die Methode, die auf der y Achse abgebildet wird, angenommen werden. Es muss also von einem Fehler in vertikaler und horizontaler Richtung ausgegangen werden. Prinzipiell könnten beide Fehleranteile auch unterschiedlich groß sein.

Von unabhängiger und abhängiger Variable kann bei einem Methodenvergleich auch nicht gesprochen werden. Beide Methoden messen dasselbe Objekt unabhängig voneinander. Im idealen Fall ist eine Konkordanz zwischen den Messungen zu beobachten.

Die Deming-Regression (Deming, W. E., 1943) berücksichtigt den Fehler in beide Raumrichtungen und bietet sich somit für den Methodenvergleich an. Grundvoraussetzungen der Anwendung sind: Residuen beider Variablen sind unabhängig und normalverteilt, der Quotient ihrer Varianzen wird als bekannt unterstellt. Bei einem Quotient von 1 wird unterstellt, dass beide Methoden den gleichen Messfehler haben. Dieser Sonderfall wird auch als Orthogonal-Regression bezeichnet.

Da in der vorliegenden Untersuchung der Messfehler beider Messmethoden unbekannt ist, wird als Vereinfachung ein Quotient von 1 angenommen. Es wird also eine Orthogonal-Regression durchgeführt.

Eine Konkordanz der Methoden kann angenommen werden, wenn die Regressionsparameter der Orthogonal-Regression folgende Eigenschaften haben: Die Steigung ist nicht konfident (95%iges KI) unterschiedlich von 1 und der Achsenabschnitt ist nicht konfident unterschiedlich von 0.



Da bei der Orthogonal-Regression kein Bestimmtheitsmaß berechnet wird, wird die einfache lineare Regression, trotz der beschriebenen Problematik, behelfsweise herangezogen, um eine Angabe zur Modellgüte machen zu können.

Zur Berechnung und Darstellung der Regressionsergebnisse wurde die Software JMP 13 (SAS Institute Inc., 2017) genutzt.

Darstellung der Messdifferenz der Messmethoden mit dem Bland-Altman-Plot

Der Bland-Altman-Plot (Bland, J. M., Altman, D. G., 1986) dient der optischen Beurteilung der Konkordanz von zwei Messmethoden, die im selben Wertebereich messen. Für ein und dasselbe Objekt muss ein Messwert für beide Methoden vorhanden sein (gepaarte Stichprobe). Weitere Grundvoraussetzungen müssen nicht erfüllt werden.

Auf der x-Achse wird der Mittelwert beider Messungen dargestellt. Auf der y-Achse wird die Differenz aus beiden Messungen abgebildet. Folgende graphischen Beurteilungen werden ermöglicht:

- Schwankungsbreite der Differenzen;
- Mögliche lineare oder höher polynome Trends werden erkennbar;
- Eine Mittelwertlinie der Differenzen weist auf einen möglichen Bias (systematischer Fehler) hin;
- Sogenannte „Limit of Agreement“ Linien (Mittelwert der Differenz $\pm 1,96$ * Standardabweichung der Differenz) geben einen Hinweis auf extreme Abweichungen.

Prinzipiell könnte ein Konfidenzintervall für den Bias berechnet werden – ein Äquivalenztest wäre denkbar – und das „Limit of Agreement“ Intervall könnte durch Toleranzgrenzen ersetzt werden.

Im Rahmen dieses Projektes können weder Toleranzgrenzen, noch kleinste relevante Deltas für einen Äquivalenztest definiert werden. Eine objektive Definition dieser Parameter muss aus einer tierzüchterischen Modellbildung abgeleitet werden.

Die Berechnung und Darstellung der Bland-Altman-Plots erfolgte mit der Software Graphpad Prism 7 (GraphPad Software, 2017).

Berücksichtigung von Multikollinearität und mit Hilfe Partial Lineare Regression (PLS-R)

Die PLS-R (Wold, S., Sjöström, M., Eriksson, L., 2001) folgt vereinfacht und verkürzend ausgedrückt dem Grundgedanken einer ordinären multiplen linearen Regression (OLS). Abhängige Zielgrößen y werden durch mehrere unabhängige Einflussgrößen x beschrieben. Im Unterschied zur OLS werden jedoch nicht die originalen Variablen genutzt. Die PLS-R verwendet, zur Beschreibung der grundlegenden Beziehungen zwischen den zwei Matrizen (X und Y) sogenannte latente Variablen zur Modellierung der zugrundeliegenden Kovarianzstrukturen. Die neu berechneten latenten Variablen stehen orthogonal also unkorreliert zueinander. Die PLS-R folgt somit dem Grundgedanken der Hauptkomponentenanalyse eingeführt von Karl Pearson (Pearson, K., 1901). Die PLS-R ist insbesondere dann angeraten, wenn es eine Multikollinearität zwischen X -Werten gibt. Im Gegensatz dazu scheitert die Standardregression in diesen Fällen, es käme zu numerisch instabilen nicht interpretierbaren Modellen.

Wie im beschrieben, muss bei der vorliegenden Untersuchung von einer extremen Multikollinearität ausgegangen werden. Dieser Umstand ist im Zusammenhang mit der Problematik des diversen Verhaltens auf der Weide evtl. sogar von Vorteil. In Tabelle 2 wird das „Matching“ des Sensor Outputs zur direkten Beobachtung dargestellt. In der PLS-R wird nun ein gemeinsames Modell für den gesamten Satz von Variablen berechnet. Die Variablen der direkten Beobachtung werden als x Variablen und die Variablen des Sensors werden als y Variablen genutzt. Es wird also in der PLS-R versucht, den Sensor Output aus der als Gold-Standard gesetzten Verhaltensbeobachtung abzuleiten.



Zur Berechnung und Darstellung der PLS-R wurde die Software JMP 13 (SAS Institute Inc., 2017) genutzt.

3.2 AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte

Zum Einsatz kamen nur Open-Source-Software und frei und kostenlos verfügbare Techniken. Als Datenbankmanagementsystem wurde MySQL eingesetzt. Die Entwicklung des Web-Frontends wurde mit PHP realisiert. Google Drive diente dem einfachen Datenaustausch zwischen den Partnern. Skripte für die Aufbereitung von Standarddatensätzen wurden in der Statistikprogrammiersprache R verfasst.

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

4.1.1.1 Erfahrungen mit der Handhabung der Sensorssysteme

SensOor Ear Tags

- Das System arbeitet seit September 2015 nahezu fehlerfrei.
- Der Hersteller versorgt das System regelmäßig mit Firm- und Softwareupdates.
- 48 der 50 gekauften SensOors Ear Tags arbeiten mit Stand 30.10.2018 immer noch
- Der Hersteller liefert erst Daten seit September 2016, Daten vor September 2016 wurden vom Hersteller gelöscht (nicht nachprüfbare Auskunft des Herstellers). Da die übrigen Systeme schon ab September 2015 eingesetzt wurden und der Einsatz entweder frühzeitig aus unten beschriebenen Gründen abgebrochen werden musste (NEDAP Pedometer und Rumiwatch Halfter) oder regulär keine Daten mehr lieferte (vgl. SmaXtec pH-Boli), standen keine Daten für die kreuzweise Sensorvalidierung zur Verfügung.
- Das Eigentum an den Daten ist rechtlich schwierig organisiert.
- Die Sensoren der abgehenden Kühe können wiederverwendet werden.
- Gewonnene Erfahrungen bei der Nutzung:
 - Die Bedienung des Systems und die Implementierung der Sensoren sind sehr einfach, und es gibt nur wenige Ausfälle.
 - Die Sensoren belasten die Tiere kaum.
 - Die Reichweite der Antennen ist begrenzt.
 - Die Daten eines Weidetages werden im Sensor gepuffert.
 - Die trockenstehenden Kühe auf weit entfernten Weiden liefern keine Daten, da der Datenpuffer nicht groß genug ist.
 - Es gibt viele falsch-positive Brunst- und Gesundheitsmeldungen, abhängig von den täglichen Unterschieden in der Kuhbehandlung in einem Weidesystem (dieses müsste genauer untersucht werden).
 - Durch den Charakter des Messsystems - indirekte Messung - können viele Störungen durch Umgebungsbedingungen angenommen werden (vgl. Kapitel 2.1).

NEDAP Pedometer

- Das System wurde von September 2015 bis August 2016 auf dem Versuchsbetrieb der Uni Kassel Frankenhäusen implementiert. Dieselben Kühe, die das SensOor-System trugen, wurden ausgestattet.
- Von September 2016 bis Dezember 2016 wurde das System auf der Juchowo Farm in Polen eingesetzt.



- 50 Sensoren wurden gekauft und verwendet, möglicherweise funktionieren sie alle.
- Gewonnene Erfahrungen bei der Nutzung:
 - Die Bedienung des Systems ist sehr einfach und es gibt nur wenige Ausfälle.
 - Die Montage der Sensoren an Röhrein des linken Vorderfußes der Kuh ist aufwändig, anstrengend und nicht ganz ungefährlich.
 - Wie sich herausstellte, stellten die montierten Sensoren für die gehaltenen Rassen und die Haltungsbedingungen auf den Versuchsbetrieben eine Belastung dar.
 - Die Reichweite der Antennen ist sehr gut -> ca. 1,6 km um den Stall herum.
 - Die trockenstehenden Kühe auf weit entfernten Weiden liefern keine Daten, da der Datenpuffer nicht groß genug ist.
 - Es gibt viele falsch-positive Brunst- und Gesundheitsmeldungen, abhängig von den täglichen Unterschieden in der Kuhbehandlung in einem Weidesystem (dieses müsste genauer untersucht werden).
 - Da das System Schritte direkt zählen kann, sind Störungen durch Umgebungseinflüsse unwahrscheinlicher (dieses müsste genauer untersucht werden).
 - Während der Verwendung des Nedap-Systems erlitten Kühe Haut- und Fellverletzungen am Röhrein. Da die Optimierung des Systems nicht Gegenstand des Forschungsprojektes war, wurde die Verwendung des Systems vorzeitig gestoppt. In Frankenhausen werden DSN-Kühe gehalten, auf der Juchowo Farm Alte Holstein und Braunvieh. Alle drei Rassen waren betroffen. Der Hersteller wurde informiert. Dem Hersteller war dieses Problem nicht bekannt. Laut Hersteller tritt es bei HF-Kühen, unter den üblichen Haltungsbedingungen, nicht auf.



Abbildung 5: Beispiel für Problemen mit dem NEDAP Pedometer System auf dem Versuchsbetrieb Domäne Frankenhausen

Rumiwatch Halfter

- Das Rumiwatch Halfter System ist im Gegensatz zu den anderen im Projekt eingesetzten System nicht als Hilfe für das Herdenmanagement gedacht, sondern als reines wissenschaftliches System. Es sollte nur als Referenzsystem für die Validierung verwendet werden.
- Es standen 5 Halfter zur Verfügung, alle sind nach wie vor funktional und können für weitere Projekte eingesetzt werden.
- Das System wurde selektiv an Kühe eingesetzt, die ebenfalls mit dem SmaXtec Bolus versehen wurden.
- Das System kann Kopf- (Beschleunigungssensoren) und Kieferknochenbewegungen (Drucksensoren) direkt erfassen. Es erkennt Bewegungsmuster, die durch Fressen, Wiederkauen und auch Trinken verursacht werden.
- Gewonnene Erfahrungen bei der Nutzung:



- Die Handhabung des Systems ist für den täglichen Gebrauch auf Praxisbetrieben definitiv nicht geeignet.
- Die Anpassung des Halfters ist sehr schwierig. Nur bei einem exakten und klammen Sitz würde der Drucksensor Daten liefern.
- Alle Daten werden für eine einstellbare Zeit im Sensor zwischengespeichert.
- Während der Verwendung des Systems erlitten Kühe Haut- und Fellverletzungen am Schädel, den Hornansätzen und am Hals. Da die Optimierung des Systems war nicht Gegenstand des Forschungsprojektes, wurde die Verwendung des Systems vorzeitig gestoppt. Der Hersteller des Systems wurde unterrichtet. Dem Hersteller war dieses Problem nicht bekannt. Laut Auskunft des Herstellers tritt dies bei HF-Kühen nicht auf. Wir haben uns darauf geeinigt, das System für den zukünftigen Einsatz bei DSN-Kühen in Kooperation mit den Hersteller anzupassen.
- Es wurden keine verwertbaren Daten gesammelt.

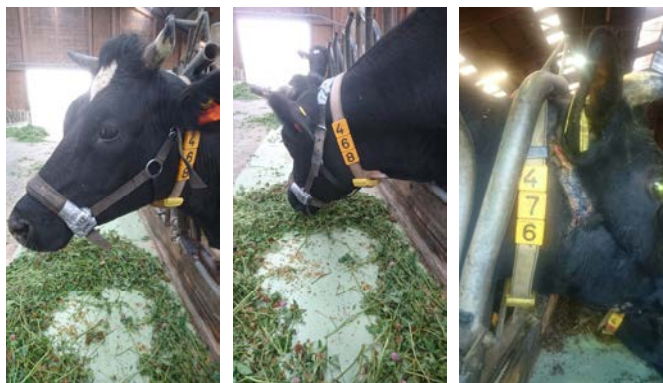


Abbildung 6: Beispiel für Problemen mit dem Rumiwatch Halfter auf dem Versuchsbetrieb Domäne Frankenhausen

SmaXtec pH- und Temperatur-Bolus

- Das System kann direkt pH-Wert und Temperatur im Pansen der Kühe erfassen.
- Das System sollte als Referenzsystem zur Kreuzvalidierung des SensOor Ear Tag-Systems dienen.
- 20 Sensoren wurden gekauft und verwendet, die pH-Aufzeichnung stoppte nach drei Monaten bzw. driftete. Dieses entspricht den vom Hersteller spezifizierten Eigenschaften. Die Temperaturmessung funktioniert bei einigen Sensoren immer noch.
- Das System sollte selektiv bei den Kühen eingesetzt werden, die ebenfalls mit dem Rumiwatch Halfter ausgerüstet wurden. Nach Abbruch des Einsatzes der Rumiwatch Halfter wurden die verbliebenen Sensoren balanciert nach Altersgruppen appliziert.
- Gewonnene Erfahrungen bei der Nutzung:
 - Die Verbringung des Sensors kann nur von Tierärzten und speziell trainierten Personen vorgenommen werden, da nur so die exakte Lage des Sensors garantiert werden kann.
 - Die Aktivierung der Sensoren ist etwas knifflig. Die Kalibrierung des pH-Sensors kann fehlschlagen, wenn sie zu schnell vorgenommen wird. Die Weboberfläche des Systems ist mit einem Clouddienst des Herstellers verbunden. Die Rückmeldungen erfolgen bei schlechter Internetverbindung verzögert. Der Erfolg der Kalibrierung wurde bei drei Sensoren fälschlicherweise als erfolgreich rückgemeldet. Diese Sensoren lieferten im Anschluss keine Daten.
 - Die kraftfutterlose Fütterung der DSN Kühe auf dem Versuchsbetrieb Domäne Frankenhausen wird beim Milchleistungsniveau der Herde als unproblematisch angesehen. Die Auswertung der vorhandenen Datensätze war entsprechend befundlos.



4.1.1.2 Ergebnisse der Sensorvalidierung

Da die geplante kreuzweise Sensorvalidierung (vgl. Kapitel 1.2.3.2) nicht durchführbar war, musste ein Ansatz gewählt werden, der sich allein auf die direkte Verhaltensbeobachtung stützte. Wie Kapitel 2.1 und Kapitel 3.1.2 beschrieben ergibt sich ein komplexer Ablauf der Sensorvalidierung. An dieser Stelle werden nur die wichtigsten Schritte dargestellt. Es sei auf den vollständigen Bericht verwiesen, der vom Autor als PDF angefordert werden kann.

Beurteilerkonkordanz

Die Berechnung der Beurteilerkonkordanz erfolgte nur auf dem Betrieb DFH und nur zwischen den Prüfern „Karin“ und „Boris“. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Erfassung der für diese Studie relevanten Verhaltensmuster, insbesondere bei der Beobachtung einer einzelnen Kuh innerhalb eines Beobachtungszyklus, als sehr einfach und sicher unterscheidbar eingestuft werden kann. Die Konkordanzermittlung ist also nur exemplarisch, das Ergebnis zeigt die hohe zu erwartende Konkordanz (Cohen's Kappa = 0,76 = beachtliche Übereinstimmung vgl.: (Landis, J. R. and Koch, G. G., 1977)). Die genauere Betrachtung der Missklassifikationen in der Kreuztabelle zeigt, dass die Fehlbeurteilungen nur zwischen den Subklassen Stehen/Gehen auftreten. Das grundsätzliche Verhalten wird sicher zugeordnet.

Tabelle 5: Kreuztabelle Prüfer Karin vs. Boris

		Boris							Gesamtsumme	
		Grazing - Standing	Grazing - Walking	Ruminating - Lying	Ruminating - Standing	Ruminating - Walking	Standing	Lying / Resting		Active / Walking
Karin	Grazing - Standing	16	7	0	0	0	1	0	1	25
	Grazing - Walking	9	2	0	0	0	0	0	0	11
	Ruminating - Lying	0	0	10	0	0	0	0	0	10
	Ruminating - Standing	0	0	0	7	2	0	0	0	9
	Ruminating - Walking	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Standing	0	0	0	0	0	21	0	0	21
	Lying / Resting	0	0	0	0	0	0	22	0	22
	Active / Walking	0	1	0	0	0	0	0	6	7
Gesamtsumme		25	10	10	7	3	22	22	7	106

Tabelle 6: Cohen's Kappa

		Wert	Asymp. Standardfehler ^a	Näherungsweise A ^b	Näherungsweise Sig.
Maß für die Übereinstimmung	Kappa	,762	,046	17,985	,000
Anzahl der gültigen Fälle		106			
a. Die Nullhypothese wird nicht vorausgesetzt.					
b. Unter Annahme der Nullhypothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.					



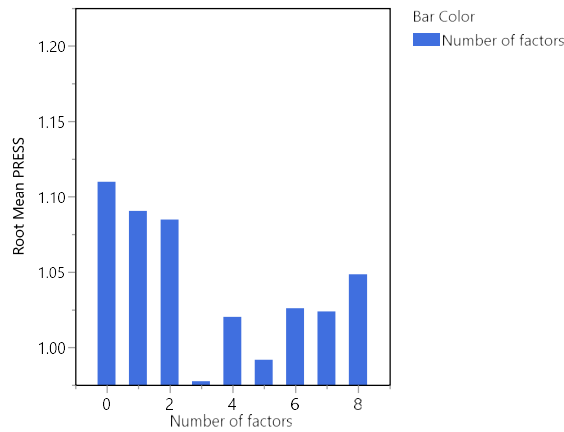
Beispiel für schlechte Konkordanz: Betrieb Domäne Frankenhausen (DFH), alte Sensor Version (Jahr 2016)

PLS-R

Model Comparison Summary					
Method	Number of rows	Number of factors	Percent Variation Explained for Cumulative X	Percent Variation Explained for Cumulative Y	Number of VIP > 0.8
NIPALS	30	3	63.740033	45.96627	6

KFold Cross Validation with K= 7 and Method=NIPALS										
Number of factors	Root Mean PRESS	van der Voet T ²	Prob > van der Voet T ²	Q ²	Cumulative Q ²	R ² X	Cumulative R ² X	R ² Y	Cumulative R ² Y	
0	1.109513	5.721561	0.3580	-0.482752	-0.482752	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
1	1.090220	8.087786	0.1270	-0.368622	-0.368622	0.229160	0.229160	0.232438	0.232438	
2	1.084657	9.463534	0.0390*	-0.325573	-0.814208	0.218824	0.447984	0.139028	0.371466	
3	0.977450	0.000000	1.0000	-0.099605	-0.994912	0.191815	0.639799	0.104377	0.475837	
4	1.020049	7.556897	0.1390	-0.265969	-1.525497	0.121584	0.761383	0.047445	0.523282	
5	0.991507	6.781945	0.2170	-0.215952	-2.070883	0.088985	0.850368	0.042362	0.565644	
6	1.025783	7.511433	0.1450	-0.292099	-2.967883	0.076746	0.927115	0.009175	0.574819	
7	1.023643	10.881128	0.0120*	-0.289344	-4.115967	0.072885	1.000000	0.004178	0.578997	
8	1.048361	9.625580	0.0480*	-0.367509	-5.996130	0.000000	1.000000	0.022333	0.601329	

Root Mean PRESS Plot



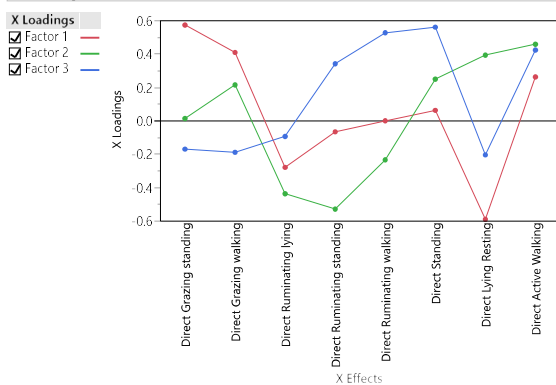
Note: The minimum root mean PRESS is 0.97745 and the minimizing number of factors is 3.

NIPALS Fit with 3 Factors

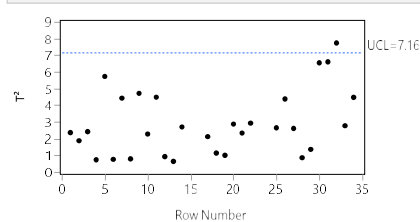
Model Coefficients for Centered and Scaled Data

Coefficient	SensOor HighActive		SensOor Active		SensOor NotActive		SensOor Eating		SensOor Ruminating	
Intercept	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Direct Grazing standing	-0.2053		0.0872		-0.2582		0.3685		-0.1322	
Direct Grazing walking	-0.1129		0.0999		-0.1261		0.2317		-0.1744	
Direct Ruminating lying	-0.0187		-0.0813		-0.1115		0.0064		0.1910	
Direct Ruminating standing	0.0209		-0.1064		-0.1506		-0.0373		0.2801	
Direct Ruminating walking	0.2133		0.0555		-0.1493		-0.1287		0.1156	
Direct Standing	0.2846		0.1507		-0.0436		-0.1782		-0.0645	
Direct Lying Resting	0.0706		-0.1280		0.5719		0.3726		-0.0524	
Direct Active Walking	0.2796		0.2209		-0.0677		-0.1168		-0.1757	

X Loading Plot



T² Plot with Control Limit



Alpha = 0.05



Ein Modell mit 3 Hauptkomponenten weist den geringsten Root Mean PRESS auf. Es ist somit das robusteste gefundene Schätzmodell. Allerdings kann das gefundene Modell nur 46,0 % der Streuung der Zielgrößen mit Hilfe der Einflussgrößen erklären. In Bezug auf das Bestimmtheitsmaß ist das gefundene Modell als schlecht zu bewerten. Allerdings ist das Loading der einzelnen Einflussgrößen auf den drei Hauptkomponenten aus biologischer Sicht nachvollziehbar.

So sind auf der ersten Hauptkomponente die Variablen, die Fressen erfassen, zu finden. Als Gegenspieler wird die Ruhezeit gefunden. Auf der zweiten Hauptkomponente sind mit positiver Ladung alle nicht Fress- und Wiederkauvariablen zu finden, Gegenspieler sind Ruminating lying und Ruminating standing. Auf der dritten Hauptkomponente bilden sich Ruminating walking, erneut Ruminating standing und Standing ab.

Die zu erwartende „Matching“ Problematik bildet sich wie erwartet im PLS-R Modell ab.

Bivariate SensOr Output vs. Predicted by PLS-R

Die der Einsatz der PLS-R um ein besseres “Matching” zwischen den Variablen der direkten Beobachtung auf der Weide mit dem Sensor Output zu bekommen, führte nicht zum Erfolg.

Die Ergebnisse weisen keine verbesserte Konkordanz zu einem 1:1 Matching auf.

Tabelle 7: Zusammenstellung der Ergebnisse des Methodenvergleichs der Einzelverhaltensmuster des Sensors gegen die aus der PLS-R geschätzten Einzelverhaltensmuster für die Daten: Domäne Frankenhausen (2016), alte Sensor Version

Vergleich	Lin. Reg.: R ²	Lin. Reg.: 95% KI des Achsenabschnitts schließt die 0 ein?	Orth. Reg.: 95% KI der Steigung schließt die 1 ein?	Bland-Altman: Trend, Varianzheterogenität, oder Kurvature erkennbar?	Bland-Altman: Bias „tolerabel“ (<±5%)?	Bland-Altman: Spannweite des Limits „tolerabel“ (<20%)	Bland-Altman: Werte außerhalb des Limits?	„Konkordanz?“
HighActive vs. Predicted HighActive	0,37	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
Active vs. Predicted Active	0,23	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
NotActive vs. Predicted NotActive	0,72	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Bedingt
Eating vs. Predicted Eating	0,56	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
Ruminating vs. Predicted Ruminating	0,41	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein



Beispiel: Merkmal „Active“

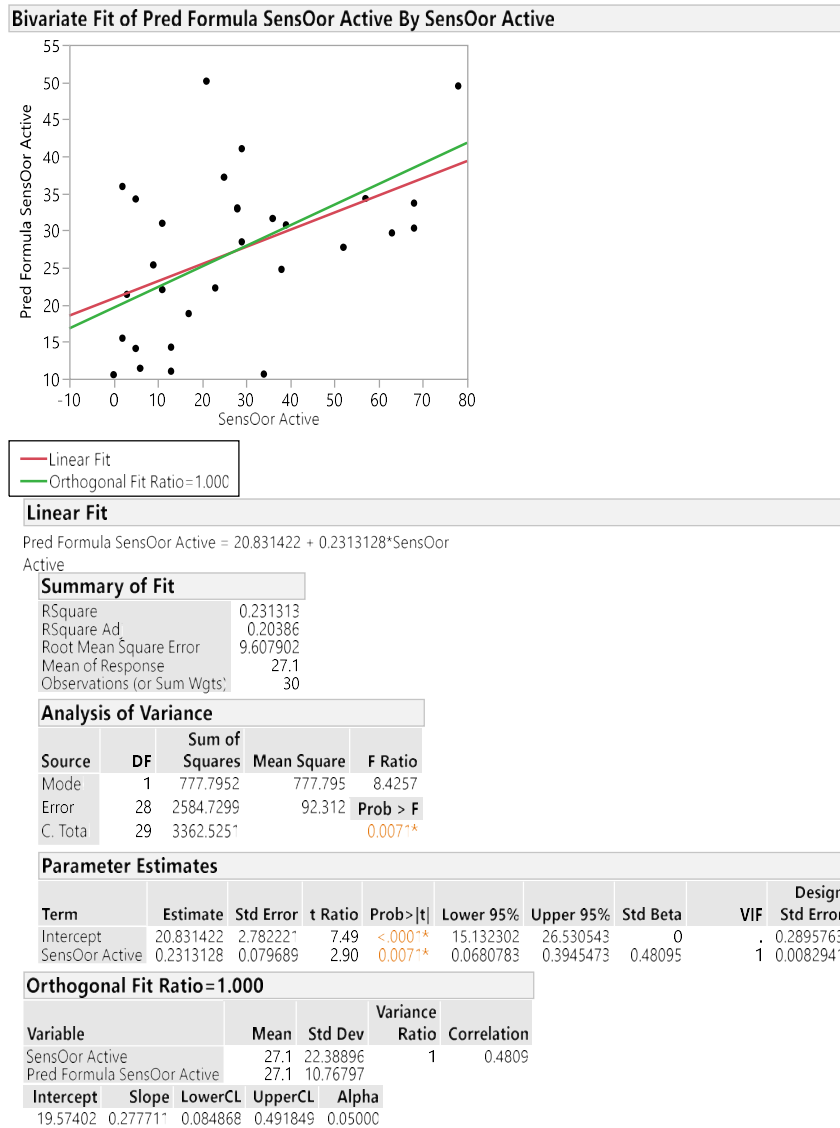


Abbildung 7: Blant-Altman-Plot: Pred. Active vs. Active (DFH 2016)

Difference vs. average: Sensor vs. Predicted Sensor: Active

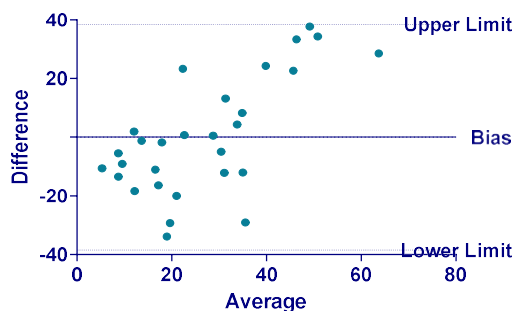


Abbildung 8: Blant-Altman-Plot: Pred. Active vs. Active (DFH 2016)



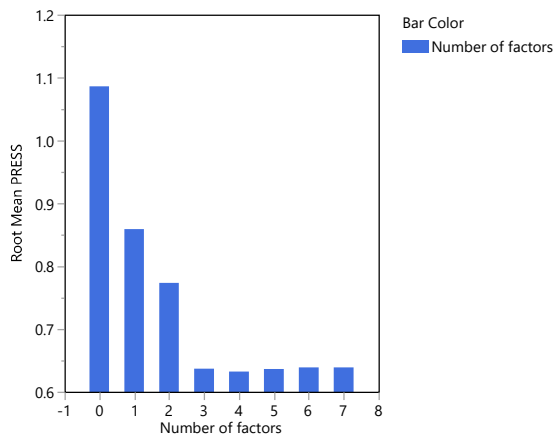
Betrieb Juchowo Farm (Ju), neue SensOor Version (Jahr 2016 und 2017)

PLS-R

Model Comparison Summary					
Method	Number of rows	Number of factors	Percent Variation Explained for Cumulative X	Percent Variation Explained for Cumulative Y	Number of VIP > 0.8
NIPALS	90	4	80.30342	70.212562	6

KFold Cross Validation with K= 7 and Method=NIPALS										
Number of factors	Root Mean PRESS	van der Voet T ²	Prob > van der Voet T ²	Q ²	Cumulative Q ²	R ² X	Cumulative R ² X	R ² Y	Cumulative R ² Y	
0	1.085920	47.538551	<.0001*	-0.071034	-0.071034	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
1	0.859027	31.741669	<.0001*	0.622623	0.622623	0.340675	0.340675	0.404341	0.404341	
2	0.773466	20.524410	<.0001*	0.650273	0.868021	0.215644	0.556320	0.138998	0.543340	
3	0.636745	11.139175	0.0270*	0.828006	0.977300	0.125934	0.682253	0.147970	0.691310	
4	0.632338	0.000000	1.0000	0.832315	0.996194	0.119645	0.801898	0.014168	0.705478	
5	0.636219	18.534906	<.0001*	0.838958	0.999387	0.109799	0.911697	0.006326	0.711804	
6	0.638943	15.424540	0.0010*	0.838471	0.999901	0.088303	1.000000	0.000922	0.712726	
7	0.638943	15.424540	0.0010*	0.838471	0.999984	0.000000	1.000000	0.000000	0.712726	

Root Mean PRESS Plot



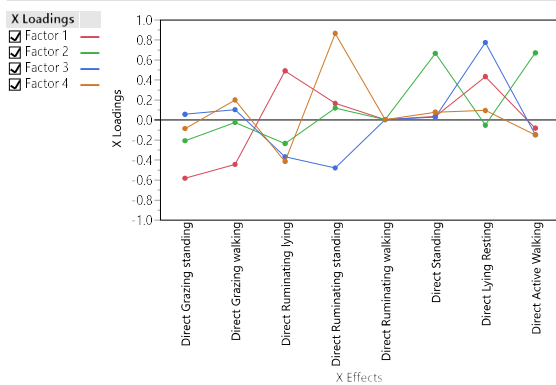
Note: The minimum root mean PRESS is 0.63234 and the minimizing number of factors is 4.

NIPALS Fit with 4 Factors

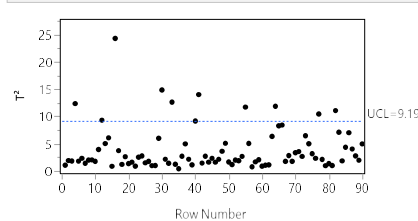
Model Coefficients for Centered and Scaled Data

Coefficient	SensOor HighActive	SensOor Active	SensOor NotActive	SensOor Eating	SensOor Ruminating
Intercept	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Direct Grazing standing	-0.1049	0.0521	-0.2843	0.4089	-0.3257
Direct Grazing walking	-0.1321	0.0352	-0.0520	0.2215	-0.2290
Direct Ruminating lying	-0.0023	-0.0663	-0.2057	0.2700	0.5477
Direct Ruminating standing	-0.1516	-0.0271	-0.0446	-0.1885	0.3372
Direct Ruminating walking	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Direct Standing	0.4027	0.0661	0.1678	-0.1042	-0.1387
Direct Lying Resting	-0.1293	-0.0756	0.7571	0.2256	-0.2185
Direct Active Walking	0.5227	0.0557	-0.1268	-0.0147	-0.0865

X Loading Plot



T² Plot with Control Limit



Alpha = 0.05



Mit der neuen Sensor Version änderte sich auch das gefundene Regressionsmodell. Ein Modell mit 4 Hauptkomponenten weist den geringsten Root Mean PRESS auf. Es ist somit das robusteste gefundene Schätzmodell. Das gefundene Modell kann nun 70,2 % der Streuung der Zielgrößen mit Hilfe der Einflussgrößen erklären. In Bezug auf das Bestimmtheitsmaß ist das gefundene Modell erheblich besser zusammen mit der alten Sensor Version. Für landwirtschaftliche Verhältnisse kann es nun schon als gut bewertet werden. Die Interpretation der Loadings auf den 4 Hauptkomponenten ist leider nicht mehr so gut nachvollziehbar.

Es ist somit dringlich empfehlenswert, das gefundene Regressionsmodell gegen einen Validierungsdatensatz zu prüfen.

Bivariate SensOr Output vs. Predicted by PLS-R

Im Gegensatz zu den Ergebnissen eines 1:1 Vergleichs kann der Einsatz des PLS-R Modells die Konkordanz noch weiter verbessern. Die für die Tierzuchtung potentiell wichtigen Verhaltensmuster Ruminating, Eating und NotActive können als konkordant eingestuft werden.

Nach wie vor kann nicht ausgeschlossen werden, dass Störungen auf der Weide zu den Werten außerhalb der Limits of Agreement führen. Dieses gilt es genauer zu untersuchen.

Tabelle 8: Zusammenstellung der Ergebnisse des Methodenvergleichs der Einzelverhaltensmuster des Sensors gegen die aus der PLS-R geschätzten Einzelverhaltensmuster für die Daten: Juchowo Farm (2016 und 2017), neue Sensor Version

Vergleich	Lin. Reg.: R ²	Lin. Reg.: 95% KI des Achsenabschnitts schließt die 0 ein?	Orth. Reg.: 95% KI der Steigung schließt die 1 ein?	Bland-Altman: Trend, Varianzheterogenität, oder Kurvatur erkennbar?	Bland-Altman: Bias „tolerabel“ (<±5%)?	Bland-Altman: Spannweite des Limits „tolerabel“ (<20%)	Bland-Altman: Werte außerhalb des Limits?	„Konkordant?“
HighActive vs. Predicted HighActive	0,64	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Bedingt
Active vs. Predicted Active	0,05	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
NotActive vs. Predicted NotActive	0,96	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Eating vs. Predicted Eating	0,88	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Ruminating vs. Predicted Ruminating	0,97	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja



Beispiel: Merkmal „Ruminating“

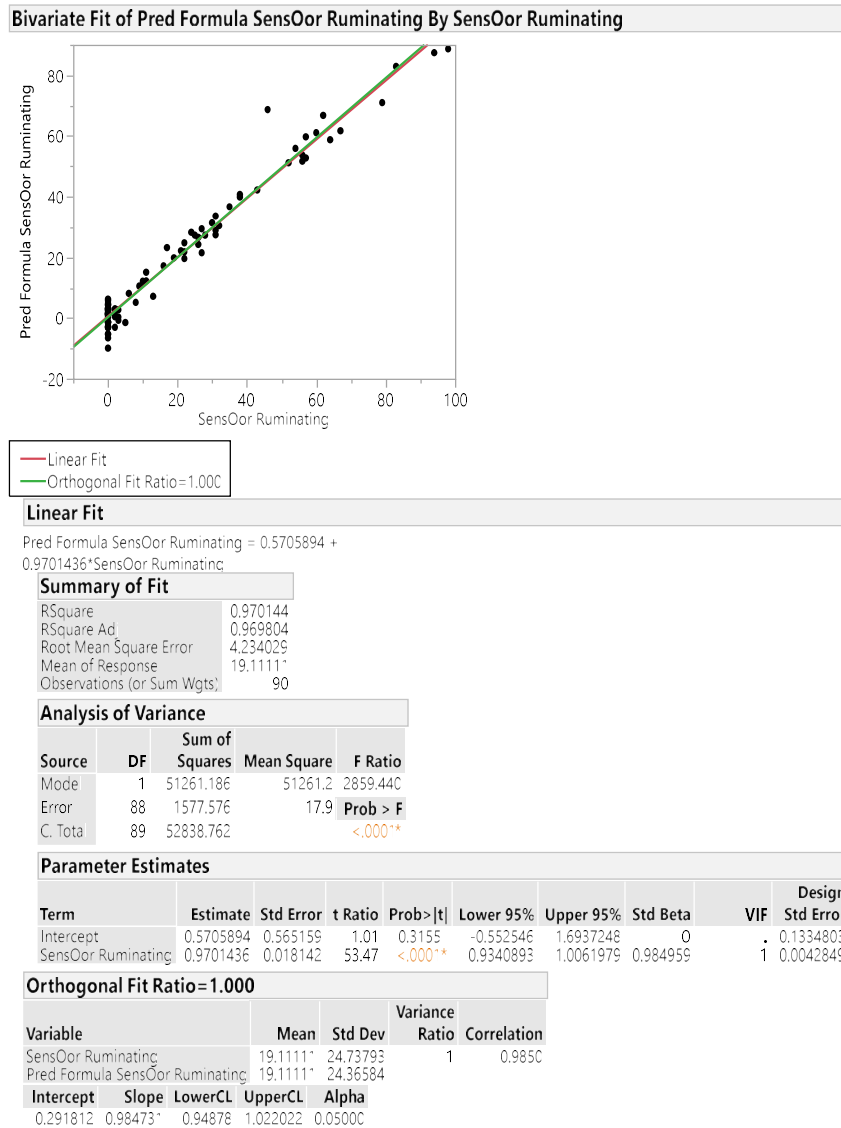


Abbildung 9: Regression: Pred. Ruminating vs. Ruminating (Ju 2016 u. 2017)

Difference vs. average: Sensor vs. Predicted Sensor: Ruminating

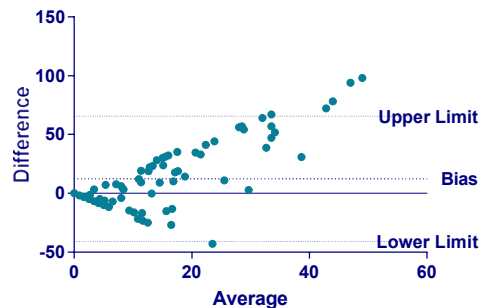


Abbildung 10: Bland-Altman-Plot: Pred. Ruminating vs. Ruminating (Ju 2016 u. 2017)



4.2 AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte

Die 2-Org-Cow-Kollaborationsplattform und -Datenbank wurde in Form einer zweistufigen Lösung implementiert, um die notwendige Flexibilität für den Datenaustausch zwischen den Projektpartnern zu gewährleisten. Dies wurde notwendig, da die Form der im Projekt entstandenen Datenstrukturen nicht einfach harmonisiert werden konnte.

Die flexible erste Stufe ist eine Verzeichnisstruktur, die in einem Cloud-Service (Google Drive) implementiert wurde. Die Wahl fiel auf Google Drive, da alle Projektpartner bereits Erfahrungen mit diesem Service hatten. Die Verzeichnisstruktur folgt den Kapiteln des im Projekt entwickelten Trait Atlas (Grandl, F. et al., 2016). Das gesamte Datenrepository wird von der Agrartechnik verwaltet. Für jeden Projektpartner wurde eine private Freigabe angelegt, die nur vom Eigentümer der Freigabe und der Agrartechnik automatisch gelesen werden konnte. Die Verzeichnisstruktur kann Dateien jeder Art und Größe enthalten. Es können neue Haupt- und Unterverzeichnisse angelegt werden. Jedem Projektpartner stand es frei, die Daten mit anderen Projektpartnern zu teilen. Die Agrartechnik kann Datensätze kombinieren und Teilselektionen im Auftrag der Projektpartner erstellen. Dieser Ansatz hat sich für die internationale Zusammenarbeit als effizient erwiesen. Ein Leitfaden für die Nutzung von Google Drive und die Verzeichnisstruktur wurde geschrieben und den Projektpartnern projektintern zur Verfügung gestellt.

Die zweite Stufe wurde als Star-Schema-Datenbank (Data Warehouse Technik) implementiert. Es handelt sich um eine Standardlösung für Data Warehouse Systeme. Sie besteht zum einen aus sogenannten Faktentabellen und zum anderen aus Dimensionstabellen, die die Faktentabellen umgeben. Die Sternschema-Struktur reduziert den Zeitaufwand für das Laden großer Datenmengen in eine Datenbank. Durch die Definition von Fakten und Dimensionen und deren Aufteilung in verschiedene Tabellen wird die Auswirkung eines Lastvorgangs reduziert.

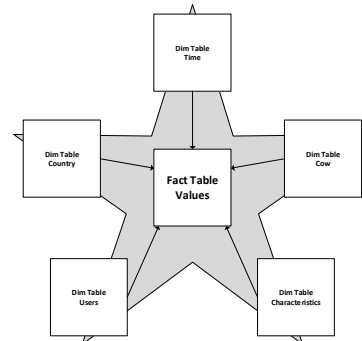


Abbildung 11: Schematische Darstellung eines Sternenschemas

Dimensionstabellen fassen eindeutige und unveränderliche Merkmale von Entitäten. Dimensionstabellen können einmalig gefüllt und gelegentlich aktualisiert werden. Beispiele für die Dimensionstabellen sind Tabellen für die Beschreibung von eindeutigen und unveränderlichen Informationen einer Kuh oder eines Messsystems, ein Merkmal, das gemessen wird, oder eine Person, die einen bestimmten Datenpunkt sammelt. Dimensionstabellen können einfach um Variablen zur Beschreibung der Entität erweitert werden, ohne dass die Struktur der Datenbank grundsätzlich geändert werden muss.

In den Faktentabellen werden die veränderlichen und mehrfach gemessenen Merkmale erfasst. Neue Fakten können regelmäßig und selektiv hinzugefügt werden, indem Datensätze an eine Faktentabelle angehängt werden. Nur eine Spalte in den Faktentabellen ist notwendig, um jede Art von Merkmal wie z.B. Milchertrag oder einen Klauenzustandsindex zu erfassen.



Es wurden Faktentabellen zur Erfassung von Daten auf Kuh-, Herden-, Betriebs- und Feldebene erstellt. Ein Sternschema ist so konzipiert, dass die referentielle Integrität der geladenen Daten erzwungen wird. Die referenzielle Integrität wird durch die Verwendung von Primär- und Fremdschlüsseln erzwungen. Primärschlüssel in Dimensionstabellen werden zu Fremdschlüsseln in Faktentabellen, um jeden Datensatz über Dimensions- und Faktentabellen hinweg zu verbinden. Die Navigation durch Daten ist effizient, da Dimensionen durch Faktentabellen verbunden sind. Diese Verbindungen sind von Bedeutung, da sie grundlegende Informationsbeziehungen auf den verschiedenen Ebenen darstellen. Das Datenbankdesign ist auf Wunsch der Partner erweiterbar.

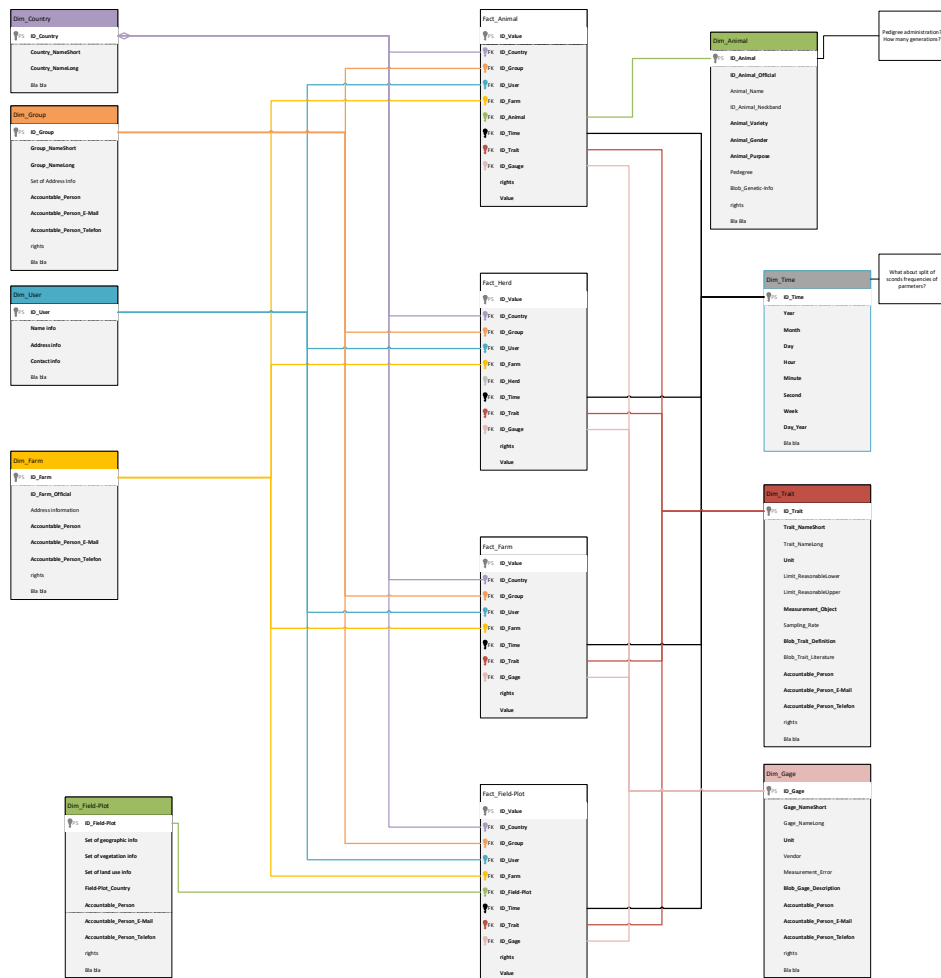


Abbildung 12: Struktur des Datenbank Backends

Als Datenbankmanagementsystem wird die Open Source Software MySQL eingesetzt. Das Datenbankfrontend ist als Webfrontend mit PHP entwickelt worden. Die kontinuierlich erweiterte Dokumentation und die Build-Skripte sind als Open Source veröffentlicht, und über GitHub (<https://github.com/hollyclergyman/2Org-Cows> und <https://github.com/hollyclergyman/2Org-Cows-Docs>) verfügbar. Derzeit sind die folgenden Teile implementiert:

- Die Rechteverwaltung der Datenbank (Benutzer- und Gruppenebene; Administrator-, Beitrags- und Leserrollen; bilaterale Datenaustauschvereinbarungen zwischen Partnern).
- Importfilter für die im Projekt verwendeten Standarddateien, z.B. CowMangager Data
- Das freie csv-Datenimport Frontend.



Die Datenbankentwicklung wurde über die gesamte Dauer des Projekts fortgeführt. Sowohl die Entwicklung als auch die Nutzung der Datenbanken ist offen für neue Anforderungen. Die Nutzung der Datenbank für ein Projekt zum Weideverhalten und zur Futteraufnahme auf Weiden ist bereits in Planung.

Im Rahmen des Projektes wurden Skripte für die Datenaufbereitung von Standarddatensätzen (CowManager und ADIS Datenformat für MLP und Bestandsdaten) in R geschrieben. Diese wurden allen Projektpartnern intern zur Verfügung gestellt. Die Cow-Manger-Skripte dienen der Datenaufbereitung für die Berichte aus dem Arbeitspaket 1. Das Skript für die Bearbeitung der ADIS Dateien stellt für die Universität Gießen auswertbare Kuh basierte Daten für die Arbeitspaket 1 bis 4 zur Verfügung. Weiterhin wurde Skripte für die Aufbereitung von Klimadaten (innen und außen) geschrieben. Sobald eine abschließende Prüfung, Fehlerbeseitigung und Dokumentation der Skripte erfolgte, werden diese ebenso über GitHub der Allgemeinheit überantwortet.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

Leider kann die vorliegende Untersuchung aus kritisch statistischer Sicht nicht hinreichend eindeutig belegen, ob das Sensorsystem der Firma CowManager B.V. eine ausreichende Genauigkeit für die Nutzung als Selektionskriterium für die Tierzucht dienen kann. Für die Verhaltensmuster Ruminating, Eating und NotActive scheint eine Konkordanz gegeben zu sein. Für tierzüchterische Belange wäre allerdings eine bessere Erfassung von Aktivität wünschenswert. Auch die Beeinflussung der Messergebnisse durch Fliegen und Thermoregulationseffekte der Kühe kann nach wie vor nicht ausgeschlossen werden. Eine weitere Verbesserung der Sensor Software für den Einsatz unter Weidebedingungen ist notwendig.

Erschwerend für die Sensor Validierung kommt hinzu, das die Tierzucht bisher keine sinnvollen Grenzen eines „Limits of Agreement“ kennt. Die in den Tabelle 7 und Tabelle 8 genutzten Limits sind nicht unplausibel, aber auch nicht abschließend objektiv begründbar. Dieses sollte Forschungsgegenstand werden.

Der vorgestellte Ansatz zur Umgehung einer MSA wird als grundsätzlich geeignet für das verwendete Messsystem betrachtet. Mit Hilfe der linearen und orthogonalen Regression (Beurteilung von Steigung und Achsenabschnitt) und dem Bland-Altman-Plot (Bias = durchschnittliche Differenz zwischen den Methoden) kann die Anwesenheit von systematischen Fehlern begutachtet werden. Das Bland-Altman Plot offenbart außerdem Anomalien in der Fehlerverteilung, zeigt extreme Beobachtungen und gibt Auskunft über Größe des zufälligen Fehlers. Das „Matching“ zwischen Sensor Variablen und Variablen der Verhaltensbeobachtung kann mit Hilfe der PLS-R verbessert werden, die Berücksichtigung Multikollinearität in Mess- und Beobachtungsdaten verbessert die Konkordanz.

Eine „echte“ MSA könnte mehr Sicherheit bei der Beurteilung schaffen, doch scheitert dieses an der Abwesenheit von Normalen. Eine Zusammenarbeit mit dem Hersteller des Sensorsystems könnte diesbezüglich vielversprechend sein.

Folgende Schritte für eine sicherere Beurteilung müssten unternommen werden. Die Sortierung ist absteigend dringlich und aufsteigend erfolgsversprechend:

- Durchführung von weiteren direkten Beobachtungen um das gefundene PLS-R Modell gegen einen unbekanntem Datensatz zu validieren.
- Einwicklung von Toleranzgrenzen angekoppelt an tierzüchterische Überlegungen.
- Entwicklung von Normalen, um einen „echten“ MSA Ansatz durchführen zu können.



Trotz aller formulierten Bedenken spricht sich der Autor für den Einsatz eines ohrbasierten Sensorsystems als Selektionswerkzeug für die Tierzucht aus.

Automatische Sensorsysteme haben den entscheidenden Vorteil, dass sie große Mengen Daten produzieren, ohne dass ein besonderer zusätzlicher Aufwand betrieben werden muss. Das statistische Gesetz der großen Zahl wird wirksam. Sofern die Messergebnisse eine zentrale Tendenz aufweisen, offenbaren sie mit der Erhöhung des Stichprobenumfangs die tierindividuellen Unterschiede.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit

6.1 AP 1: Erfassung von funktionalen Merkmalen und Umweltfaktoren und AP 9: Installation und Evaluierung weiterer Technik zur Merkmalerfassung

- Die durchgeführte Sensorvalidierung zeigt eine verbesserte und statistisch korrekte Methode auf, Lokomotionssensoren in der Rinderhaltung zu validieren.
- Die vorgestellte Methodik kann auch für artverwandte Messsystemvalidierung als Standard gelten.
- Ohrbasierte Lokomotions-Sensoren liefern auch unter Weidehaltungsbedingungen relativ verlässliche Daten.
- Ohrbasierte Lokomotions-Sensoren liefern grundsätzlich geeignete Daten, um sie im tierzüchterischem Kontext einsetzen zu können.

6.2 AP 2: Statistische Modellierung: Schätzen der Umwelteffekte

- Die 2-Org-Cow-Kollaborationsplattform und -Datenbank wurde über GitHub der Allgemeinheit für die Nutzung in anderen Projekten zur Verfügung gestellt.
- Nützliche Skripte für die Aufbereitung landwirtschaftlicher Datensätze werden sukzessive nach Prüfung ebenso über GitHub der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt.



7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Die Agrartechnik war beteiligt an den Arbeitspaketen 1, 2 und 9. Nachfolgende Übersichten wurden dem „2-Org-Cows Final Report for the CORE Organic Plus funded project“ entnommen.

Tabelle 9: Deliverables status

Deliverable No.	Deliverable name	Link to the document	Planned delivery month ¹⁾	Actual delivery month ¹⁾	Reasons for changes/delay and explanation of consequences
D1.1	Farm Protocols for SensOor®		24	24	Available
D1.2	Guidelines for functional traits	Organic Eprints	12	24	Completed
D1.3	Guidelines for environmental descriptors		12	24	Available at Organic Eprints
D2.1	Manual for database system		16	18	Available
D2.2	Internal workshop		24	10	Meeting in Frick, was scheduled earlier because of the opportunity of a joint work shop with ORGANIC DAIRY HEALTH.
D3.1	Internal workshop 'Associations between environmental descriptors and novel functional traits'		24	24?	Joint meeting with the ProPara project partners in Toulouse in November 2017.
D3.2					
D3.3					
D4.1	Full set of genetic parameters.		32	32	Completed
D4.2	Genetic values are available and can be used for selection decisions within farms.				Completed
D4.3					Completed
D4.4					Completed
D5.1	Genomic marker database		24	24	Completed
D5.2	Identification of characteristics on genomic scale		32	32	Completed
D5.3	Genomic breeding values for functional traits		32	32	Completed
D6.1	Full set of economic parameters for relevant traits of organic breeding goals		32	32	Completed
D6.2					Completed
D6.3					Completed
D9.1	Assessment of quality criteria for recording techniques		36	36	Completed



Tabelle 10: Milestones

Milestone No.	Milestone name	Planned delivery month ¹⁾	Actual delivery month ¹⁾	Reasons for changes/delay and explanation of consequences
M1	Data recording completed	Mar. 2017	Mar. 2017	
M2	Associations between environmental descriptors and novel traits identified			
M3	Breed comparisons in pasture based systems completed	Sept. 2017	Sept. 2017	
M4	Availability of genetic parameters and breeding values for novel traits			
M5	Dual-purpose breed characteristics on the genetic and phenotypic scale identified			
M6	Availability of economic values for traits of organic breeding goals			
M7	Availability of organic indices and overall organic breeding goals	Mar. 2018	Mar. 2018	
M8	Most promising breeding strategies for pasture based systems identified			
M9	Validated results of further recording techniques for health traits and dual-cattle welfare			
M10	Dissemination of results into science and practice			

8 Zusammenfassung

Nachfolgende Zusammenfassung wurden dem „2-Org-Cows Final Report for the CORE Organic Plus funded project“ entnommen. Es werden nur Aspekte dargestellt, an denen die Agrartechnik mittelbar oder unmittelbar beteiligt war:

- Successful implementation of SensOor technology in research/contract herds in all partner countries: This is the basis for an identical automatically recording technique of health and behaviour indicator traits across country borders. On the basis of SensOor[®] records from multiple dual-purpose cattle breeds across country borders, we identified genomic regions of interest and potential candidate genes for behaviour and welfare traits.
- The ‘trait atlas’ is a basis for harmonized phenotyping across country borders and production systems for further functional traits (conformation, health, behaviour, fertility). We showed that novel physiological traits (e.g., respiration rate, body temperature, surface temperature) have a moderate heritable component.
- Detailed characterization of grazing herd environments via the installation of data loggers to record temperature and humidity. Additionally, we used a rising platemeter (E10) to measure sward height and grass energy content, we did pasture classifications (e.g., percentage of herbs), and we determined fodder ingredients (protein content, energy content). This is the unique environmental data basis to estimate genetic values along environmental gradients.
- A data base system was developed by the agricultural engineering group, including a broad range of information about animal traits (including SensOor data), pedigrees, genotype data, farm characteristics, climate data, etc., with programming tools for on-farm analyses.
- SensOor[®]-validations: The agricultural engineering group installed alternative cattle behaviour devices in participating research herds: Rumiwatch halters, pH-boluses and pedometers for SensOor[®]-validation. Validations contributed to an optimized new version of SensOor[®]-ear tags.



9 Literaturverzeichnis

- A.I.A.G. (2010). *Measurement Systems Analysis: Reference Manual* (4 ed.). Michigan: Automotive Industry Action Group.
- Bland, J. M., Altman, D. G. (1986, 02 08). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*.
- Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A., Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*, Volume 99(issue 9), pp. 7458-7466. Retrieved from <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10843>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, Volume 20, 37–46.
- Cohen, J. (1972). Weighted chi square: An extension of the kappa method. *Education and Psychological Measurement*, Volume 32, 61–74.
- CowManager B.V. (kein Datum). CowManager Sensor. Gerverscop 9, 3481 LT Harmelen, Niederlande. Von <https://www.cowmanager.com> abgerufen
- Deming, W. E. (1943). *Statistical adjustment of data*. New York: Wiley.
- Dietrich, E. (2011). VERGLEICH VON MSA UND VDA BAND 5. Wo liegen die Unterschiede? *QZ*, Jahrgang 56(6), 30-34.
- Eisenwiener, H., Bablok, W., Bardorff, W., et al. (1984). Statistische Auswertung beim Methodenvergleich. *Journal of Laboratory Medicine*, 8, 232-244. doi:<https://doi.org/10.1515/labm.1984.8.7-8.232>
- Grandl, F., Grodkowski, G., Jaeger, M. Colinet, F. (2016): 2-Org-Cows Trait Atlas. Guidelines for standardized measurements of fertility-, health- and milk records. Webseite: http://orgprints.org/30824/1/Guide_ohne_bilder.pdf
- GraphPad Software. (2017). *GraphPad Prism version 7 for Windows*. La Jolla, California, USA.
- IBM Corp. (2013). *IBM SPSS Statistics Version 22*.
- Kaptijn, G. (2016). Evaluation of the performance of dual-purpose cows in European pasture-based systems. Master Thesis, Wageningen University, Farming Systems Ecology Group, Wageningen. Retrieved from http://orgprints.org/30823/1/Gerdine_MA.pdf
- Landis, J. R. and Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, Volume 33, 159–174.
- Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to a system of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, S. 559–572. doi:<https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
- SAS Institute Inc. (2017). *JMP 13*. Cary, NC, USA.
- Wikipedia-Autoren, a. (07. 03 2018). Messsystemanalyse. (D. f. Wikipedia, Herausgeber) Von <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Messsystemanalyse&oldid=174773882> abgerufen
- Wikipedia-Autoren, b. (27. 08 2018). Multikollinearität. (D. f. Wikipedia, Herausgeber) Von <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Multikollinearit%C3%A4t&oldid=180377998> abgerufen
- Wold, S., Sjöström, M., Eriksson, L. (2001, 10 28). PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Volume 58, Issue 2, 109-130. Elsevier. doi:[https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1)
- Wolfger, B., Timsit, E., Pajor, E. A., Cook, N., Barkema, H. W., Orsel, K. (2015, June 1). Technical note: Accuracy of an ear tag-attached accelerometer to monitor rumination and feeding behavior in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Volume 93(Issue 6), pp. 3164–3168. Retrieved from <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8802>



10 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

10.1 Realisierte Veröffentlichungen

Jaeger, M., Brügemann, K., Kulig, B., Baars, T., Brandt, H., König, S. (2017): Associations between precision sensor data and subjectively scored cattle welfare indicators. 68th Annual meeting of the European Association for Animal Production, Tallinn, Estonia, 28. Aug. - 1. Sept. 2017

Grodkowski, G., Sakowski, T., Puppel, K., Baars, T., van Meurs, K. (2017): Validation of an electronic herd control system for grazing dairy cows. 68th Annual meeting of the European Association for Animal Production, Tallinn, Estonia, 28. Aug. - 1. Sept. 2017

Grodkowski, G., Sakowski, T., Puppel, K., Baars, T. (2017): Die Nutzung von Bewegungssensoren zur Verhaltens und Gesundheitskontrolle von Kühen auf Weideflächen. XVII Polsko-Niemiecka Konferenca Naukowa, Balice, 2017

10.2 Geplante Veröffentlichungen

Grodkowski, G., Kulig, B., Rübesam, K., Baars, T., Sakowski, T. (2018): Validation of a locomotion measuring system via visual observation in dairy cattle kept in pasture-based production systems.

Kulig, B: Vorschlag eines Standards für die Validierung von Lokomotions-Sensoren in der Milchviehhaltung unter Weidebedingungen als Applikation einer „Messsystemanalyse“ ohne Einsatz von Normalen als Maßverkörperung.

10.3 Projektarbeit

Kulig, B (2018): Projektarbeit im Rahmen des Masters Qualitätsmanagement im Studiengang „Master Quality Management“ an der WINGS, Wismar: „Validierung eines Lokomotions Messsystems bei Milchkühen mit Hilfe von direkter Verhaltensbeobachtung; Adaption von Aspekten eines statistischen Methodenvergleichs als Ersatz für eine Messsystemanalyse an landwirtschaftliche Bedingungen“.

10.4 Seminar

Öffentliches Seminar an der Uni Kassel, Fachbereich Agrarwissenschaften: „Multivariate Statistik und Data Mining – Eine Einführung in Modellentwicklung, Modellvalidierung und Modellanwendung“ gehalten von B. Kulig im Rahmen des internen Doktorandencolloquiums des Fachgebiets Agrartechnik (geplant für Dezember 2018).

Public seminar at University of Liège, Belgium (2018): “Multivariate Statistics and Data Mining - A Jump Start in Model development, Validation and Application” to be conducted by B. Kulig and N. Gengler (planned for early Spring 2019).

