

Automatisiert erfassbare Daten in der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung

Stefanie Reith, Philipp Hölscher

Die Generierung einer Vielzahl an Daten bietet in der Tierhaltung vielfältige Möglichkeiten für Optimierungen. Die Hersteller von Sensortechnologien definieren Zielmerkmale, deren Erfassung die Produktion und das Tier-Management erleichtern sollen. Im Stall werden automatische Komponenten sowie auch gänzlich automatisierte Systeme eingesetzt. Es werden nicht nur Kennwerte über die Produktionsleistung, über den Gesundheitszustand, über den Fruchtbarkeitsstatus und über das Tierverhalten ermittelt, sondern ebenso Daten der technischen Anlagen, mit denen der Tierverkehr und andere Prozesse gesteuert werden können. Die automatisierte Datenerfassung ermöglicht also eine kontinuierliche Bewertung tierbezogener Daten, Klima-/Umweltdaten und Anlagendaten. In einer umfangreichen Datenbank für Sensoren zur „Automatisierten Datenerfassung in der Nutztierhaltung“ (AutoDatTier) wurden jeweils für die Tierarten Rind, Schwein und Huhn Sensortechnologien inklusive verschiedener weiterer Informationen zu Sensorart, Funktionsprinzip, Messart, Datenart und -qualität sowie Datenquelle und Auswertung (insgesamt 19 Kriterien) identifiziert und beschrieben. Bei den Sensoren handelt es sich um technische Bauteile, die mittels physikalischer oder chemischer Effekte zur Erfassung physikalischer, chemischer oder elektrochemischer Größen und deren Umwandlung in elektrische Signale dienen. Je nach Hersteller bzw. Software können die Daten im Grafik-, Tabellen- oder Textformat ausgegeben werden. Die Auswertungen zur Sensortechnik in der landwirtschaftlichen Tierhaltung zeigen detailliert den derzeitigen Umfang der Hersteller und der am Markt angebotenen Sensorsysteme sodass Möglichkeiten und Defizite in der Nutztierhaltung abgeleitet und zukünftige Forschungsprojekte darauf abgestimmt werden können.

Schlüsselwörter

Sensortechnik, Nutztierhaltung, Tierdaten, Umweltdaten, Anlagendaten

Für die automatisierte Erfassung von Daten und Informationen ist bereits eine Vielzahl an diversen Sensorsystemen kommerziell verfügbar. Die Anwendung und Verbreitung solcher Systeme ist allerdings je nach Tierart unterschiedlich stark ausgeprägt. Die Technologien erfassen in Echtzeit kontinuierlich verschiedene Parameter. Diese dienen nicht nur der Verbesserung der Tiergerechtigkeit und des Umweltschutzes, sondern können auch zur Optimierung des Managements sowie zur Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Situation herangezogen werden.

In der nationalen und internationalen Forschung werden dazu umfangreiche Ansätze verfolgt und Technologien entwickelt. Tierindividuelle Daten sind insbesondere für die Rinderhaltung erhältlich. Aktivitäts- und weitere Sensoren liefern Werte zu Brunst, Kalbung, Futteraufnahme und Tiergesundheit. Die automatische Erfassung und Analyse der Milchmenge, Milchinhaltsstoffe und Milchqualität (standardmäßig im Automatischen Melksystem integriert) stellt wichtige Informati-

onen zum Leistungspotenzial jeder einzelnen Kuh bereit und ermöglicht die frühzeitige Detektion von Eutererkrankungen. Futterroboter erlauben eine automatische Fütterung. Ob die Futtermenge an den Bedarf der Tiere angepasst ist, lässt sich anhand weiterer Indikatoren überprüfen. Nicht nur im Stall, sondern auch auf der Weide kann die Futtermenge gesteuert werden, indem mittels automatischer Beweidungssysteme Zäune versetzt werden und den Tieren somit in vorprogrammierten Abständen kontinuierlich Zugang zu frischem Grünfutter gegeben wird. Dies sind einige Beispiele, die bereits erfolgreich in die Praxis umgesetzt wurden. Review-Artikel eignen sich besonders gut, um einen schnellen Überblick über die verschiedenen Verfahren und Ergebnisse zu erlangen (REITH und HOY 2017, RUTTEN et al. 2013, ZHANG et al. 2013). Der Einsatz von Sensorsystemen bietet außerdem einige arbeits- und zeitwirtschaftliche Vorteile. Durch die Überwachung kritischer Punkte und die Unterstützung bei der Entscheidungsfindung mittels Planungssoftware oder Herdenmanagementprogramme kann zusätzlich die Arbeitsqualität gesteigert werden. Zudem könnten die Daten im Zusammenhang mit der Produktsicherheit und Produktionskontrolle (Prozessdokumentation, Transparenz und Rückverfolgbarkeit) genutzt werden (KAMPHUIS und STEENEVELD 2016, POLLMANN 2017).

Ebenso werden in Geflügel- und Schweineställen automatisierte Systeme zur Überprüfung der Leistung, des Gesundheitsstatus, der Fütterung sowie zur Steuerung des Klimas eingesetzt. Im Vergleich zur Rinderhaltung sind hingegen nur wenige Technologien erhältlich. In vielen Fällen überwachen diese Systeme Tiergruppen und nicht die individuellen Tiere (VAN HERTEM et al. 2017). Welche Daten automatisiert in der Nutztierhaltung erfasst werden, wurde in einem vom KTBL – mit Mitteln des von Bund und Ländern geförderten KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen“ – beauftragten und vom Thünen-Institut für Agrartechnologie ausgeführten Projekt ermittelt. Ziel dieses Projekts war die Entwicklung einer umfangreichen Datenbank, in welcher die unterschiedlichen in der Nutztierhaltung, d. h. Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung, eingesetzten Sensoren aufgeführt und beschrieben werden.

Material und Methoden

Die Grundlage für die Erfassung der am weltweiten Markt existierenden Sensorsysteme in der Nutztierhaltung bildete ein umfangreiches Unternehmensverzeichnis, welches am Thünen-Institut im Zeitraum vom 01.02.2018 bis zum 15.12.2018 bearbeitet wurde. Die primäre Bestandsaufnahme umfasste zunächst die chronologische Bearbeitung des Ausstellerverzeichnisses der weltgrößten Fachausstellung EuroTier des Jahres 2016, die seit 1993 von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) getragen und von der DLG Service GmbH in einem zeitlichen Abstand von zwei Jahren in Hannover durchgeführt wird. Die Anzahl der Aussteller umfasste im Jahr 2016 rund 2.638, wovon 43% der Unternehmen ihre Hauptniederlassung in Deutschland und 57% der Unternehmen ihren Hauptstandort außerhalb Deutschlands besitzen. Zur Steigerung der Effizienz bei der Bearbeitung der Unternehmensdatenbank hinsichtlich des Auffindens von Sensorsystemen zur automatisierten Datenerfassung in der Tierhaltung wurde eine Vorselektion mit einem Filter nach „Rind“, „Schwein“ und „Geflügel“ durchgeführt. Diese vorselektierte Datenbank umfasste 824 Unternehmen, die anschließend mit einer detaillierten Literatur- und Internetrecherche im Hinblick auf vorhandene Sensortechnik analysiert wurde. Bei positivem Rechercheergebnis wurden die Sensorsysteme in die entsprechende Sensordatenbank eingetragen. Da einige Unternehmen im Internet jedoch nur wenige, unzureichende oder teilweise auch keine Informationen bezüglich ihrer Sensortechnik veröffentlichten, wurden im Rahmen der sekundären Datenerhebung Interviews mit den jeweiligen Tech-

nologieunternehmen durchgeführt und die Datenbank anschließend dementsprechend überarbeitet. Ebenso wurde die Datenbank um vorhandene Mehrfachzählungen (Einige Unternehmen bieten die Sensortechnik für mehrere Tierarten an) bereinigt, so dass sich der Datensatz schließlich auf 149 Unternehmen reduzierte. In die Sensordatenbank wurden ausschließlich marktreife und offiziell erwerb-
bare Systeme eingepflegt. Technologien, die zwar erfolgreich in Studien und Pilotanlagen eingesetzt wurden, jedoch für den Endkunden nicht ausgereift oder erhältlich sind, wurden nicht berücksichtigt.

Grundstruktur der Sensordatenbank

Um die verschiedenen Sensorsysteme zu kategorisieren, wurde der in Tabelle 1 dargelegte Aufbau der Datenbank gewählt. Die Sensoren wurden zunächst der Tierart und der entsprechenden Produktionsrichtung zugeordnet, wobei eine Mehrfachauswahl möglich war. Die weiteren Spalten beschreiben die Art der Daten sowie den Betreff der Datenerhebung. Bei letzterem kann zwischen spezifischem und unspezifischem Einzeltier sowie spezifischer und unspezifischer Tiergruppe unterschieden werden. Um ein spezifisches Einzeltier handelt es sich nur, wenn das Sensorsystem eine fehlerfreie und wiederholbare Einzeltiererkennung durchführt oder mit einem derartigen Sensor gekoppelt ist. Ist dies nicht der Fall, bezieht sich die Datenerhebung auf ein unspezifisches Einzeltier, wobei hierbei nicht erkannt werden kann, ob ein spezifisches Tier mehrmals oder mehrere Tiere hintereinander erfasst wurden. Werden Daten eines baulich abgetrennten Tierbereiches erfasst, handelt es sich um eine spezifische Tiergruppe.

Erfolgt die Sensorerfassung, meist Anlagen- und Klimadaten, in einem gesamten Stall und es kann nicht auf eine spezielle Tiergruppe geschlossen werden, betrifft es eine unspezifische Tiergruppe (Teil A). Zur detaillierten Beschreibung der Sensorsysteme und deren Umgebung wurden insgesamt acht Einzelmerkmale in der Datenbank vermerkt (Teil B). Zudem werden Informationen zur Datenquelle, die letztlich die Daten zur Verfügung stellt, in der Datenbank erhoben. Zur Beschreibung der aufgezeichneten Sensordaten innerhalb der beschriebenen Datenquellen standen drei Kriterien für eine konsistente Darstellung zur Auswahl (Teil C). Zunächst wird das Dateiformat, mit dem die Daten angezeigt und abgerufen werden können, charakterisiert. Hierbei wird zwischen Audio-, Grafik-, Geodaten-, Tabellen-, Text- und sonstigem Format unterschieden. Eine Mehrfachauswahl ist diesbezüglich möglich. Ein weiteres Kriterium ist die Einschätzung zur Qualität des Wertes. Das heißt, dass mit den in der Tabelle dargelegten Qualitätsstufen eingeschätzt wird, ob die gewonnenen Daten reproduzierbar sind. Mit der „Bereitschaft zur Weitergabe der Daten“ wird analysiert, ob sich die aufgezeichneten Sensordaten exportieren lassen. Neben den Auswahlkriterien „ja“, „nein“ oder „unklar“ besteht ebenso die Möglichkeit „bedingt“ auszuwählen, wenn für den Export der Daten weitere Hard- oder Software einzusetzen ist (Teil C).

Tabelle 1: Grundstruktur der Sensordatenbank

(Teil A)

Tierart	Produktionsrichtung	Datenerhebung	
		Datenart	Betreff
Rind	Jungviehaufzucht	tierbezogene Daten	spezifisches Einzeltier
Schwein	Milchkuhhaltung	Klima-/Umweltdaten	unspezifisches Einzeltier
Huhn	Mutterkuhhaltung	Anlagendaten	spezifische Tiergruppe
	Rindermast		unspezifische Tiergruppe
	Ferkelerzeugung		
	Ferkelaufzucht		
	Schweinemast		
	Junghennenaufzucht		
	Legehennenhaltung		
	Hähnchenmast		
	beliebig		

(Teil B)

Art der Messung	Sensorart	Hersteller (Sensor)	Sensorname	Elektron. Bauelement	Funktionsprinzip	Prakt. Samplingrate	Datenqualität
						kontinuierlich	sehr niedrig
						1/s – 59/s	niedrig
						1/min – 59/min	mittel
						1/h – 59/h	hoch
						1/d– 24/d	sehr hoch

(Teil C)

Anzeigegerät	Datenquelle			Datenbeschreibung		
	Hersteller (Software)	Software-name	Kurzbeschreibung	Dateiformat	Reproduzierbarkeit	Datenexport
PC				Audioformat	hoch	ja
Smartphone/ Tablet				Grafikformat	ausreichend	nein
Online-Kommunikationsgerät				Geodatenformat	niedrig	bedingt
Hersteller-PC				Tabellenformat	unklar	unklar
				Textformat		
				sonstiges		

Ergebnisse und Diskussion

Unternehmen mit Sensortechnik für die Nutztierhaltung

Die führenden Unternehmen für Sensortechnik sind vor allem in Europa zu finden. Die im Projekt insgesamt 149 identifizierten Unternehmen, die kommerzielle Sensortechnik für die Nutztierhaltung anbieten, stammen aus 25 verschiedenen Ländern (Abbildung 1). Davon sind 134 Unternehmen (90%) in Europa angesiedelt – aufgeteilt in die 95 stärksten Unternehmen und 39 Unternehmen aus Rest-Europa. Mit 47 Unternehmen beziehungsweise einem Anteil von 32% werden die meisten Sensorsysteme von in Deutschland niedergelassenen Unternehmen vertrieben. Als zweitstärkstes Land auf dem Gebiet der Sensortechnik für die Nutztierhaltung rangiert die Niederlande mit 22 Unternehmen (15%). An dritter Stelle stehen Frankreich und Italien mit jeweils 9 Unternehmen (6%). Für Großbritannien konnten 8 Unternehmen (5%) identifiziert werden. Die übrigen 15 Unternehmen (10%) kommen aus 6 weiteren Ländern, die sich über Amerika, Asien und Ozeanien (Neuseeland) verteilen.

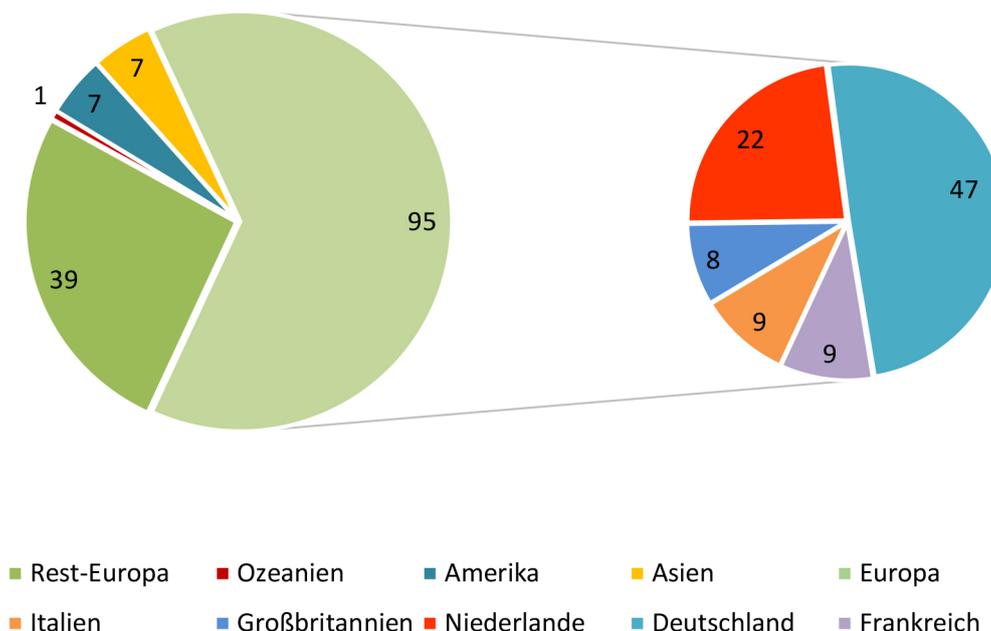


Abbildung 1: Verteilung der Unternehmen mit Sensortechnologie nach Ländern

Sensortechnologien für die Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung

Insgesamt konnten 355 Datensätze mit Sensorsysteme und der dazugehörigen Peripherie bestimmt werden. Die Sensoren wurden zunächst den Tierarten Rind, Schwein und Huhn zugeordnet. Mit 120 Sensoren und einem relativen Anteil von 34% werden die meisten Sensoren in der Rinderhaltung eingesetzt. Für die Geflügelhaltung stehen 101 Sensoren (28%) zur Verfügung. In der Schweinehaltung werden 63 Sensoren (18%) genutzt und 71 Sensoren können universell (20%) für alle Tierarten eingesetzt werden (Abbildung 2).

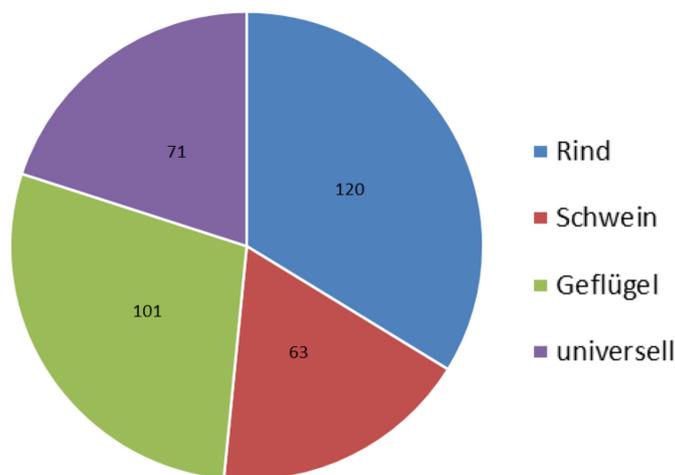


Abbildung 2: Anzahl an Sensoren in Abhängigkeit von der Tierart

Je nach Produktionsrichtung ist der Einsatz der verschiedenen Sensortechnologien unterschiedlich stark ausgeprägt (Abbildung 3). In der Rinderhaltung sind mit Abstand die meisten Sensorensysteme für die Verwendung in der Milchkuhhaltung am Markt erhältlich (siehe auch Tabelle 2). Weniger häufig werden Sensoren zur Überwachung und Kontrolle der Mast- und Aufzuchtleistung von Rindern genutzt, beispielsweise Systeme zur Bestimmung des Futterverbrauchs einschließlich Milchmenge und des Tiergewichts. Da zum Teil dieselben Technologien derselben Hersteller in unterschiedlichen Produktionsrichtungen eingesetzt werden können, sind hier Doppelnennungen vorhanden. Zudem führt ebenso der Einsatz derselben Technologie in Systemen unterschiedlicher Hersteller zu Doppelnennungen.

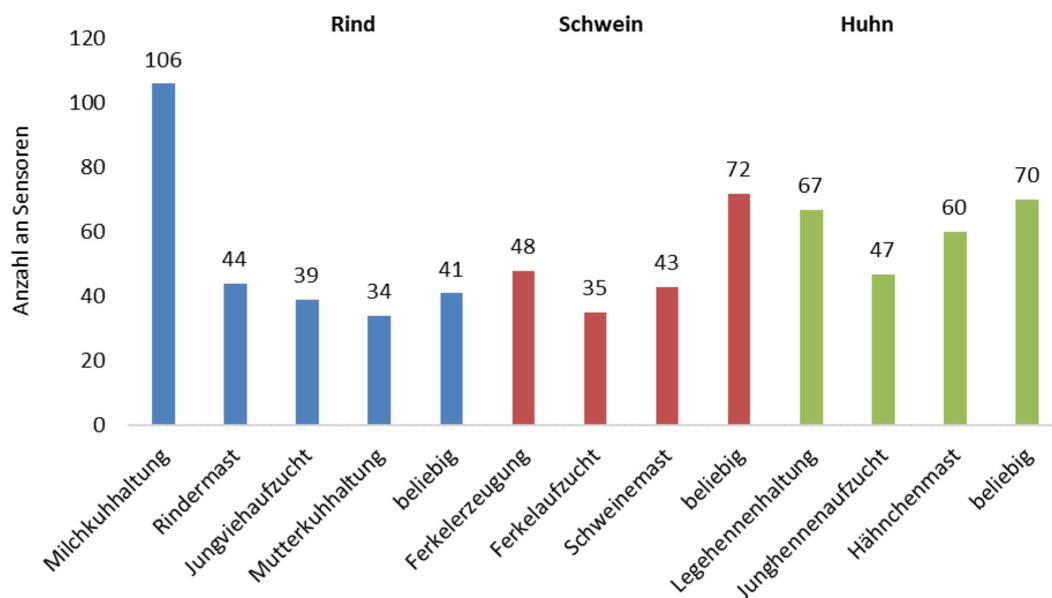


Abbildung 3: Anzahl an Sensoren für die unterschiedlichen Produktionsrichtungen in der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung

In der Schweinehaltung spielt die Ferkelerzeugung hinsichtlich des Einsatzes von Sensortechnologien die größte Rolle. Hier werden vor allem Systeme zur Messung des Futtermittelsverbrauchs und zur Erkennung von Brunstverhalten in der Praxis genutzt. (LEE et al. 2019, GAILLARD et al. 2020). In der Schweinemast sind eher Sensoren zur Einzeltiergewichtsmessung üblich.

Bei der Tierart Huhn werden die meisten digitalen Systeme in der Haltung von Legehennen verwendet; hier sind exemplarisch tierbezogene Systeme wie Eieranzahlerfassung, Eigewichtsmessung und Eierschalenrisserkennung zu nennen. In der Hähnchenmast sind wiederum Verfahren zur Bestimmung der tierindividuellen Lebendmasse von Bedeutung. Im Bereich der Geflügelzucht konnte lediglich eine tierbezogene Technologie ermittelt werden: Messung des Herzschlages beim Embryo im Ei. Die meisten Sensoren lassen sich in der Schweine- und Geflügelhaltung jedoch universell in allen Produktionsrichtungen einsetzen. Hierbei handelt es sich um Klima- und Umweltdaten sowie Anlagendaten.

Tierbezogene Daten

Tierbezogene Daten liefern vorrangig Informationen zur Produktionsleistung, zur Tiergesundheit und zum Verhalten eines Einzeltieres oder einer Tiergruppe und können somit Rückschluss auf die Haltung und das Management geben. Die einzelnen Technologien können verschiedenen Einsatzbereichen zugeordnet werden (Tabelle 2). Die Aktivitätsmessung, die Bestimmung der täglichen Wiederkauzeit, oder die Bestimmung diverser physiologischer Parameter wie der pH-Wert im Pansen oder die Körpertemperatur werden bereits erfolgreich in der Milchkuhhaltung eingesetzt (UMSTÄTTER et al. 2020). Teilweise eignen sich laut der Erkenntnisse unterschiedlicher wissenschaftlicher Studien und teilweise nach Angaben der Hersteller dieselben Systeme, z. B. Bestimmung der täglichen Wiederkauzeit, für die Erkennung mehrerer Aspekte wie z. B. die Entdeckung von Stoffwechselerkrankungen (DEVRIES et al. 2009), die Erkennung der Brunst (REITH und HOY 2012) oder die Vorhersage des Kalbetermins (PAHL et al. 2014).

Entwicklungen zum tierindividuellen Monitoring werden verstärkt seit den 1980er Jahren vorangetrieben. Auf die Entwicklung von elektronischen Transpondern zur Einzeltiererkennung folgten Sensoren für die Erkennung verschiedener Erkrankungen (Eutererkrankungen, Klauenerkrankungen und Stoffwechselstörungen) sowie für die Detektion des Brunstverhaltens. Einen detaillierten Überblick zur Historie des sensorgestützten Tiergesundheitsmanagements lieferten RUTTEN et al. (2013), die insgesamt 126 Studien ausgewertet haben.

Ebenso werden in Schweine- und Geflügelställen eine Reihe digitaler Systeme zur Überwachung der Tiere eingesetzt (MATTHEWS et al. 2016, SASSI et al. 2016). Gerade Verhaltensänderungen, die subklinischen und klinischen Anzeichen vorausgehen oder sie begleiten, können diagnostischen Wert haben. Dies umfasst – wie auch in der Rinderhaltung – insbesondere Abweichungen im Futter- und Wasseraufnahmeverhalten, im Ausscheidungsverhalten, im Sozialverhaltens sowie Veränderungen hinsichtlich der Fortbewegung und Körperhaltung.

Tabelle 2: Ausgewählte tierbezogene Parameter zur Überwachung von Tierleistungen und -gesundheit in der Milchkühhaltung

Einsatzbereich	Parameter	Technologie
Tieridentität	Tiernummer	RFID-Transponder
	Position	Ohrmarkentransponder Halsband mit Funksensor
Tiergesundheit	Aktivität	Pedometer (Schrittzahl) Respaktor (Hals/Kopf-Bewegungen) Videokamera
	pH-Wert	pH-Wert Sensor im Netzmagen
	Körpertemperatur	Ohrmarke mit Temperatursensor Temperatursensor im Netzmagen
	Fußdruck	Kraftmessplatte Drucksensormatte
Fütterung	Grundfutteraufnahme (Menge, Häufigkeit)	Wiegetrog
	Konzentratfutteraufnahme (Menge, Häufigkeit)	Abrufautomat, Wiegetrog
	Wiederkauzeit, Anzahl an Wiederkauschlägen	Halsband mit Akustiksensoren (Mikrofon) Halfter mit Drucksensor (flüssigkeitsgefüllter Schlauch im Nasenband)
	Wasseraufnahme (Menge, Häufigkeit)	Wiegetrog
	Körperkondition	Videokamera (3D-Videos)
	Lebendmasse	Waage, Teilwaage
Reproduktion	Aktivität	Pedometer (Schrittzahl) Respaktor (Hals/Kopf-Bewegungen) Videokamera (Aufsprünge) Ortungssysteme
	Wiederkauzeit	Halfter mit Drucksensoren Halsband mit Akustiksensoren (Mikrofon) Ohrmarke mit Beschleunigungssensor
	Futter-/Wasseraufnahme	Wiegetrog
	Liegezeit	Pedometer mit Lagesensoren Ultraschallsensoren
	Vokalisation	Halsband mit Akustiksensoren (Mikrofon)
Produkt	Milchmenge	verschiedene Messgeräte oder als Bestandteil des AMS ¹⁾
	Milchinhaltsstoffe (Eiweiß, Fett, Harnstoff, Laktose, Hormone)	verschiedene Messgeräte oder als Bestandteil des AMS
	Physikalische Messgrößen (z. B. Leitfähigkeit, Farbe, Temperatur)	verschiedene Messgeräte als Serienausstattung im AMS oder als Zusatzausstattung

¹⁾AMS: Automatisches Melksystem

Umwelt- und Klimadaten

Die Stallklimotechnik ist in modernen Tierhaltungssystemen elementarer Bestandteil der Stallanlage. Insbesondere in den zwangsbelüfteten Ställen der Schweine- und Geflügelhaltung hat das Stallklima einen direkten Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere und ist somit ein Indikator für das Leistungsniveau. Bei der Beurteilung des Stallklimas sind neben der Tierart, der Produktionsrichtung und der Leistung weitere verschiedene Aspekte wie das Alter, die Art des Haltungssystems sowie Dauer und Intensität der Einwirkung eines Stallklimafaktors zu berücksichtigen (MÖBIUS 2010). Durch die Überwachung der Daten in Echtzeit wird die Aufrechterhaltung optimaler Stallklimaverhältnisse gewährleistet - mit angepasstem Luftmassenaustausch und der Wärmeregulierung, unabhängig von der Witterung, den tierischen und technischen Emissionen. Digitale Regler liefern die exakten Werte, auf die der Landwirt oder die Anlage sofort reagieren kann. Im Wesentlichen wird das Stallklima von den Faktoren Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Schadgaskonzentrationen bestimmt (Tabelle 3). Ist beispielsweise die Luftfeuchtigkeit zu niedrig, hat dies negative Auswirkungen auf den Atmungsapparat der Tiere. Ist sie hingegen zu hoch, kondensiert Wasser im Stall, was die Bildung von Schimmelpilzen und Korrosion begünstigt und leidet die Wärmeabgabe der Tiere. Hinsichtlich der Schadgase spielt Ammoniak eine große Rolle. Schon geringe Konzentrationen wirken sich reizend auf die Schleimhäute der Atemwege sowie auf die Augenbindehaut aus. Ab 30 ppm Ammoniak in der Stallluft ist von gesundheits- und leistungsbeeinträchtigenden Wirkungen auszugehen (BACHMANN 2010). Die Emissionen lassen sich hier mittels spezifischer Gassensoren, die Strom generieren, der linear proportional zur Gaskonzentration ist, messen.

Tabelle 3: Ausgewählte Parameter zur Überwachung des Stallklimas

Einsatzbereich	Parameter	Technologie
Stallluft	Lufttemperatur	Thermometer
	Luftfeuchtigkeit	Hygrometer
	Luftgeschwindigkeit/Windrichtung	Anemometer
	Luftdruck	Barometer
Licht	Beleuchtungsstärke	Lux-Meter
Schadgase	Ammoniak	Spezifischer Gassensor
	Kohlenstoffdioxid	Infrarotsensor
	Kohlenstoffmonoxid	Infrarotsensor

Anlagendaten

Neben der Überwachung des Tieres und des Stallklimas überwachen Sensorsysteme lückenlos Maschinen und technische Anlagen (Tabelle 4). Die Projektergebnisse zeigen, dass vor allem im Bereich der Fütterung unterschiedliche Parameter kontinuierlich automatisch erfasst und ausgewertet werden. Die Sensoren können fest in der Anlage installiert sein; einige Sensorsysteme können ebenso nahtlos auf unterschiedlichen Maschinen (Ballenpressen, Mähdrescher, Feldhäcksler, Lade- und Futtermischwagen) genutzt werden, um die Qualität der Ernte zu kontrollieren. Auf diese Weise sind zum Beispiel „On-Farm“-Analysen von Futtermittelinhaltstoffen (z. B. ADF, NDF, Stärke, Asche, Rohfett, Feuchtigkeit) möglich. Wasseranalysen werden nicht nur zur Sicherstellung einer ausreichenden Wasseraufnahme und somit der Tiergesundheit durchgeführt, sondern ebenso zur Steuerung der

Reinigung von Fütterungsanlagen. Weiterhin ist in der Praxis die Erfassung des Wasserdrucks bzw. Volumenstroms in Rohrleitungen von Tränkesystemen mittels elektronischer Durchflussmesser essentiell. Sie findet Anwendung in der Tränkwassermedikation, Nahrungsergänzung oder Impfstoffverabreichung über das Tränkwasser.

Tabelle 4: Ausgewählte Parameter zur Überwachung technischer Anlagen

Einsatzbereich	Parameter	Technologie
Fütterung	Futtermverbrauch	Wiegezelle/Kippwaage
	Futterqualität	Nahinfrarotspektroskopie
	Füllzustand von Futterleitungen	Vollmelder/Näherungsschalter (Erfassung von Voll-/Leerzustand)
	Wasserverbrauch	Wasseruhr
	Wasserqualität	Digitalkamera mit Bildsensor/Biofilmsensor
	Wasserdruck	Durchflussmesser
Energieversorgung	Stromverbrauch	Stromzähler
Produkt	Milchtemperatur	Thermometer

Die Mehrheit der kommerziell erhältlichen Sensorsysteme können zur Erhebung von tierbezogenen Daten verwendet werden. Am zweit- und dritthäufigsten werden Klima-/Umweltdaten sowie Anlagendaten erfasst (Abbildung 4). Tierbezogene Daten werden mit einem Anteil von 58 % insbesondere in der Rinderhaltung erfasst. Bezüglich der Erhebung und Kontrolle von Klima- und Umweltdaten hingegen sind 49 % der Sensoren der Haltung von Geflügel zuzuordnen. Mit 54 % werden ebenso die meisten Sensordaten zur Überwachung von technischen Anlagen und Maschinen bei der Tierart Huhn herangezogen. Auffällig ist, dass die Erfassung von Klima- und Umweltdaten sowie Anlagendaten in der Rinderhaltung eine eher untergeordnete Rolle spielt.

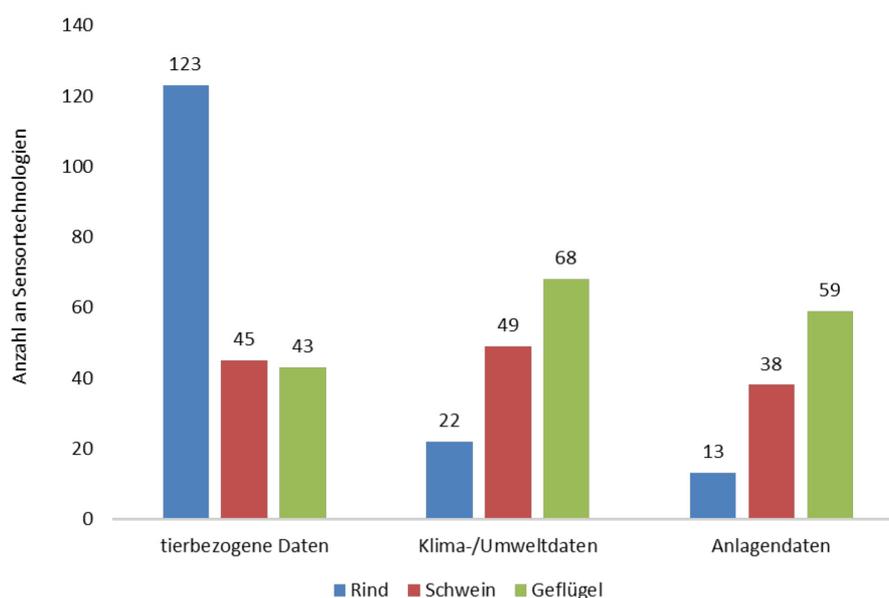


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Datenart nach Tierart

In der Rinderhaltung liegt der Fokus mit einer Anzahl von 91 Sensoren auf Daten, die sich auf das spezifische Einzeltier beziehen; 13 Sensoren zur automatisierten Datenerfassung konnten innerhalb einer spezifischen Tiergruppe in der Datenbank erfasst werden. Die anderen Produktionsrichtungen sind anteilig zwischen 15% und 20% an der Gesamtanzahl beteiligt. Jene Sensoren, welche für alle genannten Bereiche Verwendung finden können wurden der Kategorie „beliebig“ zugeordnet. Bei der Geflügelhaltung lassen sich die meisten Sensoren universell in allen Produktionsrichtungen einsetzen. Die Datenerhebung betrifft mit 121 Sensorsystemen am häufigsten spezifische Tiergruppen. Sensoren zur Aufzeichnung spezifischer Einzeltierdaten konnten nicht ermittelt werden (Abbildung 5).

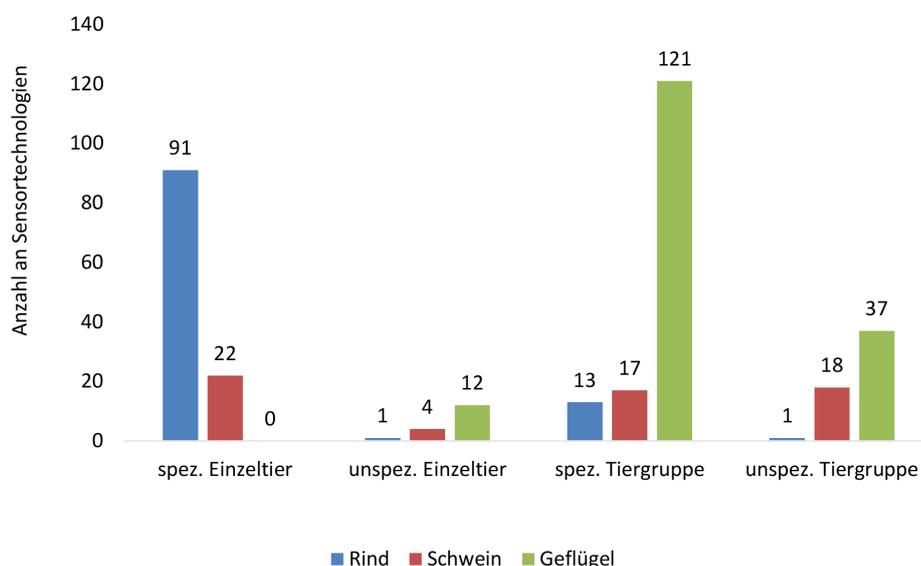


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Sensortechnologien nach Betreff der Datenerhebung in der Rinder- und Geflügelhaltung

Bei der Schweinehaltung lässt sich der Großteil der Sensoren (Klima- und Umweltdaten sowie Anlagendaten) universell in allen Produktionsrichtungen einsetzen. Die Datenerhebung bezieht sich mit 18 Sensortechnologien am häufigsten auf unspezifische Tiergruppen, wobei jedoch auch Sensoren zur Aufzeichnung spezifischer Einzeltierdaten ermittelt wurden (Abbildung 6).

GAILLARD et al. (2020) erläutern insbesondere die Möglichkeiten moderner Fütterungstechnologien und prädiktiver Modelle, die es erlauben, gruppenweise untergebrachte Tiere entsprechend ihren individuellen Bedürfnissen zu füttern, was die Effizienz der Gruppe verbessert. Für wachsende Schweine sind Präzisionsfütterungsstrategien eine vielversprechende Lösung, um die Nährstoffausscheidung zu reduzieren, indem die Nährstoffversorgung für jedes Individuum zu verschiedenen Zeitpunkten angepasst wird. Neuere Simulationen deuten darauf hin, dass Präzisionsfütterung auch für Sauen eine relevante Strategie sein könnte.

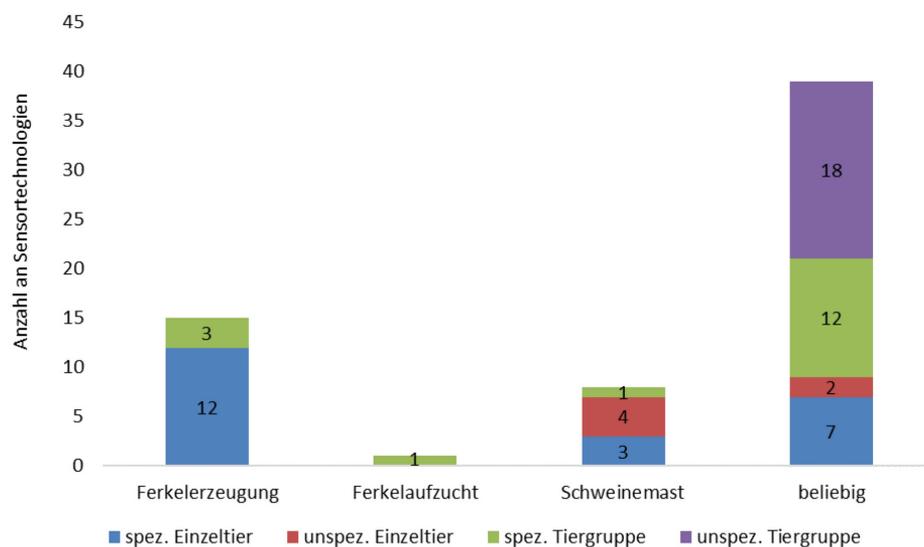


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Sensortechnologien nach Betreff der Datenerhebung in der Schweinehaltung

Generell leisten die Messeinrichtungen einen wichtigen Beitrag zu Tierwohl, Umweltschutz und Ökonomie (BANHAZI et al. 2012). Aus allen relevanten Daten können so smarte, intelligente und profitable Informationen gewonnen werden (BERCKMANS 2014, MONTEIRO et al. 2017).

Schlussfolgerungen

Der Nutzen der zu erarbeitenden Datenbank ist vielseitig. Er ermöglicht zunächst einen detaillierten Überblick über spezifische Sensorsysteme in der Nutztierhaltung, die miteinander verglichen werden können. Hiervon können beispielsweise Nutztierhalter profitieren, die ihren Anforderungen entsprechende Technologien suchen und integrieren möchten. Darüber hinaus lässt sich auch feststellen, in welchen Bereichen den Tierhaltern keine Systeme zur Verfügung stehen, sodass sich hieraus Forschungsbedarf für Forschungseinrichtungen oder die Wirtschaft ableiten lässt. Anzumerken ist, dass bei der Datenbank nur dann von einer Vollständigkeit ausgegangen werden kann, sofern sie kontinuierlich fortgeführt wird. Dies macht der stetige Fortschritt in der (Weiter)Entwicklung der unterschiedlichen Sensortechnologien in der Nutztierhaltung notwendig.

Literatur

- Bachmann, K. (2010): Erfassung und Bewertung stallklimarelevanter Parameter zur Beurteilung der Luftqualität in zwangsbelüfteten Tierproduktionsanlagen in der Schweinehaltung. In: Proceedings 5. Leipziger Tierärztekongress – Suppl. Workshops, 21. – 23.01.2010, Leipzig, Leipziger Universitätsverlag, S. 107-110, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-331687>
- Banhazi, T.M.; Lehr, H.; Black, J.L.; Crabtree, H.; Schofield, P.; Tschärke, M.; Berckmans, D. (2012): Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 5(3), pp. 1-9, <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.00>
- Berckmans, D. (2014): Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 33(1), pp. 189-196, <https://doi.org/10.20506/rst.33.1.2273>

- DeVries, T.J.; Beauchemin, K.A.; Dohme, F.; Schwartzkopf-Genswein, K.S. (2009): Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behavior. *Journal of Dairy Science* 92, pp. 5067–5078, <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2102>
- Gaillard, C.; Brossard, L.; Dourmad, J.-Y. (2020): Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. *Animal Feed Science and Technology* 268, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114611>
- Kamphuis, C.; Steeneveld, W. (2016): *Precision Dairy Farming 2016*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers, <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-829-2>
- Lee, J.H.; Lee, d.H.; Yun, W.; Oh, H.J.; An, J.S.; Kim, Y.G.; Kim, G.M.; Cho, J.H. (2019): Quantifiable and feasible estrus detection using the ultrasonic sensor array and digital infrared thermography. *Journal of Animal Science and Technology* 61(3), pp. 163–169, <https://dx.doi.org/10.5187%2Fjast.2019.61.3.163>
- Matthews, S.G.; Miller, A.L.; Clapp, J.; Thomas Plötz, T.; Kyriazakis, I. (2016): Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *The Veterinary Journal* 217, Pp. 43–51, <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.09.005>
- Möbius, G. (2010): Stallklima und dessen Überprüfung in der Nutztierhaltung. In: *Proceedings 5. Leipziger Tierärztekongress – Suppl. Workshops*, 21. – 23.01.2010, Leipzig, Leipziger Universitätsverlag, S. 111–115, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-331687>
- Monteiro, A.R.; Garcia-Launay, F.; Brossard, L.; Wilfart, A.; Dourmad, J. (2017): Effect of precision feeding on environmental impact of fattening pig production. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01591143/document>, Zugriff am 31.07.2020
- Pahl, C.; Hartung, E.; Grothmann, A.; Mahlkow-Nerge, K.; Häussermann, A. (2014): Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy* 97 (11), pp. 6935–6941, <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8194>
- Pollmann, B. (2017): *Digitale Landwirtschaft: IT für Acker und Stall*. <https://biooekonomie.de/digitale-landwirtschaft-it-fuer-acker-und-stall>, Zugriff am 31.07.2020
- Reith, S.; Hoy, S. (2012): Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95 (11), pp. 6416–6420, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5316>
- Reith, S.; Hoy, S. (2017): Review: Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle. *Animal* 15, pp. 1–10, <https://doi.org/10.1017/S1751731117001975>
- 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>
- Sassi, N.B.; Averós, X.; Estevez, I. (2016): Technology and Poultry Welfare. *Animals* 6, pp. 1–21, <https://doi.org/10.3390/ani6100062>
- Umstätter, C.; Martini, D.; Adrion, F. (2020): Opinion Paper: Digitales Tiermonitoring – Was bringt die Zukunft? *Landtechnik* 75 (1), S. 14–23, <https://doi.org/10.1515/lt.2020.3227>
- Van Hertem, T.; Rooijackers, L.; Berckmans, D.; Peña Fernández, A.; Norton, T.; Berckmans, D.; Vranken, E. (2017): Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance. *Computers and Electronics in Agriculture* 138, pp. 1–10, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.003>
- Zhang, S.; Wang, J.; Dong, D.; Zheng, W.; Zhao, X. (2012): A Review of Contact Sensors Used for Monitoring Malodorous Gas in Animal Facilities. *Advanced Materials Research* 629, pp. 655–661, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.629.655>

Autoren

Dr. Stefanie Reith ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team „Tierhaltung, Standortentwicklung und Immissionschutz“ beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, Deutschland. E-Mail: s.reith@ktbl.de

M. Sc. Philipp Hölscher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnologie beim Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Deutschland.