

Landwirtschaftliche Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung in der Nutztierhaltung

Johanna Ahmann, Kristina Höse, Anja Schmidt, Kathrin Thiemann, Heiko Neeland, Wolfgang Büscher, Steffen Pache, Christina Umstätter

Assistenzsysteme helfen, managementrelevante und administrative Arbeiten auf landwirtschaftlichen Betrieben effizienter zu gestalten und Ressourcen zu schonen. Bereits jetzt sind eine Vielzahl von Assistenzsystemen in der Landwirtschaft im Einsatz. Dennoch gibt es unseres Wissens momentan im landwirtschaftlichen Kontext keinen Modellansatz für Assistenzsysteme, der sowohl die technischen Aspekte des Entscheidungsprozesses einschließlich des Controllings als auch die Bedeutung für die Akteure bei der Anwendung ausreichend darstellt. Die Verknüpfung dieser beiden Gesichtspunkte ist jedoch wichtig, um den Nutzwert von Assistenzsystemen in der Nutztierhaltung darzustellen und die zukünftigen Entwicklungen auch unter ethischen Aspekten voranzutreiben. Ein bereits bestehendes Modell zu Assistenzsystemen berücksichtigt vor allem technische Aspekte und behandelt den Bereich der Entscheidungsvorgänge nicht tiefergehend. Die Entscheidungsvorgänge sind gerade im Dreiklang der Mensch-Tier-Maschine-Interaktion aus ethischer Sicht jedoch von besonderer Bedeutung. Mithilfe einer exemplarischen Darstellung wird das bereits vorhandene Modell daher erweitert und die Unterstützung zur Entscheidungsfindung und die Rolle des Menschen im Prozess aufgezeigt.

Schlüsselwörter

Digitalisierung, Mensch-Tier-Maschine-Interaktion, Sensoren, Entscheidungsfindung, Precision Livestock Farming

Assistenzsysteme werden bereits in verschiedenen Varianten in allen Bereichen der Tierhaltung eingesetzt (STACHOWICZ und UMSTÄTTER 2020). Alle Systeme haben gemein, dass sie die Planung, die Durchführung und das Controlling von Arbeitsprozessen vereinfachen und unterstützen. Damit wird es möglich, die Arbeitskosten zu reduzieren und die Dokumentation sowie Außendarstellung eines Betriebes zu erleichtern (LUTZ 2017). Assistenzsysteme stellen somit ein Hilfsmittel zur Umsetzung einer effizienten Produktion dar (CARILLO und ABENI 2020, NEETHIRAJAN 2020). Dieser Umstand betrifft alle Akteure innerhalb der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette (GANDORFER et al. 2017), denn die durch Digitalisierung bedingte Vernetzung von Akteuren, Maschinen und Systemen in der Landwirtschaft verdichtet sich zunehmend.

Klassischerweise dienen Assistenzsysteme dazu, mechanische Vorgänge zu automatisieren, wodurch eine Entlastung des Menschen angestrebt und ein größerer „kognitiver Handlungsspielraum“ realisiert wird (KLOCKE et al. 2017). Durch Weiterentwicklungen z. B. im Bereich der Soft- und Hardware konnten in den letzten Jahren neue Potenziale für die Anwendung von Assistenzsystemen erschlossen werden. Für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung werden Möglichkeiten zur computer-

gestützten Dokumentation und Auswertung im Herdenmanagement bereitgestellt. Bei zunehmenden Herdengrößen stellt dies eine Möglichkeit dar, einzeltierspezifische Daten aufbereitet zu erhalten (CARILLO und ABENI 2020).

Dennoch gibt es auch ethische Bedenken gegenüber der Digitalisierung und Nutzung von Assistenzsystemen in der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Neben der möglichen Verringerung der Mensch-Tier-Interaktionen wird auch von einer „Versachlichung“ der Tiere gesprochen (NEETHIRAJAN 2023). Vielfach gilt es auch, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der eingesetzten Systeme zu validieren. Daher müssen Algorithmen und Zielwerte sorgfältig abgewogen werden. Damit auf Basis der Daten überhaupt eine Entscheidungsunterstützung möglich wird (JOCHEMSEN 2013, NEETHIRAJAN 2023), muss der Landwirt dem System vertrauen. Die größte Bedeutung wird dabei dem Einfluss digitaler Technologien auf das Tierwohl zugeschrieben, sowohl im negativen wie auch im positiven Sinne. Hinsichtlich der anfallenden Daten sind Datensicherheit und -souveränität wesentliche ethische Aspekte und auch für das Datenmanagement relevant. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die ökologische Nachhaltigkeit der Nutztierhaltung. Der Einsatz von Assistenzsystemen kann ökologische und nachhaltige Auswirkungen auf die Nutztierhaltung haben. Zum Beispiel kann die Ressourcennutzung optimiert und die Abfallerzeugung reduziert werden, um die Umweltauswirkungen der Tierhaltung im Ganzen zu reduzieren (NEETHIRAJAN 2023).

Allerdings sind Themen und Begriffe der Digitalisierung zumeist noch nicht für den landwirtschaftlichen Kontext aufgearbeitet. Im Hinblick auf die landwirtschaftliche Nutztierhaltung muss neben der Mensch-Maschine-Interaktion auch die Maschine-Tier-Interaktion berücksichtigt werden. Da innerhalb von industriellen Produktionssystemen Tiere keine Rolle spielen, gehen die verschiedenen Quellen nicht auf eine Maschine-Tier-Interaktion ein. Diese Schnittstelle tritt in der Landwirtschaft z.B. auf, wenn eine Kuh durch einen Roboter gemolken wird. Tier-Computer-Interaktionen (ACI, Animal-computer interaction) bzw. Tier-Maschine-Interaktionen haben eine lange Geschichte und spielen in verschiedenen Bereichen eine Rolle, in denen Menschen und andere Spezies interagieren (MANCINI 2011). ACI zielt darauf ab, die Interaktion zwischen Tieren und (Computer-)Technologie zu verstehen. Wichtig ist dabei, den Kontext, in dem die Interaktion stattfindet, zu berücksichtigen, denn zwischen einzelnen Tierarten unterscheiden sich die Kontexte, Aktivitäten und Beziehungen stark; Als Beispiel können Wild-, Haus-, Arbeits-, Nutz- und Labortiere genannt werden. Von Fall zu Fall variiert das Zusammenspiel zwischen Tier, Technologie und z. B. dem Menschen (MANCINI 2011).

Diese Variationen im Zusammenspiel der beeinflussenden Parameter gelten auch für Assistenzsysteme in der Landwirtschaft. Daher wurde im Rahmen des Experimentierfelds „CattleHub“ ein erweitertes Modell für Assistenzsysteme im Kontext der landwirtschaftlichen Tierhaltung erarbeitet und anhand eines Praxisbeispiels erläutert. Dabei fokussieren wir uns in der vorliegenden Studie vor allem auf die Unterstützung des Menschen bei der Entscheidungsfindung. Die Studie zielt darauf ab, die Interaktion zwischen Maschine und Tier zusätzlich zur Mensch-Maschine-Interaktion zu betrachten und dabei den Kontext, die Aktivitäten und die Beziehungen zu berücksichtigen, welche die Interaktion zwischen Tieren, Technologie und Menschen beeinflussen.

Assistenzsysteme in der industriellen Produktion

Für die Bezeichnung „Assistenzsystem“ gibt es im Rahmen der industriellen Produktion bereits verschiedene Definitionen. BUCHHOLZ und CLAUSEN (2009) definieren den Begriff des Assistenzsystems als rechnerbasiertes System, das den Menschen bei der Entscheidungsfindung und -durchführung

unterstützt. Die Autoren stellen dies als einen integralen Bestandteil der Mensch-Maschine-Interaktion dar, die durch die informationelle Verkopplung und Verknüpfung von Maschinen und Operateuren gekennzeichnet ist. Weiterhin zeigen sie auf, dass den Operateuren nicht nur Fakten geliefert, sondern auch Hilfen bei der Lösung von Problemen und beim Treffen von Entscheidungen geboten werden.

Ähnlich charakterisieren LINK und HAMANN (2019) ein Assistenzsystem. Die beiden Autoren fokussieren jedoch darauf, dass die Menschen bei der Informationsaufnahme (Wahrnehmung), Informationsverarbeitung (Entscheidungsfindung) und Arbeitsausführung unterstützt werden. Laut dem LEHRSTUHL FÜR DATENBANK- UND INFORMATIONSSYSTEME (2020) der Universität Rostock dienen Assistenzsysteme dem „Nutzer zur Unterstützung in bestimmten Situationen oder bei bestimmten Handlungen“. Wichtig ist den Autoren die zeitliche Dimension, denn die Voraussetzung für die Unterstützung ist eine Analyse der gegenwärtigen Situation und gegebenenfalls darauf aufbauend eine Prognose der zukünftigen Situation. Auch hier steht der Mensch im Vordergrund, da sich die Interaktion dem natürlichen menschlichen Handlungsbedarf anpassen muss und die Ausgabe komprimiert werden soll, um den Nutzer nicht zu überfordern. KLOCKE et al. (2017) heben hervor, dass Assistenzsysteme, wenn sie in Echtzeit agieren können, auch Selbstoptimierung und Regelungen von Prozessen ermöglichen.

Alle genannten Definitionen unterstreichen die Bedeutung des Assistenzsystems als Unterstützung für den Menschen. Sowohl die Entscheidungsfindung als auch die darauf aufbauende Handlung sollen durch das System und die generierten Daten unterstützt, vereinfacht und bestenfalls automatisiert werden. Nach KLOCKE et al. (2017) ist es jedoch nicht das Ziel, den Menschen durch Assistenzsysteme vollständig zu ersetzen. Vielmehr bieten sie neue Optionen im Bereich des daten- und modellgetriebenen Lernens und helfen bei der Entscheidungsfindung in komplexen Prozessen innerhalb der Produktionssysteme.

Modellrahmen für Assistenzsysteme im landwirtschaftlichen Kontext

Zentraler Aspekt der industriellen Produktion ist die Technik, wohingegen die Landwirtschaft immer Bezug zum biologischen System nimmt, in dem das jeweilige Assistenzsystem verwendet wird. In der Nutztierhaltung kommen neben ethischen Fragen, die auch für die industrielle Produktion relevant sind, speziell noch tierethische Aspekte hinzu. Im vorliegenden Beitrag beinhalten (tier-)ethische Aspekte vor allem Perspektiven rund um das Tierwohl, die Nachhaltigkeit und den Einfluss auf die Umwelt durch die landwirtschaftliche Nutztierhaltung (JOICHEMSEN 2013). Daher konnte in der vorliegenden Forschungsarbeit festgestellt werden, dass es eines erweiterten Modellrahmens bedarf, um die unterschiedlichen Assistenzsysteme und Teilsysteme für die landwirtschaftliche Tierhaltung zu charakterisieren und einzuordnen. RUTTEN et al. (2013) haben – basierend auf einem Schema mit vier Leveln – eine Einordnung von Sensoren und Sensorsystemen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung unternommen. Dieser Rahmen wurde genutzt, um 139 Sensorsysteme für die Milchviehhaltung zu kategorisieren. Das Schema zeigt anhand der vier Level die einzelnen Schritte vom Sensor zu einer abschließenden Entscheidung auf. Mittels Literaturanalyse wurden auf dem Markt befindliche Sensorsysteme den unterschiedlichen Leveln zugeordnet. Für solch eine technische Kategorisierung eignet sich der Modellrahmen von RUTTEN et al. (2013) sehr gut. Für die zukünftige Entwicklung ist es jedoch wichtig, ein Modell zu haben, in dem nicht nur die Technik, sondern auch der Mensch in diesen Prozess eingeordnet werden kann. Denn gerade in der landwirtschaftlichen Tierhaltung kommt den Entscheidungen und den vorangestellten Entscheidungsprozessen eine besondere Be-

deutung zu. Die Ansichten der Verbraucher hinsichtlich der tierhaltenden Landwirtschaft sind in den letzten Jahren zunehmend negativ. Die Prozesse im Produktionssystem der Milchviehhaltung und anderen tierhaltenden Zweigen werden kritisiert und Veränderungen im Sinne des Tierwohls und der Nachhaltigkeit gefordert. Sensorik bietet die Möglichkeit, Prozesse effizienter und transparenter zu gestalten (NEETHIRAJAN und KEMP 2021). Für DÜRNBERGER (2021) sind die Auswirkungen der neuen Transparenz noch nicht festgelegt, viel mehr hängen sie von verschiedenen Faktoren ab. Deshalb wurde das Modell von RUTTEN et al. (2013) um zwei Level (Level IV und VI) erweitert, wodurch die Schritte des Handelns und die Rückkopplung der Informationen im System hervorgehoben werden. Damit wird der Fokus verstärkt auf die Entscheidungsfindung und die darauffolgende Aktion gelegt.

Rahmenbedingungen und Modellansatz für Assistenzsysteme in der landwirtschaftlichen Tierhaltung

Das Besondere an Assistenzsystemen in der landwirtschaftlichen Tierhaltung ist das Zusammenspiel von Menschen, Tieren, Maschinen/Robotern und Gebäuden. Die gewählten Produktionsverfahren sowie die Prozesssteuerung und die Art und Weise des Herdenmanagements nehmen genauso Einfluss auf dieses Produktionssystem wie die Umwelt, Physiologie oder das Tierverhalten. Dies unterscheidet Assistenzsysteme in der Landwirtschaft von der Industrie, da in der Landwirtschaft biologische Systeme eine wesentlich größere Rolle spielen. Das in Abbildung 1 dargestellte Modell enthält unter anderem die zuvor genannten Einflussfaktoren und verknüpft sie mit dem Gefüge aus Menschen, Tieren, Assistenzsystem und Gebäuden.

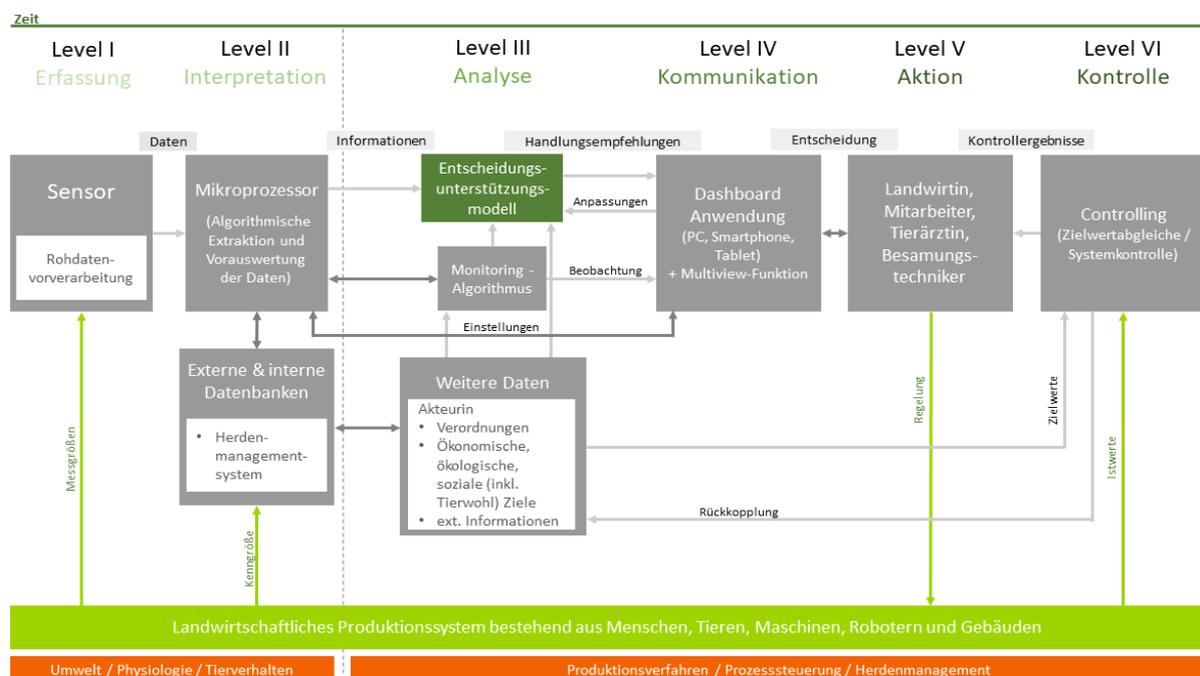


Abbildung 1: Modellansatz für den Begriff der Assistenzsysteme in der landwirtschaftlichen Tierhaltung entwickelt auf Basis von RUTTEN et. al (2013)

Im Level I erfassen Sensoren, in denen oftmals eine Rohdatenvorverarbeitung integriert ist, die Messgrößen. Die daraus gewonnenen Daten liegen als direkte Variablen ohne Bedeutung vor. Um

Informationen zur Entscheidungsunterstützung zu gewinnen, muss zur Ableitung der Handlungsempfehlung noch der gesamte Kontext hergestellt werden.

Erst im Level II werden die Daten der Sensoren fortlaufend aggregiert. Dies kann auf Mikroprozessoren erfolgen. Gemeinsam mit den Angaben aus externen und internen Datenbanken werden diese Daten zu relevanten tier- bzw. haltungsbezogenen Variablen weiterverarbeitet und bekommen eine Bedeutung. Dies wird ermöglicht, indem algorithmische Extraktionen sowie eine Vorauswertung der Daten vorgenommen werden. Aus den externen und internen Datenbanken können sonstige Tier- sowie Sensordaten, die in dem landwirtschaftlichen Produktionssystem entstehen, miteinbezogen werden. Bei den Tierdaten handelt es sich beispielsweise um Daten, die dokumentierbar, aber nicht mit Sensoren messbar sind (z.B. Geburtsdatum, Ohrmarkennummer oder Daten zur Brunstgeschichte einer Kuh).

Level III umfasst die Analyse, bei welcher die in Level II generierten Informationen über Tier- und Umweltzustände direkt oder über den Monitoring-Algorithmus in ein Entscheidungsunterstützungsmodell fließen. Zusätzlich können weitere Daten aus den Datenbanken aus Level II für die Entscheidungsfindung herangezogen oder externe Daten zusammengeführt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, Informationen aus der täglichen Kontrolle der Tiere (z.B. Beobachtung von Lahmheit) manuell zu ergänzen. Informationen über die von Akteurinnen zu definierenden Ziele sowie die zu beachtenden Rahmenbedingungen externer Dienste (z.B. Untersuchungsergebnis der Ablieferungsmilch) werden miteinbezogen. Durch diese Vernetzung bzw. Interpretation entsteht Wissen, definiert als begründete Information (UMSTÄTTER 2009, NORTH 2020).

Das Entscheidungsunterstützungsmodell liefert Handlungsempfehlungen, welche anschließend auf einem Medium (z.B. PC, Smartphone, etc.) abgebildet und somit kommuniziert werden (Level IV - Kommunikation). Die Handlungsempfehlung erfolgt zumeist auf Basis von Alarmlisten, die der Landwirtin in verschiedenen grafischen Darstellungen übermittelt werden können. Aufgrund der besonderen Bedeutung des Mediums als Schnittstelle zwischen Mensch und Assistenzsystem, auf dem die Handlungsempfehlungen (z.B. für die Anpassung der Fütterung) visualisiert werden, ist die Kommunikation als eine eigenständige Ebene anzusehen. Zudem können die Landwirtinnen darüber Einstellungen hinsichtlich der Auswertung in Level II vornehmen. Hier ist beispielsweise die Vorgabe von Schwellenwerten zu nennen. Gleichzeitig dienen die Medien als Plattform für die Interpretation (Level II) der in Level I erhobenen Daten.

Auf Basis der Kommunikation der Handlungsempfehlung durch ein Medium kann anschließend in Level V (Aktion) die Entscheidung entweder durch den Menschen oder automatisiert getroffen und in eine Handlung überführt werden. Assistenzsysteme sollen die Landwirtinnen bei der täglichen Arbeit entlasten, zur Anhebung des Tierwohls beitragen und die Tiergesundheit verbessern. Durch die erzeugten Handlungsempfehlungen wird die Landwirtin bei der Entscheidungsfindung unterstützt. Bei einigen Systemen kann die Entscheidungsfindung ohne den Menschen stattfinden, falls dies ethisch vertretbar ist. Hier wird beispielsweise Künstliche Intelligenz (KI) zur Analyse (Level III) genutzt, um die Entscheidung zu fällen. Beispielhaft können autonome Fütterungssysteme genannt werden, die mithilfe eines Sensors die Futtermenge im Trog feststellen können und damit den Zeitpunkt für die nächste Fütterung selbstständig bestimmen.

Mit der Handlung (Level V) greift die Landwirtin bzw. das automatisierte System so in das Produktionssystem ein, dass die Zielwerte möglichst erreicht werden (Regelung). Die Zielwerte ergeben sich durch die individuelle Planung der Landwirtin (z.B. geplante Lebensleistung einer Milchkuh von 40.000 kg Milch), aber auch durch gesetzliche Vorgaben (z.B. Zell- oder Keimzahlgehalt der Milch).

Es kann sich hier um unterschiedliche Zielgrößen wie Milchmenge je Kuh, Verminderung der Ammoniakemissionen, Verbesserung der Arbeitswirtschaft oder die Optimierung des Stallklimas handeln.

Das Level VI dient der Kontrolle. Die mithilfe des Assistenzsystems getroffenen Entscheidungen werden durch Abgleiche von Istwerten mit den zuvor definierten Zielwerten kontrolliert. Dies erfolgt, um das Produktionssystem stetig zu optimieren und die Qualität der durch das Assistenzsystem erhobenen Daten sicherzustellen. Diese Kontrolle kann sich zum einen auf ein automatisches System beziehen, welches sich immer wieder selbst kalibriert oder auf die Entscheidungen der Landwirtin auf Basis der Handlungsempfehlungen des Assistenzsystems.

Die Istwerte der Zielgrößen stammen (wie auch die Eingangsparameter für Level I) aus dem landwirtschaftlichen Produktionssystem, nun aber primär aus dem gesamten Produktionsverfahren, der Prozesssteuerung oder dem Herdenmanagement. Die sich aus Level VI ergebenden Kontrollergebnisse (z.B. eine Differenz von 10.000 kg Milch zwischen Soll- und Ist-Lebensleistung) werden anschließend bis hin zu Level III (Analyse) zurückgekoppelt, um ggf. Anpassungen im Entscheidungsunterstützungsmodell vorzunehmen (z.B. eine Korrektur des Sollwerts für die Lebensleistung).

Fallbeispiel CowManager

Am Beispiel des Assistenzsystems CowManager (CowManager B.V., Niederlande) wird nachfolgend der erweiterte Modellansatz in einen Praxisbezug gesetzt (Abbildung 2). Das System besteht aus einer Software, einem Router und einem Ohr-Tag, in dem ein Sensor integriert ist, der die tierbezogenen Messgrößen Temperatur und Beschleunigung erfasst. Die Ohrsensoren des CowManagers sind mit einem QR-Code versehen. Über diesen erfolgt eine Verknüpfung mit dem Herdenmanagementsystem und der einzeltierspezifischen Ohrmarke jedes Tieres. Aufgezeichnet wird sowohl die direkte Variable Ohrtemperatur als auch die abgeleiteten indirekten Variablen Aktivität, Wiederkäuen und Fressverhalten. Beruhend auf diesen Daten und den daraus generierten Variablen in Zusammenhang mit weiteren Daten und Algorithmen sollen durch den CowManager Aussagen über die Tiergesundheit, die Fütterung und die Fruchtbarkeit getroffen werden können.

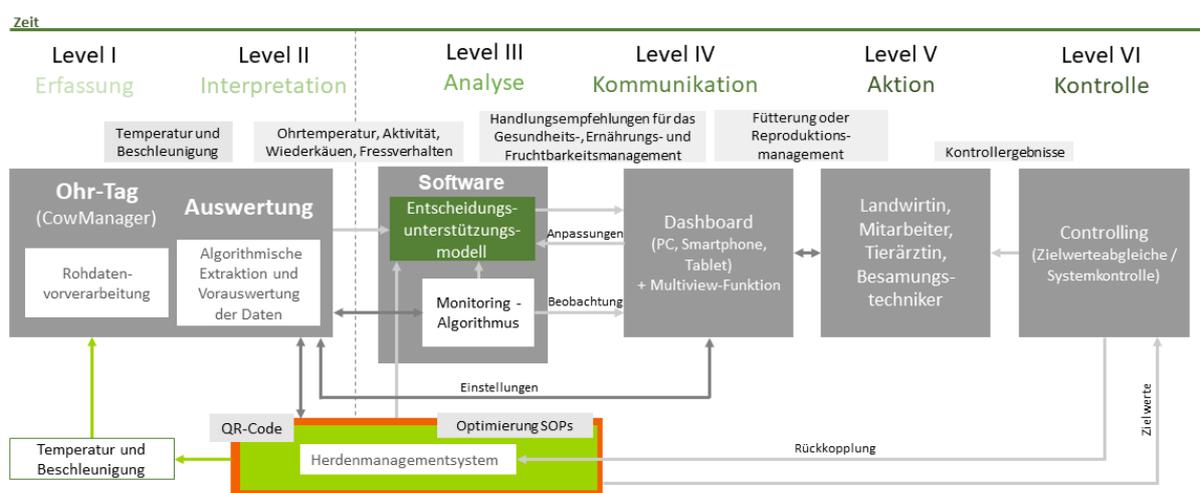


Abbildung 2: Darstellung des Modellansatzes am Fallbeispiel CowManager (SOP: Standard Operating Procedures, auch Standardarbeitsanweisungen)

Es erfolgt eine Vorverarbeitung der durch den Ohrsensor erfassten Rohdaten (Level I). Durch die Verknüpfung des Ohrsensors mit der Ohrnummer aus dem Herdenmanagementsystem des Betriebes fließen zusätzliche Informationen in die algorithmische Extraktion und Vorauswertung der Daten (Level II) ein. Dazu gehören z. B. die tierindividuellen Daten zur Kalbung, Besamung und Haltungsgruppe. Auf Basis dieser Daten erfolgen eine Interpretation und die Bildung von zusätzlichen indirekten Parametern. Die daraus generierten Informationen fließen anschließend in die Software des Entscheidungsunterstützungsmodells ein (Level III). Zusätzlich kann der Landwirt externe Informationen z. B. aus seiner Tierbeobachtung oder der Wetterprognose selbst in das System eintragen. Das im Fallbeispiel hinterlegte Entscheidungsunterstützungsmodell berücksichtigt die Eingabeparameter bei der Berechnung und Wertung der Ausgabevariablen hinsichtlich Aktivität, Wiederkäuen, Fressverhalten, Ohrtemperatur und generiert tierindividuelle Alarmwerte bzw. Arbeitslisten für den Landwirt.

Die Kommunikation und Darstellung der durch Algorithmen erzeugten Handlungsempfehlung erfolgt im CowManager-System per Dashboard-Anwendung, die sowohl auf dem PC als auch als App auf dem Smartphone (oder anderen Mobilgeräten) genutzt werden kann. Zusätzlich können Push-Nachrichten auf dem Smartphone generiert werden (Level IV). Durch eine Multiview-Funktion können beim CowManager-System zusätzlich außenstehende, aber handlungsberechtigte Personen die Handlungsempfehlungen einsehen. Dazu gehören unter anderem der Besamungstechniker oder der Tierarzt. Basierend auf den Alarmlisten könnte z. B. der Tierarzt notwendige Untersuchungen oder Behandlungen direkt anpassen (Level V). So können Handlungen hinsichtlich der Gesundheit, der Ernährung oder der Fruchtbarkeit vorgenommen werden. Diese wirken sich dann z. B. auf die Milchleistung oder aber auf die Zwischenkalbezeit aus. Der Zielwertabgleich (Level VI) zeigt nun auf, ob etwaige Anpassungen der Standardarbeitsanweisung (SOP: Standard Operating Procedure) im landwirtschaftlichen Produktionssystem notwendig sind. Eine einheitliche Arbeitsweise für alle Mitarbeiter sollte das Ziel sein (BUSCHSIEWEKE et al. 2016). Die Rückkopplung zu den angestrebten Zielen des Betriebes erfolgt durch den Akteur oder durch die automatisierte Technik an das Herdenmanagementsystem. Bei Bedarf sind die Zielwerte von den Verantwortlichen anzupassen.

Diskussion

Die Funktion der Entscheidungsunterstützung spielt eine Schlüsselrolle für Assistenzsysteme. Dabei ist es wichtig, den Fokus auf die Entscheidungsfindung zu legen und damit die Rolle des Menschen beim Umgang mit biologischen Systemen hervorzuheben. Dies gilt im besonderen Maße für die landwirtschaftliche Tierhaltung. Das Modell von RUTTEN et al. (2013) wurde deshalb um den Bereich der Entscheidungsfindung erweitert, um die darauf folgende Aktion des Menschen oder der automatisierten Technik stärker in den Vordergrund zu rücken. Bei RUTTEN et al. (2013) dienen die Level einer Zuordnung hinsichtlich des technischen Standes eines Systems. Im vorliegenden Beitrag wurden jedoch die Teilschritte bei der Entscheidungsunterstützung mithilfe des Modells herausgearbeitet, um dort den Nutzen von Assistenzsystemen für die Landwirte und Landwirtinnen herauszustellen und die Entwicklungen dieser Systeme voranzutreiben. Dies ist besonders im Licht der ethischen Aspekte wichtig, die in der Landwirtschaft im Zuge einer fortschreitenden Digitalisierung in der Tierhaltung auftreten. Dabei geht es sowohl um Tierwohl als auch um Nachhaltigkeit und den angemessenen Umgang mit den generierten Daten. MANCINI (2011) fragt zudem, wie neue Technologien evaluiert werden sollten oder wie die Interaktion zwischen Menschen, Technologien, anderen Elementen und den Kontextfaktoren festgestellt werden kann. Durch die Erweiterung der Mensch-Maschine-Interaktion

um die Komponente Tier ist es also besonders wichtig, die Entscheidungsfindung in einem höheren Detailgrad und ganzheitlich für das landwirtschaftliche Produktionssystem zu analysieren. Dazu trägt der hier dargestellte Modellansatz bei. Sensorik wird in verschiedenen Bereichen der Tierhaltung genutzt und ist nicht nur auf die Milchviehhaltung begrenzt (STACHOWICZ und UMSTÄTTER 2020). Das Modell kann daher auf alle Tierarten bzw. dort verwendete Sensorik übertragen werden. Im Modell wird ersichtlich, dass ein Assistenzsystem durch die Gewinnung zusätzlicher Daten beim Umgang mit den ethischen Aspekten unterstützen, aber die Antwort nicht vorwegnehmen kann. Durch den Gewinn zusätzlicher Daten werden Informationen generiert, die vom Landwirt aktiv zur Unterstützung herangezogen werden können.

Die Definitionen zum Begriff Assistenzsystem aus der industriellen Produktion decken zu Teilen auch die Assistenzsysteme aus der Landwirtschaft ab, allerdings stellen diese Definitionen den Menschen in den Mittelpunkt. Dies ist entsprechend der Fürsorgepflicht in der Nutztierhaltung von besonderer Bedeutung. Dennoch nimmt der Aspekt der Ethik in Bezug auf die Tiere durch die Verantwortung, die der Mensch gegenüber dem Mitgeschöpf Tier hat, einen noch größeren Raum ein (CESARANI and PULINA 2021). Deshalb gilt der Fokus in Abbildung 1 besonders den Leveln „Kommunikation - Aktion - Kontrolle“ auf Level IV bis VI. Nach DÜRNBERGER (2021) sind die Auswirkungen der sich weiterentwickelnden Digitalisierung auf die Tiere im ethischen Kontext mit Bezug zum Tierwohl und der Tiergesundheit zu betrachten. Vermieden werden sollte ein „Rebound-Effekt“, bei dem sich nur auf die Daten verlassen und die individuelle Tierbeobachtung auf ein Minimum reduziert wird. Dennoch spielt die Verringerung der Arbeitszeit für die Landwirte bei der Beschaffung eines Sensorsystems die Hauptrolle (HOSTIOU et al. 2017). Es ist wichtig, den technologischen Fortschritt mit der direkten Beobachtung von Tieren in Einklang zu bringen. Zwar können Sensorsysteme die Arbeitszeit der Landwirte verkürzen, doch müssen Extremfälle vermieden werden, in denen nur wenig Zeit für den direkten Tierkontakt aufgewendet wird. Bei dem Einsatz von Assistenzsystemen geht es nicht darum, den Menschen aus dem Produktionsprozess zu eliminieren, sondern ihn zu unterstützen.

Darüber hinaus entstehen beim Einsatz eines Assistenzsystems neue Arbeitsaufgaben, wie der richtige Umgang mit den anfallenden Daten und Alarmlisten (HOSTIOU et al. 2017), und Aufgaben verschieben sich. Die benötigte Arbeitszeit für Routineaufgaben wie z.B. die Brunsterkennung wird verringert und die Zeit kann für andere Aufgaben aufgewendet werden. Der effektive und effiziente Einsatz des Faktors Arbeit auf den Betrieben ist ein großer Treiber für die Nutzung von Assistenzsystemen. In der Literatur wird der Nutzen der vielen einzelbetrieblichen Daten zur Produktion und Produktionsführung des Öfteren hervorgehoben. Das Aufzeigen eines erweiterten Modellansatzes erleichtert die Potenzialentfaltung von Assistenzsystemen auch in diesem Bereich. Einerseits können Vernetzungsoptionen demonstriert werden, andererseits können solche Systeme auch zur Optimierung von SOPs verwendet werden (SCHICK 2018). Gut ausgearbeitete SOPs führen zu eindeutig definierten und nachvollziehbaren Aufgaben und Zuständigkeiten sowie standardisierten Arbeitsprozessen. Als Folge wird Arbeitszeit eingespart, werden Arbeitsaufgaben verschoben und die Arbeitsqualität verbessert (BUSCHSIEWEKE et al. 2016). Bei der Verwendung des dargestellten Modells ist zu berücksichtigen, dass bei einem angemessenen Umgang und einer hinreichenden Auseinandersetzung mit den anfallenden Daten und Alarmlisten eine Unterstützung bei der Entscheidung erfolgt und eine Verringerung der Arbeitszeit bei der Tierbeobachtung ermöglicht wird. Eine ganzheitliche Abnahme der Entscheidung und der dahinterstehenden Arbeit erfolgt bei diesem Modellansatz nicht.

Nach WOLF und STROHSCHEN (2018) „wächst der Wert von Informationen mit ihrer Menge und insbesondere mit ihrem mehrwertstiftenden Vernetzungsgrad“. Bei der Vernetzung kann zwischen einer Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Maschine-Maschine-Schnittstelle (KLOCKE et al. 2017) unterschieden werden. In der landwirtschaftlichen Tierhaltung treten, wie bereits erwähnt, zudem die Maschine-Tier-Interaktion und die Mensch-Tier-Maschine-Interaktion auf, die im Vergleich zu den produktionstechnischen Definitionen auch das Tier miteinbeziehen. BENDEL (2016) beschreibt die Mensch-Maschine-Interaktion als gefestigten Forschungsbereich, wohingegen der Maschine-Tier-Interaktion bisher wenig Bedeutung geschenkt wurde. Nach seiner Ansicht „fehlt es an grundsätzlichen Überlegungen und Systematisierungen“. Um die Interaktion zwischen Tieren und (Computer-) Technologie zu verstehen, muss der Kontext, in dem die Interaktion stattfindet, berücksichtigt werden. Basierend auf diesen Faktoren variiert das Zusammenspiel zwischen Tier, Technologie und anderen Elementen, z. B. dem Menschen (MANCINI 2011). In diesem Zusammenhang ist es wichtig, auch im vorliegenden Modell das Tier angemessen zu berücksichtigen. Der Modellansatz ermöglicht diese Kontextzuordnung. So liefern tierbezogene Daten, die als Messgrößen in die Rohdatenverarbeitung einfließen, tierindividuelle Informationen. Das Modell zeigt also auch die Maschine-Tier-Interaktion auf. Da bei der Nutzung von Assistenzsystemen sowohl die Maschine-Tier-Interaktion als auch die Mensch-Tier-Interaktion von großer Relevanz sind, sollte in diesem Zusammenhang von einer Mensch-Tier-Maschine-Interaktion gesprochen werden.

Schlussfolgerungen

Die gesellschaftliche Diskussion und die Ansprüche an die Nutztierhaltung haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Die wachsende Forderung nach Transparenz, Nachhaltigkeit und Tierwohl in der Nutztierhaltung kann durch die Integration von Assistenzsystemen unterstützt werden. Assistenzsysteme können durch die Bereitstellung zusätzlicher Daten helfen, ethische Bedenken auszuräumen, sie können jedoch das menschliche Urteilsvermögen nicht ersetzen. Der Fokus sollte auf der Gewinnung von Daten liegen, die Landwirte aktiv nutzen können, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Durch die Integration der Tierkomponente in die Mensch-Maschine-Interaktion wird eine detailliertere Analyse der Entscheidungsfindung notwendig. Um diese Interaktionen zu verstehen, müssen die spezifischen Arten, Kontexte, Aktivitäten und Beziehungen berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung von Tieren im Modellansatz neben den Akteuren und technischen Komponenten ermöglicht ein umfassendes Verständnis der Mensch-Tier-Maschine-Interaktion. Insgesamt unterstreicht der vorgestellte Modellansatz die Bedeutung der Entscheidungsunterstützung, ethischer Überlegungen und der Integration von Mensch, Tier und Technik bei der Entwicklung und Anwendung von Assistenzsystemen in der Landwirtschaft.

Literatur

- Bendel, O. (2016): Considerations about the relationship between animal and machine ethics. *AI & SOCIETY* 31(1), pp. 103–108, <https://doi.org/10.1007/s00146-013-0526-3>
- Buchholz, P.; Clausen, U. (2009): Große Netze der Logistik. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag
- Buschsieweke, F.; Rothert, J.; Westrup, U. (2016): Arbeitsorganisation in Milchviehställen – Hinweise zur Einführung einer strukturierten Arbeitsorganisation. DLG-Merkblatt 384, Frankfurt am Main, DLG e. V.

- Carillo, F.; Abeni, F. (2020): An Estimate of the Effects from Precision Livestock Farming on a Productivity Index at Farm Level. Some Evidences from a Dairy Farms' Sample of Lombardy. *Animals* 10(10), <https://doi.org/10.3390/ani10101781>
- Cesarani, A.; Pulina, G. (2021): Farm Animals Are Long Away from Natural Behavior: Open Questions and Operative Consequences on Animal Welfare. *Animals* 11(3), <https://doi.org/10.3390/ani11030724>
- Dürnberger, C. (2021): Das gläserne Tier. Ethische Fragen zur Digitalisierung in der Nutztierhaltung. In: „Smart Barning“ – Digitalisierung in der Nutztierhaltung, Hg. Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN), München, S. 70–73
- Gandorfer, M.; Schleicher, S.; Heuser, S.; Pfeiffer, J.; Demmel, M. (2017): Landwirtschaft 4.0 – Digitalisierung und ihre Herausforderungen. In: Landtechnische Jahrestagung 2017, LfL, 21. November 2017, Deggendorf, S. 9–20
- Hostiou, N.; Fagon, J.; Chauvat, S.; Turlot, A.; Kling-Eveillard, F.; Boivin, X.; Allain, C. (2017): Impact of precision livestock farming on work and human-animal interactions on dairy farms. A review. *BASE*, pp. 268–275, <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13706>
- Jochemsen, H. (2013): An ethical foundation for careful animal husbandry. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 66(1), pp. 55–63, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2013.05.011>
- Klocke, S.; Kamps, S.; Mattfeld, P.; Shiobokov, A.; Stauder, J.; Trauth, D.; Bassett, E.; Jurke, B.; Bönsch, C.; Gärtner, R.; Holsten, S.; Jamal, R.; Kerzel, U.; Stautner, M. (2017): Assistenzsysteme in der Produktionstechnik. In: Virtuelle Instrumente in der Praxis 2017, Mess-, Steuer-, Regel- und Embedded-Systeme: Begleitband zum 22. VIP-Kongress, Hg. Jamal, R.; Heinze, R., Berlin/Offenbach, VDE Verlag GmbH, S. 265–287
- Lehrstuhl für Datenbank- und Informationssysteme (2020): Assistenzsysteme. <https://dbis.informatik.uni-rostock.de/forschung/schwerpunkte/assistenzsysteme/>, Zugriff am 06.05.2022
- Link, M.; Hamann, K. (2019): Einsatz digitaler Assistenzsysteme in der Produktion. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 114(10), S. 683–687, <https://doi.org/10.3139/104.112161>
- Lutz, K.J. (2017): Digitalisierung der Landwirtschaft: Revolution mit evolutionärem Charakter. In: CSR und Digitalisierung. Hg. Hildebrandt, A.; Landhäufer, W., Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, S. 429–442
- Mancini, C. (2011): Animal-computer interaction. *Interactions* 18(4), S. 69–73, <https://doi.org/10.1145/1978822.1978836>
- Neethirajan, S. (2020): The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research* 29, <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Neethirajan, S. (2023): The Significance and Ethics of Digital Livestock Farming. *AgriEngineering* 5(1), pp. 488–505, <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010032>
- Neethirajan, S.; Kemp, B. (2021): Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research* 32, pp. 100408, <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100408>
- North, K. (2020): Wissensorientierte Unternehmenssteuerung. *Controlling* 32(1), S. 27–34, <https://doi.org/10.15358/0935-0381-2020-1-27>
- Rutten, C.J.; Velthuis, A.G.J.; Steeneveld, W.; Hogeveen, H. (2013): Invited review: sensors to support health management on dairy farms. *Journal of dairy science* 96(4), pp. 1928–1952, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Stachowicz, J.; Umstätter, C. (2020): Übersicht über kommerziell verfügbare digitale Systeme in der Nutztierhaltung. *Agroscope Transfer* Nr. 294, Tänikon, Agroscope
- Umstätter, W. (2009): Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Bibliotheken als Bildungs- und Machtfaktor der modernen Gesellschaft. Berlin, Simon Verlag für Bibliothekswissen
- Wolf, T.; Strohschen, J.-H. (2018): Digitalisierung: Definition und Reife. *Informatik-Spektrum* 41(1), S. 56–64, <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1084-8>

Autoren

Johanna Ahmann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Landtechnik an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: johanna.ahmann@uni-bonn.de

Kristina Höse ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Unternehmensrechnung und Controlling an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Chemnitz, Thüringer Weg 7, Reichenhainer Straße 39/41, 09126 Chemnitz

Anja Schmidt ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Unternehmensrechnung und Controlling an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Chemnitz, Thüringer Weg 7, Reichenhainer Straße 39/41, 09126 Chemnitz

Kathrin Thiemann ist Ansprechpartnerin für Innenwirtschaft im Zentrum für Digitalisierung in der Landwirtschaft am Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse, Haus Düsse 2, 59505 Bad Sassendorf

Heiko Neeland ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig

Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter des Fachgebiets Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung am Institut für Landtechnik an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn, Deutschland

Dr. Steffen Pache ist Referent im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie im Referat 74, Tierhaltung, Am Park 3, 04886 Köllitsch

Prof. Dr. Christina Umstätter ist Leiterin des Thünen-Instituts für Agrartechnologie am, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig

Hinweise oder Danksagungen

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE108A18 (Experimentierfeld CattleHub-Assistenzsysteme für eine intelligente Rinderhaltung).