

Handlungskonzept zur Digitalisierung in der Landwirtschaft im Land Bremen

Handlungskonzept, Stand 08.05.2023

Freie Hansestadt Bremen

Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (SUKW)

Referat 35 - Regionale und ökologische Landwirtschaft

Bearbeitung: Lena Förster (Master of Science in Agrarwissenschaften)

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	2
2.	Tabellenverzeichnis	5
3.	Einleitung	6
4.	Hintergrund und Vorgehen	7
4.1.	Abstimmung und Beteiligung:.....	7
5.	Ausgangssituation.....	8
5.1.	Landwirtschaft in Bremen.....	8
5.2.	Anteil konventionell und ökologisch bewirtschafteter landwirtschaftlicher Fläche	8
5.3.	Nutztierhaltung im Land Bremen	8
5.4.	Gartenbau im Land Bremen	10
6.	Maßnahmen.....	11
6.1.	Onlinehandel.....	11
6.1.1.	Onlineversand.....	11
6.1.2.	Online-Handelsplattform	11
6.2.	Farm Management Information System	11
6.3.	Herdenmanagementprogramm	12
6.4.	Datenaustauschplattform	12
6.5.	Deutscher Wetterdienst.....	13
6.5.1.	Agrarmeteorologische Gefahrenhinweise (DWD).....	13
6.5.2.	Informationen zur aktuellen Situation	13
6.5.3.	Bodenfeuchteviewer	14
6.5.4.	Agrarklimatische Statistiken	14
6.5.5.	Agrarmeteorologische Berichte	15
6.6.	GeoBox.....	16
6.7.	Rinderhaltung	17
6.7.1.	Vernetzung	17
6.7.2.	Autonome Fütterung	17
6.7.2.1.	Autonome Ernte und Fütterung von frischem Gras.....	17

6.7.3. Melktechnik.....	18
6.7.3.1. Automatische Melksysteme.....	18
6.7.4. Tierüberwachung.....	18
6.7.4.1. Tracking/Lokalisierung im Kuhstall.....	18
6.7.4.2. Sensorsystem.....	19
6.7.4.3. Kamerasystem.....	19
6.7.4.4. Kälber.....	19
6.7.5. Weidetechnik.....	20
6.7.5.1. Selektionsboxen.....	20
6.7.5.2. Virtuell fencing.....	20
6.7.6. Stalleinrichtung.....	21
6.7.6.1. Laufflächenreinigung.....	21
6.8. Düngung.....	21
6.8.1. Düngung organisch.....	21
6.8.2. Düngung mineralisch.....	22
6.9. Teilflächenspezifische Bodenprobenahme.....	23
6.10. Ertragserfassung im Grünland.....	23
6.10.1. Sensorgestützte Ertragsermittlung.....	24
6.10.2. Satellitengestützte Ertragsschätzung.....	25
6.11. Pflanzenschutz.....	25
6.11.1. Pflanzenschutz mechanisch.....	25
6.11.1.1. GPS-, Kamera oder Sensorgeführte mechanische Unkrautkontrolle.....	25
6.11.1.2. Autonome Feldroboter für die mechanische Unkrautkontrolle.....	26
6.11.2. Pflanzenschutz chemisch.....	26
6.11.2.1. Nutzung von Prognosemodellen.....	26
6.11.2.2. Automatische Teilbreitenschaltung oder Einzeldüsenschaltung/ Section Control.....	27
6.11.2.3. Spot-Spraying.....	27
6.12. Autonome Feldroboter/Traktoren.....	27
6.12.1. Autonome Lenksysteme.....	28
6.12.2. Autonome Roboter.....	28

6.12.2.1. Rechtliche Zulassung	28
7. Aktueller Stand der Digitalisierung in der bremischen Landwirtschaft.....	29
7.1. Digitalisierung in der Milchviehhaltung	29
7.2. Digitalisierung im Projekt Pflanzenschutzreduktionsstrategie-Demonstrationsbetriebe im Ackerbau	29
8. Bewertung.....	31
9. Maßnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf	35
9.1. GeoBox.....	35
9.2. Deutscher Wetterdienst.....	35
9.3. Intelligenter Herdenschutz (Universität Bremen)	35
9.4. Milchviehhaltung und Grünland.....	36
9.4.1. Digitaler Futterbau - Weiterentwicklung, Erprobung und Demonstration zur automatisierten und digitalen Ertragsfassung im Grünland.....	36
9.4.1.1. Hintergrund	36
9.4.1.2. Wissenslücke und Zielsetzung	37
9.4.1.3. Vorarbeiten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.....	38
9.4.1.4. Vorhabensbeschreibung des Modell-Projektes.....	38
9.4.1.5. Zeitplan	40
9.4.1.6. Kostenschätzung und Projektlaufzeit.....	41
9.4.2. Digitale Weide - Demonstrieren und Testen der Praxistauglichkeit von digitalen Monitoring-Tools für weidende Rinderherden in Bremen	42
9.4.2.1. Hintergrund	42
9.4.2.2. Zielsetzung des digitalen Weidemonitorings.....	42
9.4.2.3. Vorhabensbeschreibung des Modell-Projektes.....	43
9.4.2.4. Zeitplan	44
9.4.2.5. Kostenschätzung und Projektlaufzeit.....	45
10. Literaturverzeichnis.....	46

2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anteil der Kulturen an der landwirtschaftlichen Fläche im Land Bremen im Jahr 2020	8
Tabelle 3:	Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung	32
Tabelle 4:	Hersteller und verwendete Produkte	39
Tabelle 5:	Gantt-Chart zur Beschreibung des geplanten Projektablaufs	40
Tabelle 6:	Mögliche Produkte zum Testen im Projekt	44
Tabelle 7:	Gantt-Chart zur vorläufigen Beschreibung des geplanten Projektablaufs	44

3. Einleitung

Der Begriff Digitalisierung hat zwei Bedeutungen. Zum einen wird darunter die Überführung von Informationen von einer analogen in eine digitale Speicherung verstanden, andererseits beschreibt er die Automation von Prozessen und Geschäftsmodellen durch das Vernetzen von digitaler Technik, Informationen und Menschen [4]. In der Landwirtschaft spielen beide Bedeutungen eine wichtige Rolle. Bisher meist analog vorliegende Daten für die Dokumentation von Betriebsabläufen werden immer öfter digital erfasst und auch Kartenmaterial liegt mittlerweile meist digital vor. Auch administrative Vorgänge wie der Antrag auf Agrarförderung werden online gestellt. Besonders Routinearbeiten wie Melken, Füttern und die Stallreinigung werden ebenfalls vermehrt von Maschinen übernommen. An der Vernetzung der Maschinen wird gearbeitet.

Die Digitalisierung hat das Potenzial zum Ressourcenschutz beizutragen indem Betriebsmittel effizienter eingesetzt werden. Düngemittel können bedarfsgerechter ausgebracht werden, Pflanzenschutzmittel werden reduziert und durch bessere Tierüberwachung wird die Tiergesundheit gefördert, weil Probleme schneller erkannt werden. Gleichzeitig werden Arbeiten erleichtert, Arbeitszeit kann verringert werden und Abläufe werden effizienter. Das trägt dazu bei, den Beruf Landwirt:in für kommende Generationen attraktiver zu gestalten. Immer häufiger ist die Hofnachfolge nicht geklärt, weil der gut ausgebildete Nachwuchs abseits vom Hof besser bezahlte Alternativen mit weniger Arbeitszeitbelastung findet. Weiterhin wird es immer schwieriger für die Betriebe qualifizierte Arbeitskräfte zu finden. Die Digitalisierung kann hier helfen, indem Arbeiten von Robotern übernommen werden, Arbeitsabläufe mit Farm Management Systemen effizienter gestaltet werden und Informationen mit Lohnunternehmer:innen, Tierärzt:innen und Berater:innen leichter geteilt werden können.

Die Digitalisierung der Landwirtschaft ist international ein Feld in dem nicht nur von Forschungsinstituten intensiv geforscht wird, auch in der Industrie werden immer neue Möglichkeiten entwickelt. Dadurch gibt es Systeme und Maschinen, die in der Praxis bereits etabliert sind, andere sind noch in der Entwicklung. Es lässt sich absehen, dass das Thema in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird. Daher ist es wichtig, den Themenbereich der Digitalisierung für die bremische Landwirtschaft aufzuarbeiten und die Möglichkeiten für die Landwirtschaft herauszustellen.

4. Hintergrund und Vorgehen

Im Land Bremen werden ca. 8.950 ha landwirtschaftlicher Fläche (LF) bewirtschaftet. Diese hat einen hohen Grünlandanteil von ca. 87 % der LF, ca. 33% werden ökologisch bewirtschaftet. Dies wird in Abschnitt 5.1 auf Grundlage der Daten aus dem niedersächsischen und bremischen Programm ANDI 2020, ein Förderprogramm zur flächenbezogenen Agrarförderung, genauer beschrieben. Diese Daten geben die in Bremen liegende bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen an, Landschaftselemente und Gräben sind in den Daten nicht enthalten.

80 % der LF liegen in Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten mit gebietsspezifischen Schutzgebietsauflagen. In diesen gibt es zusätzlich Flora-Fauna-Habitate (FFH-Gebiete), die meist kleiner sind als das eigentliche Schutzgebiet, sich teilweise aber auch über mehrere Schutzgebiete erstrecken. Zusätzlich gibt es Pachtauflagen für die von der Stadtgemeinde Bremen verpachteten Flächen, von denen einige Kompensationsflächen sind. Die Schutzgebietsauflagen beeinflussen den Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erheblich. So wurde im Handlungskonzept zur Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf landwirtschaftlichen Flächen im Land Bremen (07.01.2022) herausgearbeitet, dass im Land Bremen auf 60 % (5.345 ha) der landwirtschaftlichen Fläche ein Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) nicht zulässig ist. Auf 40 % (2.220 ha) der Fläche können PSM eingesetzt werden, wovon 33 % auf Grünland entfallen und 7 % (665) auf Ackerland.

Im Folgenden werden die in Bremen angebauten landwirtschaftlichen Kulturen dargestellt und der Anteil an ökologisch und konventionell bewirtschafteter Fläche aufgezeigt. Dieses bildet die Basis, um die Möglichkeiten der digitalen Techniken für die Bremer Landwirtschaft abzuleiten (vgl. Kap. 7).

In Kapitel 6 werden die verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung aufgezeigt und bewertet. In Kapitel 7 wird auf den Stand der Digitalisierung in Bremen eingegangen. Anschließend wird eine Bewertung der Maßnahmen vorgenommen, woraus sich Maßnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf ergeben.

4.1. Abstimmung und Beteiligung:

Das Handlungskonzept wurde mit dem Bremischen Landwirtschaftsverband und der Landwirtschaftskammer Bremen abgestimmt.

Anschließend wird das Handlungskonzept zu den Möglichkeiten der Digitalisierung in der Landwirtschaft im Land Bremen der staatlichen Deputation für Klima, Umwelt und Landwirtschaft zur Zustimmung vorgelegt.

5. Ausgangssituation

5.1. Landwirtschaft in Bremen

In Bremen werden 8.950 ha LF bewirtschaftet. Der Großteil davon ist Dauergrünland mit rund (rd.) 7820 ha, Ackerland macht nur rd. 1.130 ha aus. Davon sind rd. 100 ha Ackerfutterbau, 490 ha Getreide, 350 ha Mais, 90 ha Raps und 50 ha Eiweißpflanzen. Damit nimmt Grünland 87,4 % der Anbaufläche ein, Getreide 5,5 % und Mais 3,9 %. Weitere Kulturen werden nur auf einem geringen Teil der Anbaufläche angebaut (Tabelle 1).

Tabelle 1: Anteil der Kulturen an der landwirtschaftlichen Fläche im Land Bremen im Jahr 2020

Kultur	Anbaufläche gerundet in ha
Ackerfutter	105
Andere Handelsgewächse	10
Dauergrünland	7.820
Dauerkulturen	6
Eiweißpflanzen	50
Gemüse	0,5
Getreide	485
Hackfrüchte	0,14
Mais	350
Ölsaaten	90
Sonstige Flächen	7
Stilllegung	24
Zierpflanzen	4
Gesamtergebnis	8.950

5.2. Anteil konventionell und ökologisch bewirtschafteter landwirtschaftlicher Fläche

Im Jahr 2023 waren in Bremen 36 landwirtschaftliche Betriebe im Öko-Kontrollverfahren angemeldet. Die Bremer Ökobetriebe bewirtschaften insgesamt 2.900 ha, das entspricht ca. 33 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche in Bremen.

5.3. Nutztierhaltung im Land Bremen

Im Land Bremen sind keine gewerblichen landwirtschaftlichen Betriebe mit Tierhaltung vorhanden. Um eine landwirtschaftliche Tierhaltung handelt es sich gemäß Baugesetzbuch, wenn dem Betrieb ausreichende wirtschaftliche Nutzfläche zur Verfügung steht, um den

überwiegenden Futterbedarf der Tiere zu decken. Ist das nicht der Fall, handelt es sich um gewerbliche landwirtschaftliche Betriebe. Aufgrund des hohen Grünlandanteils (ca. 87 % der landwirtschaftlichen Fläche) haben in Bremen neben der Milcherzeugung die Mutterkuhhaltung, die Rindermast und die Aufzucht weiblicher Nachzucht eine Bedeutung.

Die im Folgenden aufgeführten Nutztierbestände im Land Bremen basieren auf der Grundlage des Sammelantrags für Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen im Antragsjahr 2022.

Der Rinderbestand umfasst insgesamt 8.796 Tiere auf 75 Betrieben. Insgesamt werden von 32 Betrieben 3.020 Milchkühe gehalten. Die durchschnittliche Herdengröße liegt bei 94 Milchkühen pro Betrieb. Die 32 Milchviehbetriebe werden im Haupterwerb geführt, dies ist auf den hohen arbeitswirtschaftlichen Aufwand der Milchviehhaltung zurückzuführen. Sieben Milchviehbetriebe werden nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet., die durchschnittliche Herdengröße liegt bei den Ökolandbaubetrieben bei 81 Milchkühen. Die Milchviehhaltung spielt bei den Betrieben in der Regel die entscheidende Rolle der Einkommenssicherung.

Neben der Milcherzeugung hat die Rindermast und die Aufzucht der weiblichen Nachzucht in den Betrieben eine Bedeutung. In Bremen wirtschaften 24 Mutterkuhhalter mit insgesamt 1.750 Rindern, davon sind 558 Mutterkühe. Das entspricht einem durchschnittlichen Mutterkuhbestand von 23 Mutterkühen pro Betrieb. Jeweils 50 % der Mutterkuhbetriebe werden im Haupt- und Nebenerwerb geführt. Ca. 40 % der Mutterkuhbetriebe werden nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet.

54 Betriebe halten insgesamt 983 Zucht-, Reit- und Pensionspferde, 40 % der Betriebe werden im Haupterwerb geführt. Schaf-, Schweine- und Geflügelhaltung haben im Land Bremen kaum eine Bedeutung. Sechs Betriebe halten insgesamt 137 Mutterschafe im Land Bremen. In Bremen werden insgesamt 200 Schweine auf sechs Betrieben gehalten. Der Geflügelbestand, im Wesentlichen Legehennenhaltung, umfasst insgesamt 6.200 Tiere in 14 Betrieben.

Entsprechend des Rückgangs der landwirtschaftlichen Betriebe hat sich auch die Anzahl der rinderhaltenden Betriebe zwischen 2010 und 2020 in Bremen verringert. Insgesamt hat sich in den letzten fast 20 Jahren der Bestand an Rindern in Bremen um 22 % bzw. um 2.486 Tiere verringert. Es werden im Durchschnitt jedoch mehr Tiere pro Betrieb gehalten. So wurden in Bremen im Jahr 2016 von den 55 milchviehhaltenden Betrieben im Durchschnitt 65 Milchkühe und im Jahr 2022 von 32 Betrieben im Durchschnitt 94 Milchkühe gehalten.

Aufgrund der Abnahme der Betriebe mit Milchviehhaltung und der steigenden Anzahl der Milchkühe pro Betrieb sowie der Abnahme der Rinderbestände insgesamt, ist die Weidehaltung insbesondere von Milchkühen in den letzten zehn Jahren zurückgegangen. In den letzten Jahren haben weitere Betriebe die Milchviehhaltung aufgegeben und ihre Betriebe

zum Teil auf Mutterkuhhaltung umgestellt. Die Mutterkuhhaltung wird in Bremen in Weidehaltung betrieben. Um die Weidehaltung im Land Bremen weiterhin zu erhalten und zu entwickeln, ist im Jahr 2021 erstmals die Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für die Weidehaltung von Rindern im Land Bremen (RL Weideprämie) veröffentlicht worden. Das Ziel der Förderung ist es, besonders tiergerechte Haltungsverfahren im Hinblick auf eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion einzuführen bzw. beizubehalten, die natürlichen Produktionsgrundlagen zu sichern, Tierschutz in der Nutztierhaltung und die Verbesserung der Biodiversität und des Insektenschutzes. [6].

5.4. Gartenbau im Land Bremen

In Bremen gibt es 65 Garten- und Landschaftsbaubetriebe davon 22 Zierpflanzenanbau, 18 Friedhofsgärtnereien, eine Baumschule und zwei Gemüsebaubetriebe. An Fläche werden 62 ha bewirtschaftet, 15 ha davon sind Gewächshausfläche. Im Freiland werden Zierpflanzen, Ziergehölze, Gemüse, Erdbeeren, Strauchbeerenobst und Baumobst angebaut. Da 90 % der Betriebe gewerblich sind und nur 10 % landwirtschaftlich, steht der Gartenbau nicht im Fokus dieses Handlungskonzeptes

6. Maßnahmen

Im Kapitel 6 werden die einzelnen Maßnahmen beschrieben und eine Bewertung hinsichtlich des Ressourcenschutzes und der Vorteile, die diese Maßnahmen für den landwirtschaftlichen Betrieb darstellen, beschrieben.

Da sich die technischen Entwicklungen in den Themenfeldern der Digitalisierung sehr dynamisch verändern, kann an dieser Stelle die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen nicht hinreichend bewertet werden. Es ist jedoch bei jeder der beschriebenen Maßnahmen zu beachten, dass die Wirtschaftlichkeit für die Betrieben gegeben sein muss.

6.1. Onlinehandel

Der Umsatz im Onlineangebot ist bisher noch gering und es werden laut Schätzungen des Beratungsunternehmens McKinsey im europäischen Agrarhandel 150 bis 200 Millionen von insgesamt 148 Milliarden Euro umgesetzt. Prognosen sagen, dass dieser Anteil in Zukunft stark ansteigen wird. Bekannte standardisierte Produkte wie Werkzeuge werden eher online eingekauft als beratungsintensive Produkte wie Futtermittel oder Pflanzenschutzmittel [35].

6.1.1. Onlineversand

Auch in der Landwirtschaft sind Online-Bestellmöglichkeiten mit zunehmender Produktpalette gängig und bieten den Vorteil der Preistransparenz. [18]. Bisher ist noch der Handel vor Ort der Standard, doch sowohl Startups als auch etablierte Handelsunternehmen und Genossenschaften setzen zunehmend auf den Onlinehandel [35]

6.1.2. Online-Handelsplattform

Neben digitalen Angeboten der großen Landhändler bieten auch Start-ups digitale Bestell- und mittlerweile auch Online-Handelsplattformen für Landwirte. Durch diese werden neue Vertriebswege für Ernteprodukte eröffnet [18].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Neue Vertriebswege für die eigenen Ernteprodukte und neue Bezugsmöglichkeiten für Betriebsmittel führen zu mehr Unabhängigkeit von den bisherigen Händlern, für die regionale Landwirtschaft sind Händler vor Ort allerdings weiterhin wichtig, um eine Beratung vor Ort zu gewährleisten.

6.2. Farm Management Information System

Farm Management Systeme werden von mehreren Anbietern angeboten, die alle etwas andere Funktionen anbieten. Eine Dokumentation der Stammdaten des Betriebs und eine

Ackerschlagkartei als Grundlage sind Standard. Andere Funktionen sind je nach Programm eine Pflanzenschutzmittelprüfung, Erstellung von Applikationskarten, Lohnunternehmenssoftware, ein digitales Belegmanagement, Abbildung eines Warenwirtschaftssystems, Zugriff auf alle betrieblichen Unterlagen inklusive Volltextsuche und Verschlagwortung mit Freigabe- und Zugriffsmöglichkeit für externe Stellen, eine Marktpreisdarstellung, Dokumentationsmöglichkeit der Maßnahmen in Acker und Grünland, smartphonebasiertes Flottenmanagement über GPS-Tracking, Wiesenschnittmanagement, Herbizidmaßnahme als Teilflächenbuchung, Tierkennzahlen nach Haltungsform und Leistung und vieles mehr [44].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Durch den Einsatz von Farm Management Systemen entsteht eine bessere Betriebsübersicht und durch Auswertungsfunktionen können betriebswirtschaftliche Schlüsse gezogen werden. Zudem gibt es eine gesamtbetriebliche Zeitersparnis [44].

6.3. Herdenmanagementprogramm

Ein Herdenmanagementprogramm ist ein System zur Sammlung und Auswertung von Daten landwirtschaftlicher Nutztiere. Damit lassen sich Maßnahmen planen, aufzeichnen und dokumentieren.

Es werden mittlerweile im Stall durch Sensoren am oder im Tier, Kameraüberwachung am Melkstand/automatischem Melksystem eine Vielzahl von Daten erhoben. Diese können in einem Herdenmanagementprogramm zusammengeführt und ausgewertet werden. Idealerweise sollten auch Ergebnisse aus der Milchkontrolle und Protokolle der Klauenpfleger:in und der Tierärzt:in integriert werden können. [37]

Ressourcenschutz/Vorteile:

Durch die Zusammenführung der Daten können Probleme im Stall eher erkannt werden, es gibt eine bessere Übersicht über die Tiergesundheit und die Dokumentation wird erleichtert.

6.4. Datenaustauschplattform

Für den Austausch von Daten zwischen Landwirt:innen, Lohnunternehmer:innen, Berater:innen, und zwischen Maschinen- und Agrarsoftwareanwendungen unterschiedlicher Hersteller gibt es Datenaustauschplattformen. Diese werden von unterschiedlichen Anbietern angeboten, teilweise haben sich auch mehrere Hersteller für eine Plattform zusammengeschlossen (z. B. (<https://my-agrirouter.com/>)).

Ressourcenschutz/Vorteile:

Der Informationsaustausch wird erleichtert. Es ist insbesondere wichtig, dass der Austausch Herstellerübergreifend funktioniert.

6.5. Deutscher Wetterdienst

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) unterstützt die Land- und Forstwirtschaft mit agrarmeteorologischen Informationen. [31]. Dazu gehören die folgenden Punkte:

6.5.1. Agrarmeteorologische Gefahrenhinweise (DWD)

Unter dem Punkt Agrarmeteorologische Gefahrenhinweise bietet der DWD Informationen zu

- Waldbrandgefahrenindex: Index des meteorologischen Potentials für die Gefährdung durch Waldbrand
- Graslandfeuerindex: Index für die Feuergefährdung von offenem Gelände
- Hitzestress bei Geflügel: Kennzahl für die Wärmebelastung bei Geflügel
- Clomazonehaltige Pflanzenschutzmittel: Bedingungen zur Anwendung clomazonehaltiger Pflanzenschutzmittel
- Bedingungen nach NH681-3 und NW681: Bedingungen zur Ausbringung von gebeiztem Saatgut und granulierten Pflanzenschutzmitteln
- Wetterbedingte Verluste bei Beregnung: Meteorologisches Potential für Verdunstungsverluste bei der Beregnung
- Bodenfrost: Bedingung zur Düngeaufbringung [31]

6.5.2. Informationen zur aktuellen Situation

Auch zur aktuellen Situation werden folgende Informationen zur Verfügung gestellt:

- Bodenfeuchte (Stationsgrafik): 10-tägiger Rückblick des Wetters und der Bodenfeuchte in der Schicht 0 bis 60 cm unter Gras
- Bodenfeuchte (Deutschlandkarte): Aktuelle Bodenfeuchtesituation in Deutschland in der Schicht 0 - 60 cm unter Gras bei lehmigen Sand (leichter Boden) oder sandigem Lehm (schwerer Boden)
- Bodentemperatur (Stationsgrafik): 10-tägiger Rückblick des Wetters und der Bodentemperatur in der Schicht 0 bis 100 cm unter unbewachsenem Boden
- Bodentemperatur in 5 cm (Deutschlandkarte): Aktuelle Bodentemperatur (Tagesmittel) in Deutschland in 5 cm Tiefe
- Niederschlag (7-Tage-Rückblick): Niederschlagssummen der letzten 7 Tage
- Verdunstung: Darstellung der berechneten Verdunstung von Gras über sandigem Lehm
- Teaser für klimatische Wasserbilanz (Quelle Deutscher Wetterdienst)

- Klimatische Wasserbilanz (Jahreszeiten): Jahreszeitliche Darstellung der klimatischen Wasserbilanz [31]

6.5.3. Bodenfeuchteviewer

Neben einer interaktiven Bodenfeuchteanwendung werden weitere unterschiedliche Produkte zur Bodenfeuchte sowie Wasserhaushaltsgrößen zur Verfügung gestellt

- Bodenfeuchteanalyse
- Interaktive Karten und Profile
- Bodenwasseranalyse
- Niederschlagsanalyse
- Zeitreihen der Bodenfeuchte
- Klimatische Wasserbilanz
- Bodenfeuchtebericht

Weiterhin werden vom Deutschen Wetterdienst und dem Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) weitere Informationen zu Dürre und Bodenfeuchte zur Verfügung gestellt

- Klimakarten zu Dürreindex und Bodenfeuchte für Europa
- Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN)
- WZN Veröffentlichungen zu Hochwasser und Dürren
- Veröffentlichungen über Dürre [31]

6.5.4. Agrarklimatische Statistiken

Unter der Überschrift Agrarklimatische Statistiken sind Informationen zu folgenden Themen zu finden

- 7-Tage-Rückblick (Stationsgrafik): Statistischer Wochenrückblick von verschiedenen agrarmeteorologischen Elementen
- Monatsrückblick (Deutschlandkarte): Statistischer Monatsrückblick von verschiedenen agrarmeteorologischen Elementen
- Dürremonitoring: Standardisierter Niederschlagsindex (SPI) Teaserbild (Quelle Deutscher Wetterdienst)
- Standardisierter Niederschlagsindex (SPI): Der Standardisierte Niederschlagsindex (Standardized Precipitation Index, SPI) ist einer der gebräuchlichsten klimatologischen Niederschlagsindizes zur Identifikation von Niederschlagsüberschüssen und -defiziten (Dürren).

- Standardisierter Temperaturindex (STI): Der Standardisierte Temperaturindex (Standardized Temperature Index, STI) beschreibt die Temperaturanomalie eines Monats als Vielfaches der Standardabweichung vom langjährigen Mittelwert des Zeitraums 1961 bis 1990.
- Informationen zum Projekt „Agrarrelevante Extremwetterlagen“ [31]

6.5.5. Agrarmeteorologische Berichte

Unter diesem Punkt sind Agrarmeteorologische Berichte ab 2019 zu finden. Berichte ab 2003 sind auf Anfrage verfügbar [31]

6.6. GeoBox

Mit der GeoBox werden Geodaten aus unterschiedlichen Quellen wie Länder und Regionen übergreifend gebündelt und bereitgestellt.

1. Zeitkritische Daten in Echtzeit z. B. Wetterdaten, Schädlingsprognosen
2. Geobasisdaten, Karten zu Bodenbeschaffenheit, Gewässern, Erosionsgefährdung, Schutzgebieten, Abstandsauflagen
3. Wissensboxen die Informationen zu pflanzenbaulichen Themen enthalten

Der GeoBox Feldatlas kann in die Hofinfrastruktur integriert werden, wobei der Betreiber dabei die Hoheit über die Daten behält (z.B. über die Ackerschlagkartei). Über den Standortpass bekommt er die angeforderten Informationen flächenspezifisch übermittelt. Diese lassen sich dann auch offline nutzen. Für alle Fragen, die für die Bewirtschaftung seiner Flächen relevant sind, kann der Betrieb Informationen beziehen und diese georeferenziert mit den Bewirtschaftungsdaten z. B. dem Feldpass verschneiden.

Mit der GeoBox Infrastruktur bekommen Landwirt:innen digitale Informationen, um ihren Betrieb nachhaltig zu bewirtschaften. Es werden regionale Wetterdaten und Vorhersagen, Fragen zu Krankheiten und Schädlingsbefall und geeigneten Maßnahmen mit der GeoBox Infrastruktur für ihren Betrieb zur Verfügung gestellt.

Über den GeoBox Messenger können sich verschiedene Interessensgruppen einfach zusammenschließen und untereinander zu verschiedensten Fachthemen kommunizieren.

Der GeoBox-Viewer erlaubt die Betrachtung von georeferenzierten Daten für die Landwirtschaft in der gesamten räumlichen Ausdehnung. Ziel ist es, Informationen nicht nur abzubilden, sondern durch einfache Interaktionen Zusammenhänge deutlich zu machen. Für die landwirtschaftliche Produktion interessante Informationen können so anschaulich und informativ abgebildet und in Beziehung zueinander gesetzt werden [12].

Die GeoBox wurde als Projekt vom Land Rheinland-Pfalz gestartet. Mittlerweile sind außerdem die Länder Brandenburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein an der GeoBox beteiligt [29]. Für Bremen ist eine Beteiligung an der GeoBox nur interessant, wenn Niedersachsen sich ebenfalls daran beteiligt, denn es gibt zahlreiche Betriebe, die länderübergreifend Flächen in Bremen und Niedersachsen bewirtschaften.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Wichtige Informationen sind auf einer Internetseite zu finden und ein Wissensaustausch wird erleichtert.

6.7. Rinderhaltung

6.7.1. Vernetzung

Bei der Vernetzung im Rinderstall geht der Trend zur herstellerübergreifenden Vernetzung, sodass im Idealfall Melkroboter, Fütterungs- und Entmistungsroboter verschiedener Firmen miteinander kommunizieren und ihre Arbeitsabläufe optimieren [43].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Abläufe im Stall werden optimiert und laufen effizienter ab.

6.7.2. Autonome Fütterung

Abrufstationen mit Tiererkennung für Krafffutter sind in der Praxis schon länger etabliert. Neuere Techniken fangen an beim selbstfahrenden Futteranschieber, der mehrmals am Tag das Futter an das Fressgitter anschiebt, sodass auch für rangniedrigere Kühe immer ausreichend Futter vorliegt.

Es gibt autonome Selbstfahrer zur Grundfuttermittelvorgabe, die das Futter selbstständig einladen, mischen und vorlegen. Die Futtermittel werden in einer Futterküche gelagert, das heißt es werden kleine Mengen der Futtermittel in einem gesonderten Raum/Bereich aufbewahrt. Hier entnimmt der Misch- und Fütterungsroboter das Futter, mischt es und legt es vor. Auch diese Technik kommt rangniedrigen Tieren zugute durch das regelmäßige Vorlegen von frisch angemischtem Futter. Außerdem zeichnet das System auf welche Menge verfüttert wird.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Es wird Arbeitszeit eingespart und gleichzeitig die Futterqualität und damit die Futteraufnahme durch das regelmäßige frische Anschieben und frische Anmischen des Futters gesteigert.

6.7.2.1. Autonome Ernte und Fütterung von frischem Gras

Frisches Gras enthält 10 bis 20% höheren Nährwert als Grassilage. Das Mähen, Wenden, Aufladen und Einsilieren benötigt entsprechende Arbeitszeit und Kraftstoff. Der Lely Exos ist ein autonom fahrendes System das Tag und Nacht Gras erntet und den Kühen in kleinen Portionen frisch vorlegt. Dadurch steht den Kühen die gesamte Vegetationsperiode frisches Gras zur Verfügung. Der Exos passt die Fütterungsfrequenz der Futteraufnahme der Kühe an. Dabei sammelt der Exos wertvolle Information über das Grünland und kann gleichzeitig Flüssigdünger dazu dosieren [38]. Im Sommer 2023 hat der Roboter die Marktreife erlangt [22].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Ein Weidegang kann durch die Maschine nicht ersetzt werden, aber da wo dieser nicht möglich ist, können die Kühe mit frischem Gras versorgt werden. Das reduziert die arbeitsaufwendige Futterkonservierung und die Silageverluste.

6.7.3. Melktechnik

6.7.3.1. Automatische Melksysteme

In der Melktechnik werden zunehmend automatische Melksysteme (Melkroboter) eingesetzt. Hierbei werden die Milchkühe mehrmals am Tag von einem Roboter gemolken. Die Kühe suchen den Roboter in der Regel selbstständig auf. In diesem lässt sich programmieren, wie oft die Kuh am Tag gemolken wird. Durch das häufigere Melken wird in der Regel eine Steigerung der Milchmenge erreicht. Je nach Ausstattung können die Roboter nicht nur die Milchleistung für jedes Tier erfassen, sondern auch Milchinhaltsstoffe analysieren, die über die Milchqualität, Tiergesundheit, Milchfluss, Zellzahl, Temperatur, Farbe, Leitfähigkeit, Fett und Eiweißgehalt Informationen liefern. Diese Werte geben wichtige Hinweise zur Eutergesundheit und so kann z.B. eine Mastitis frühzeitig erkannt werden. Mit der Körpertemperaturerfassung kann die Brünstigkeit der Kuh schneller erkannt werden.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Arbeit des täglichen Melkens im Melkstand entfällt und häufig steigt die Milchleistung durch die zusätzliche Melkzeit, die mit dem Roboter möglich ist. Die Milchanalyse lässt Krankheiten und eine Brünstigkeit eher erkennen.

6.7.4. Tierüberwachung

6.7.4.1. Tracking/Lokalisierung im Kuhstall

Ortungssysteme per GPS helfen den Standort der Kühe präzise zu bestimmen, was besonders in größeren Herden hilfreich ist. Dadurch lassen sich Tiere schneller finden, die z. B. zum Melkroboter geholt werden müssen oder die besamt werden sollen. Das spart Arbeitszeit und sorgt für Ruhe in der Herde. Außerdem können die Wege der Tiere im Stall nachvollzogen werden. Mit diesen Informationen kann die Einteilung und Organisation des Stalls optimiert werden.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Arbeitszeit wird eingespart und die Organisation des Stalls kann optimiert werden.

6.7.4.2. Sensorsystem

Je nach Sensor werden Daten zu Bewegung, Wiederkauverhalten, Futter und Wasseraufnahme, Körpertemperatur und Pansen pH-Wert erfasst. Die Sensoren können an Hals, Bein, Ohr oder im Pansen angebracht sein. Eine Tierortung ist durch die Sensoren teilweise ebenfalls möglich. Es gibt marktreife Vorhersagesysteme für Krankheiten, die auf durch die Sensoren erhobenen Daten basieren. Dadurch können Krankheiten im Frühstadium behandelt werden, was zu einem erhöhten Behandlungserfolg und einer besseren Tiergesundheit führt. Auch die Brunst und damit der optimale Besamungszeitpunkt können erkannt werden. Weiterhin gibt es die Möglichkeit diese Daten mit den erhobenen Daten aus dem Melkstand bzw. automatischen Melksystem zu kombinieren.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Überwachung der Tiergesundheit und der Brunst, dadurch Einsparung von Medikamenten, insbesondere Antibiotika.

6.7.4.3. Kamerasystem

Mit Body Condition Scoring Kameras wird ein 3D Video der Kühe erstellt, wodurch die Körperkondition der Kühe erfasst wird (Body Condition Score, BCS). Der BCS wird anhand einer Software analysiert und an das Herdenmanagementsystem gesendet. Dadurch wird eine zu starke Gewichtszunahme oder Abnahme frühzeitig erkannt [21].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Überwachung der Tiergesundheit.

6.7.4.4. Kälber

In der Kälberhaltung können in der Gruppenhaltung am Tränkautomaten die Tränkmenge vom Einzeltier erfasst werden. Mit einer Vorderfußwaage am Tränkautomat lässt sich die Tränkkurve abhängig vom Gewicht der Tiere gestalten. Durch Sensoren können Körpertemperatur und Bewegung der Tiere erfasst werden.

In den ersten Wochen werden Kälber meist in Einzelboxen oder Iglus gehalten. Es gibt Erweiterungen für Tränkautomaten mit einem Roboterarm der mehrmals am Tag an den Boxen vorbeifährt und die Kälber individuell füttert.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Arbeitszeit und Tiergesundheit.

6.7.5. Weidetechnik

6.7.5.1. Selektionsboxen

Für das Weidemanagement gibt es Selektionsboxen. Die Kühe entscheiden selbst, ob und wann sie nach draußen auf die Weide gehen. Die Selektionsbox bestimmt dann mit dem Kuherkennungssystem, ob sie dürfen oder nicht. Bei der Rückkehr in den Stall werden sie ebenfalls vollautomatisch registriert. Dadurch können Fütterung, Melken und Beweidung gezielter gesteuert werden.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Arbeitsabläufe werden optimiert und die Weidehaltung erleichtert.

6.7.5.2. Virtueller Fencing

Es gibt einen virtuellen Weidezaun, der von Nofence Grazing Technology angeboten wird. Bei diesem tragen die Tiere ein solarbetriebenes Halsband, das mit dem Web-Portal und einer App kommuniziert. Dabei wird anhand eines globalen Navigationssatellitensystems (Global Navigation Satellite System GNSS) der Zaun bzw. die Grenze festgelegt. Nähern sich die Tiere der Grenze, ertönt durch das Halsband erst ein Warnsignal. Wird dieses ignoriert, wird ein kurzer Stromstoß gegeben. Das Halsband ermöglicht auch die Ortung der Tiere. Das System ermöglicht eine sehr einfache und flexible Aufteilung von Weiden. Zäune müssen nicht errichtet und gewartet werden. Zudem können Altgrasstreifen und bodenbrütige Vögel (z. B. Kiebitzschutz) gefördert werden. [42]. An Straßen und zum Schutz vor Wölfen ist ein fester Zaun immer noch sinnvoll [9].

Im Projekt GreenGrass wird geprüft, statt eines Stromstoßes einen taktilen Reiz zusammen mit einer Belohnung zu geben und so die Kühe zu konditionieren. Die Methode ist angelehnt an die Clicker-Methode beim Hund (Telefonat Leonhard Klinck, Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen).

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Vorteile der Technik ist die Einsparung von Zäunen, die aufwendig zu errichten sind. Außerdem lassen sich damit die Grenzen sehr flexibel ziehen. Eine abschließende Bewertung zum Tierschutz steht noch aus. Das System wird in Bremen und Niedersachsen bezüglich der Belange des Tierschutzes kritisch bewertet.

Die Konditionierung der Tiere mit einem taktilen Reiz stellt eine interessante Alternative dar.

6.7.6. Stalleinrichtung

6.7.6.1. Laufflächenreinigung

Für die Reinigung der Laufwege können selbstfahrende Spaltenreiniger eingesetzt werden, die die Spalten abschieben. Für planbefestigte Böden gibt es Reinigungsroboter, die den Mist einsammeln. Ein sauberer Boden verhindert Klauenprobleme und hält die Euter und Schwänze der Tiere sauber. Die Häufigkeit der Reinigung kann hier sehr leicht erhöht werden, was zum Beispiel bei Frost auch nötig ist, um ein Anfrieren des Kots und Urins zu verhindern. Darüber hinaus können Roboter so programmiert werden, dass einzelne Stallbereiche in Abhängigkeit von der Verschmutzung unterschiedlich häufig abgeschoben werden. Um besonders bei trockenen Witterungsbedingungen das Zusetzen des Spaltenbodens zu vermindern, gibt es mittlerweile Roboter und selbstfahrende Aufsitzgülfeschieber, die durch Sprühen von Wasser das Säubern der Spalten und des Zwischenraums verbessern [11].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Arbeitszeit wird eingespart und die Klauengesundheit verbessert, Euter und Schwänze der Tiere werden sauber gehalten.

6.8. Düngung

Viele landwirtschaftliche Böden sind nicht homogen, sondern weisen deutliche Unterschiede auf, die den Landwirt:innen meist bekannt sind. Im Zuge des Strukturwandels werden die Flächen immer größer und Arbeiten werden vom Lohnunternehmer durchgeführt. Mit Hilfe von GPS wird eine Aufteilung der Fläche in Teilflächen möglich [13]. Es gibt auch Systeme die mit Anbaugeräten an den Traktor arbeiten was in Abschnitt 6.8.2 genauer beschrieben wird.

Außerdem können optische Sensoren an einer Drohne befestigt werden oder Satellitendaten genutzt werden, die Reflektionen der Pflanzen messen und daraus Rückschlüsse auf den Chlorophyllgehalt der Pflanzen und dadurch die Stickstoffversorgung ziehen [13]. Diese Informationen werden dann als Applikationskarten auf den Bordcomputer gespielt und bilden die Datengrundlage für die Düngungsmenge [13].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Der Bestand wird bedarfsgerecht gedüngt, Mineraldüngereinsparung.

6.8.1. Düngung organisch

Wirtschaftsdünger sind wertvolle Mehrnährstoffdünger, wenn sie bedarfsgerecht ausgebracht werden. Die Nährstoffgehalte können je nach Tierart, Biogassubstrat, Fütterung und vieler weiterer Parameter stark variieren. Eine genaue bedarfsgerechte Ausbringung ist ohne

Kenntnis der Inhaltsstoffe unmöglich. Es sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Eine Möglichkeit die zurzeit untersucht wird, ist die Nutzung von Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für den Praxiseinsatz. Dazu misst der Sensor am Güllefass Parameter wie Stickstoff- (Ammonium- und Gesamtstickstoff), Phosphor- und Kaliumgehalt sowie den Trockensubstanzgehalt und den Massen- und Volumenstrom [33].

Vergleiche zwischen NIRS-Messungen und Laboruntersuchungen wurden unter anderen auch von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sensormesswerte insbesondere bei Phosphor und Kalium deutlich von den Laborwerten abweichen können. Trockensubstanz und Stickstoff, sowohl Gesamtstickstoff als auch Ammoniumgehalt lassen sich mit der NIRS-Methode mit relativ geringen Abweichungen bestimmen [30]. Es gibt von der DLG zertifizierte NIR-Sensoren für unterschiedliche Güllearten. Für Kalium und Phosphor fehlt bei einigen Sensoren bisher noch eine Zertifizierung [36][24].

Laut der Internetseite der Düngbehörde der Landwirtschaftskammer Niedersachsen ist die Dokumentation der Wirtschaftsdüngerbringung auf Grundlage der damit ermittelten Nährstoffgehalte nicht möglich, da es sich bisher bei NIRS um keine wissenschaftlich anerkannte Untersuchungsmethode handelt. Werden die genauen Informationen benötigt, ist eine nasschemische Untersuchung in einem akkreditierten Labor erforderlich [30].

Das Güllefass muss für die Technik ausgelegt sein. Wird die Ausbringung der Gülle und die Maisausaat GPS-gesteuert, kann die Gülle im Mais als Unterfußdüngung ausgebracht werden. Dadurch kann die mineralische Unterfußdüngung ersetzt werden und der Wirtschaftsdünger wird optimal genutzt.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Für einige Inhaltsstoffe ist mit NIRS-Sensoren eine bedarfsgerechte Teilflächendüngung möglich, für andere sind die Messwerte bisher nicht genau genug.

6.8.2. Düngung mineralisch

Bereits durch den Einsatz von GPS-gesteuerter Teilbreitenschaltung, die Überlappungen verhindert, lassen sich bis zu 10 % Dünger einsparen [5]. Durch den Einsatz von Applikationskarten oder Stickstoffsensoren lassen sich weitere Einsparungen erreichen [15].

Es gibt auch Systeme, die mit Anbaugeräten an den Traktor arbeiten wie z. B. der Yara N-Sensor, der Isaria Cropsensor oder der Trimble Greenseeker [14] die während der Überfahrt die Biomasse und den N-Index erfassen. Mit dem N-Index kann die Nährstoffversorgung der Pflanze abgeleitet werden. Mit dem N-Index wird die Nährstoffbedarfsanalyse vor allem in den späteren Stadien des Pflanzenwachstums durchgeführt. Mit dem Biomasse-Index kann bereits

in frühen Stadien die Applikationsmenge variiert werden sowie eine teilflächenspezifische Ausbringung von Wachstumsreglern und z.T. auch Fungiziden erfolgen [23].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Der Bestand wird bedarfsgerecht gedüngt und es wird Dünger eingespart.

6.9. Teilflächenspezifische Bodenprobenahme

Für die teilflächenspezifische Bodenprobenahme werden die Ackerflächen erst mit Hilfe von verschiedenen Datenquellen wie beschreibende Daten aus der Fern- und Naherkundung, Ertragskarten, Luft- und Satellitenbilder, elektrische Leitfähigkeitsmessung des Bodens, Biomassekarten, Bodenschätzung, geologische Informationen, Kartierungen und der Erfahrung des Bewirtschafters [7] abgeglichen. Mit zwei bis drei dieser Informationsquellen wird dann mit einem GIS-Programm eine Karte erstellt. Anhand dieser erfolgt die Einteilung in Teilflächen und es werden Beprobungslinien festgelegt. Anhand der Beprobungslinie werden mit einem GPS-gesteuerten Probennehmer Bodenproben bis zu einer Bodentiefe von 20–30 cm auf Ackerland, bis zu 10 cm auf Grünland genommen. Die Bodenproben werden im Labor untersucht und anhand der Untersuchungsergebnisse werden Applikationskarten für die Grundnährstoffe (Phosphor, Kalium, Magnesium) und Kalk erstellt [7] [25].

Einige der anfallenden Kosten fallen nicht jährlich an, wie z. B. die erste Erstellung einer GIS-Karte. Ob sich der Nutzen der teilflächenspezifischen Grunddüngung rechnet, hängt von mehreren Faktoren ab [7]. Insgesamt führt es zu einer ausgeglichenen und zielgerichteten Grunddüngung.

Der Gehalt des Bodens an Phosphor, Kalium, und Kalk weist geringe jahreszeitliche Schwankungen auf und nimmt auch über Jahre hinweg nur langsam ab [15].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Grunddüngung erfolgt bedarfsgerecht und teilflächengenau. Eine Überdüngung oder Unterversorgung mit Nährstoffen wird vermieden.

6.10. Ertragserfassung im Grünland

Bisher wird digitale Technik bei der Ernte von Feldfutter und Grünland kaum eingesetzt. Grund ist zum einen die geringe Verfügbarkeit, zum anderen aber auch die Schnitthäufigkeit von drei bis fünf Schnitten im Jahr. Um den Jahresertrag pro Schlag zu bestimmen, muss die Technik bei allen Ernteschnitten eingesetzt werden [26].

Gerade auf Dauergrünland schwanken die Erträge stärker als auf Ackerflächen [26]. Eine genaue Kenntnis der Erträge hilft sowohl bei der Düngung als auch bei der Erkennung von

sanierungsbedürftigen Grünlandflächen, beim Pachtmanagement, der Optimierung des Fütterungsmanagements [26], dem Grünland-Management (z. B. Nachsaaten) und dem Schnittmanagement [41].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Bestandsführung wird präziser an die Flächen und das Ertragspotenzial angepasst und die Futterplanung verbessert.

6.10.1. Sensorgestützte Ertragsermittlung

Seit mehreren Jahren steht bei der Ertragserfassung die sensorgestützte Ertragsermittlung am selbstfahrenden Feldhäcksler zur Verfügung, die die Trockenmasseerträge pro ha beim Grobfutter bestimmen kann [26]. Mithilfe der Volumenstrommessung an den Vorpresswalzen des Häckslers können die Frischmasseerträge bestimmt werden. Der Trockenmassegehalt wird mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) im Auswurfkrümmer erfasst. Eine regelmäßige Kalibrierung durch Referenzwägung, z. B. mit Transportwagen oder Futtermischwagen mit Wiegevorrichtung, ist dabei notwendig [41]. Um die Daten bestmöglich nutzen zu können, müssen diese in ein Farm Management Information System (FIMS) übertragen werden. Dies kann manuell erfolgen, über einen externen Datenträger oder über eine Datenaustauschplattform wie den Agrirouter [41].

Über die Detektion der Auslenkung und Geschwindigkeit der Vorpresswalzen können die Frischmasseerträge schlagbezogen oder in Verbindung mit GNSS-Daten auch teilflächenspezifisch erfasst werden. Hierzu ist jedoch eine laufende Kalibrierung durch Referenzwägungen notwendig [47]. Zur Bestimmung des Trockenmasseertrages sind zusätzliche Informationen über den Feuchtegehalt des Erntegutes notwendig. Die Trockensubstanzgehalte werden mittlerweile bei allen Feldhäckslerherstellern mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) erfasst. So ist eine Messung von immer mehr Inhaltsstoffen im Erntegut möglich. Neben der Messung der Trockensubstanzgehalte können die NIRS-Sensoren das Rohprotein, Rohfaser, Rohasche, NDF (Neutral-Detergenzien-Faser), ADF (Säure-Detergenzien-Faser), Zucker und Stärke bestimmen. Die Systeme zur Bestimmung der Inhaltsstoffe sind bisher noch nicht von der Deutschen-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) geprüft [47]. Für Silomais gibt es von den meisten Häckslerherstellern eine DLG-Zertifizierung für die Feuchteermittlung, für Gras wurde ein Sensor von Claas geprüft und anerkannt. Mittlerweile sind zusätzlich zu den Wiegeeinrichtungen in Ladewägen auch NIRS-Sensoren verbaut [47].

Auch beim Einsatz von Rund- und Quaderballenpressen kann bei einigen Herstellern das Gewicht der Ballen ermittelt werden. Die Feuchtemessung erfolgt über die Messung der

dielektrischen Leitfähigkeit. Auch hier wird an der Einbindung von NIRS-Technik gearbeitet, die sich jedoch noch im Entwicklungsstadium befindet [47].

In Kombination mit GPS-Daten kann eine Ertragskartierung für den Schlag erstellt werden. Ein Problem ist die oft fehlende Schnittstelle für die Datenübertragung vom Häcksler bzw. der Auswertesoftware des Häckslerherstellers [26]. Da in der Grasernte mehrere Bearbeitungsschritte erfolgen mit Mähen, Wenden und Schwaden bei denen das Gras bewegt wird, ergibt sich dadurch eine gewisse Ungenauigkeit in den erstellten Karten.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Bestandsführung wird präziser an die Flächen und das Ertragspotenzial angepasst.
Satellitengestützte Ertragsschätzung

Bei der satellitengestützten Ertragsschätzung werden die Erträge über Daten aus Satellitenaufnahmen in Kombination mit einem Wachstumsprognosemodell geschätzt. Mit der satellitengestützten Ertragsschätzung können die Erträge auch teilflächenspezifisch und rückwirkend ermittelt werden. Die Informationen lassen sich dann in einem Farm Management Information System (FMIS) anzeigen [41]. Eine Reihe von Firmen bietet dafür Dienste an, mit denen unter anderem Biomassekarten erstellt werden können. Hohe Bewölkungsgrade und kurze Zeiträume zwischen den Schnitten erschweren die genaue Schätzung der Erträge, selbst bei einem Überflug alle fünf Tage [47].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Die Bestandsführung wird präziser an die Flächen und den Bestand angepasst.

6.11. Pflanzenschutz

6.11.1. Pflanzenschutz mechanisch

6.11.1.1. GPS-, Kamera oder Sensorgeführte mechanische Unkrautkontrolle

Es gibt eine ganze Reihe verschiedener Maschinen wie Hacken, Fräsen, Rollhacken, Striegel und weitere in unterschiedlichen Ausführungen.

Eine mechanische Unkrautkontrolle ist immer zeitaufwendig, stark vom Wetter abhängig, verbraucht mehr Kraftstoff und führt zu Humusabbau. Wenn das Feld zum richtigen Zeitpunkt nicht befahrbar ist, ist die Wirkung gering.

Die Führung durch GPS oder Sensoren ermöglicht eine hohe Geschwindigkeit bei gleichzeitig exakter Werkzeugführung und die Geräte sind größer und effizienter geworden. Es werden laufend neue innovative Geräte entwickelt. Bestände, die mit RTK-Genauigkeit (± 2 cm) gesät wurden, können schon vor dem Auflauf gehackt werden. Auch spätere Hackgänge nach

Reihenschluss sind möglich, da die Positionen der Kulturreihen exakt im GPS-Navigationssystem gespeichert sind. Die Fahrer werden entlastet und im Ökolandbau kann Handarbeit ersetzt werden [4].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Reduktion von PSM, Arbeitserleichterung gegenüber von Hand gesteuerten Hacken.

6.11.1.2. Autonome Feldroboter für die mechanische Unkrautkontrolle

Autonom fahrende Roboter, die Feldarbeiten selbständig durchführen, gibt es von sehr klein wie dem Oz von Naïo Technologies, der nur 47 cm breit ist und höchstens 1,8 km/h fährt, bis zum AgXeed von AgBot, der mit einer Zapfwelle ausgestattet ist und Standard-Geräte im Heck heben kann. Die Steuerung erfolgt meist mit RTK-GNSS (Real Time Kinematik- Global Navigation Satellite System). Der bisher meistverkaufte Roboter ist der Farm-Droid-Roboter FD20, der zunächst mithilfe seines GPS-Systems Samen in einem exakten Raster aussäht. Er merkt sich dabei die genaue Position der Pflanzen und hackt in der Folge bei der Unkrautentfernung um diese Position herum, d.h. neben und in den Reihen. Er hat Solarpaneele für die Energieversorgung und ist dadurch überall einsetzbar. Er ist sehr leicht und kann daher auch fahren, wenn der Boden noch feucht ist und erweitert damit das Zeitfenster, in dem gehackt werden kann.

Die selbstständige Arbeit der Roboter ist eine Arbeitserleichterung. Durch die genaue Hacktechnik auch in der Reihe können PSM und/oder Handarbeit reduziert werden. Viele der Roboter sind noch in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung oder sehr neu auf dem Markt.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Reduktion von PSM, Reduktion von Arbeitszeit.

6.11.2. Pflanzenschutz chemisch

6.11.2.1. Nutzung von Prognosemodellen

Computergestützte Prognosen und Entscheidungshilfen geben wertvolle Informationen über das zeitliche und räumliche Auftreten von Schadorganismen und ermöglichen eine gezielte Planung und Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen. Dadurch ist eine Reduzierung der Behandlungen möglich. Erste Modelle sind schon auf der ISIP Homepage verfügbar [32].

Ressourcenschutz/Vorteile:

Reduktion von PSM.

6.11.2.2. Automatische Teilbreitenschaltung oder EinzeldüsenSchaltung/ Section Control

Bei einer automatischen Teilbreitenschaltung oder EinzeldüsenSchaltung werden GPS-gesteuert am Vorgewende Teilbreiten oder Einzeldüsen automatisch geschaltet, was Fehlstellen und Überlappungen vermeidet. PSM werden präziser ausgebracht und durch weniger Überlappungen eingespart.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Reduktion von PSM und genauere Ausbringung.

6.11.2.3. Spot-Spraying

Die Bekämpfung von Unkräutern kann durch eine teilschlagspezifische, kleinräumige Applikation bis hin zur punktuellen Behandlung einzelner Pflanzen mit Spotschneidern erfolgen. Hierfür wurden Kamerasysteme entwickelt, welche mittels Bildverarbeitung bestimmte Unkräuter anhand der Form, Struktur und des Kontrasts ermitteln (z. B. Agrifac und Bilberry). Herbizide werden nur dort eingesetzt, wo sich das Unkraut befindet. Dies funktioniert aber nur, wenn die Bildverarbeitungssoftware die im Feld vorkommenden Arten schon kennt. Wenn nicht, kann das System diese nicht identifizieren. Deshalb muss für jede Pflanzenart ein eigener Algorithmus entwickelt werden.

Ein Beispiel hierfür ist der RumboJet 880, ein angehängtes Gerät mit einer Arbeitsbreite von 8,8 m. Es hat 88 einzeln ansprechbare Düsen, sechs Multispektralkameras und sechs Prozessrechner. Damit kann grüner Ampfer auf Grünland erkannt und per Spotspraying behandelt werden. Die Entwickler:innen arbeiten zur Zeit daran, dass weitere Unkrautarten vom Gerät erkannt werden: Im Vergleich zur bisher üblichen Einzelpflanzenbekämpfung hat das Gerät eine höhere Flächenleistung [40] [19].

Ein weiteres Gerät ist der ARA von ecorobotix der im Ackerbau, im Gemüsebau und im Dauergrünland einsetzbar ist. Weitere Firmen sind in der Entwicklung von Spot-Spraying aktiv, unter anderem ONE SMART SPRA, Amazone und weitere [34][20].

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung von Applikationskarten. Diese werden im Vorfeld aus langjährigen Ertragsdaten, Unkrautarten, aber auch durch Drohnenaufnahmen mit der entsprechenden Software erstellt.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Reduktion von PSM

6.12. Autonome Feldroboter/Traktoren

6.12.1. Autonome Lenksysteme

Ein Traktor mit GPS-Empfänger und Korrektursignal kann dank Lenkhilfen und Spurführung auf etwa zwei Zentimeter genau gesteuert werden. Etwa die Hälfte der 2018 produzierten Mittelklassetraktoren war bereits mit einem GPS-Empfänger ausgestattet. Dadurch lassen sich Betriebsmittel präzise und ohne Überlappung ausbringen [3]. Außerdem wird dem Fahrer die Arbeit erleichtert. Für viele Techniken der Präzisionslandwirtschaft ist ein autonomes Lenksystem eine Voraussetzung.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Ressourcenschutz und Arbeitsentlastung für die Landmaschinenführer:innen.

6.12.2. Autonome Roboter

Autonom fahrende Roboter werden von verschiedenen Herstellern entwickelt und sie befinden sich in verschiedenen Stadien der Marktreife. In der Praxis werden bisher bereits der Farmdroid 20 eingesetzt, der mit GPS aussäht und sich merkt wo er den Samen abgelegt hat. Dadurch kann er anschließend sowohl zwischen als auch in der Reihe hacken. Er ist Solar- und Batteriebetrieben. Besonders im Obst und Gemüsebau im Folientunnel wird der Oz von Naio Technologies eingesetzt, ein kleiner Hackroboter mit einer Breite von etwa 50 cm. Der Dino und der Orio sind die größeren Varianten.

Weitere Firmen arbeiten an autonom fahrenden Robotern, wie Agointelli mit dem Robotti, agxeed mit dem AgBot sowie die meisten größeren Landmaschinenhersteller.

Ressourcenschutz/Vorteile:

Bei Hackrobotern Einsparung von Pflanzenschutzmitteln, generell Zeitersparnis.

6.12.2.1. Rechtliche Zulassung

Eine Kernfrage für autonome Maschinenkonzepte ist die Frage nach der Zulassung für den Straßentransport und die Feldzulassung. Laut europäischer Maschinenrichtlinie ist eine Gefährdung sicher auszuschließen. Für eine unbeaufsichtigte Maschine im Feldeinsatz wird daher von den Herstellern ein komplexes Sicherheitssystem benötigt und zusätzlich werden Fahrgeschwindigkeit, Antriebsleistung, und Einsatzgewicht begrenzt [45].

7. Aktueller Stand der Digitalisierung in der bremischen Landwirtschaft

7.1. Digitalisierung in der Milchviehhaltung

Die Erhebung des aktuellen Standes der Digitalisierung in der Milchviehhaltung wurde mit der Landwirtschaftskammer Bremen, Frau Reiners, die das Projekt Fokus Tierwohl bearbeitet, abgestimmt. Als Grundlage zur Anzahl an Milchkühen dienten die Angaben der Antragstellung des Sammelantrages für Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen 2022. Diese Zahlen wurden mit Frau Reiners Erfahrungen abgeglichen. Danach sind derzeit 32 milchviehhaltende bremische Betriebe vorhanden, von denen vier Betriebe keine Digitalisierung in der Milchviehhaltung nutzen. 28 Betriebe nutzen ein Herdenmanagementprogramm mit Kuherkennung. Davon haben zwölf Betriebe eine Brunsterkennung durch Sensoren, zwei davon setzen diese auch beim Jungvieh und zur Lokalisierung der Kühe im Stall ein. Bereits acht Betriebe haben ein automatisches Melksystem. Ein weiterer Betrieb plant die Anschaffung eines Melkroboters. Eine automatische Laufflächenreinigung ist bei vier Betrieben vorhanden und ein automatischer Futteranschieber in zwei Betrieben. Ein Betrieb plant derzeit die Anschaffung einer Selektionsbox für die Weidehaltung.

Die Betriebe, die keinerlei Digitalisierung in der Milchviehhaltung einsetzen, gehören zu den kleineren Betrieben mit unter 50 Milchkühen. Tendenziell sind die größeren Betriebe etwas stärker digitalisiert. Es haben aber auch kleinere bis mittlere Betriebe einen Melkroboter und Brunsterkennung. Die Befragung hat gezeigt, dass die Digitalisierung in der Milchviehhaltung im Land Bremen bereits gut vertreten ist und sicherlich in den kommenden Jahren noch zunehmen wird. Die automatische Fütterung wird bisher noch nicht eingesetzt und auch bei der Weidehaltung wird bisher keine digitale Technik eingesetzt.

Generell nimmt die Digitalisierung in der Milchviehhaltung stetig zu und Lösungen werden von verschiedenen großen und kleinen Firmen vertrieben. Welche Themen zukünftig in der Milchviehhaltung in Bremen an Digitalisierung im Rahmen von Projekten weiterentwickelt werden sollen, wird in Kapitel 9.4 näher beschrieben.

7.2. Digitalisierung im Projekt Pflanzenmittelreduktionsstrategie-Demonstrationsbetriebe im Ackerbau

In dem von SUKW geförderten Modellprojekt „Pflanzenmittelreduktionsstrategie-Demonstrationsbetriebe im Ackerbau“ wurden 2022 digitale Gelbschalen angeschafft und zum Vergleich gemeinsam mit den analogen Gelbschalen aufgestellt. Die digitale Gelbschale fotografiert den Fang und wertet ihn mit einer zugehörigen App aus. Damit wurde im Herbst

2022 das Monitoring für Erdflöhe durchgeführt und die Funktion der digitalen Gelbschalen getestet.

Am Jahresanfang 2023 wurde im Projekt eine Drohne angeschafft, mit welcher Applikationskarten für Pflanzenschutzmittel erstellt werden. Diese werden dann teilflächenspezifisch mit einer Feldspritze ausgebracht. Als eine weitere Maßnahme wurde im Modellprojekt die Maschinenvorführung für den ecorobotix ARA zur Ampferbekämpfung auf einem Feldtag organisiert. Der ARA kann Ampferpflanzen im Grünland erkennen und per Spot-Spraying bekämpfen.

Sowohl im Raps als auch im Mais wird im Projekt der Einsatz einer Hacke-Band-Spritzung erprobt. Dabei werden in der Reihe PSM ausgebracht während zwischen den Reihen mit einer kamerageführten Hacke gehackt wird. Dadurch können PSM eingespart werden bei einer gleichzeitigen guten Unkrautkontrolle. Es ist erforderlich, dass neue Technik erprobt wird, um daraus Rückschlüsse auf die ihre Praxisreife abzuleiten. Ob die Technik zukünftig von einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben oder von Maschinenringen und Lohnunternehmern angeboten wird, ergibt sich aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Da im Rahmen des Modellprojektes „Pflanzenschutzmittelreduktionsstrategie-Demonstrationsbetriebe im Ackerbau“ (Laufzeit 2022 bis 2025) bereits einige Möglichkeiten der Digitalisierung erprobt werden, sind zum jetzigen Zeitpunkt keine weiteren Projekte zur Digitalisierung im Ackerbau geplant.

8. Bewertung

Um einzuschätzen, welche der Digitalen Techniken für die bremische Landwirtschaft zukunftsweisend sind, werden diese nach festen Kriterien bewertet. Eine wichtige Komponente für die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft ist die Frage nach dem Ressourcenschutz. Damit ist zum einen die Umwelt gemeint, zum anderen der Einsatz von Betriebsmitteln, aber auch die Arbeitszeit der Landwirt:innen, die ebenfalls eine begrenzte Ressource darstellt. Letztendlich muss der Einsatz für die landwirtschaftlichen Betriebe wirtschaftlich sein, damit die Maßnahmen von den Betrieben umgesetzt werden. Eine weitere wichtige Komponente ist die der Praxisreife. Einige Techniken haben sich bereits am Markt durchgesetzt, andere kommen gerade auf den Markt und es fehlt noch an Praxiserfahrung mit der Technik im Feld. Weitere Technik befindet sich noch in der Entwicklung. Natürlich müssen auch die Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Technik gegeben sein, wie z. B. ein ausreichender Breitbandausbau. Die beschriebenen Maßnahmen werden in der folgenden Tabelle bewertet nach vorhandener Praxisreife, vorhandenem Angebot auf dem Markt und nach Handlungsbedarf für Bremen.

Außerdem stellt sich die Frage, ob eine Förderung der Technik nötig und gewollt ist und wie diese aussehen kann. Insbesondere der Einsatz digitaler Technik zum Pflanzenschutz wurde bereits im Handlungskonzept zur Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf landwirtschaftlichen Flächen im Land Bremen (07.01.2022) beschrieben und bewertet. Da sich die technischen Entwicklungen in den Themenfeldern der Digitalisierung sehr dynamisch verändern, kann im Rahmen des Handlungskonzeptes die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen nicht hinreichend bewertet werden.

Tabelle 2: Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung

Maßnahme	Praxisreife	Angebot auf dem Markt vorhanden	Handlungsbedarf für Bremen*
Onlineversand	etabliert	ja	-
Online-Handelsplattform	etabliert	ja	-
Farm Management Information Systems	wird durch Industrie vertrieben	ja	+
Datenaustauschplattform/Schnittstellen	wird durch Industrie vertrieben z. B. Agrirouter	ja	++
GeoBox	Aktivität der Länder	nein, wird durch jeweiliges Land angeboten	+
Rinderhaltung			
Herdenmanagementprogramm	wird durch Industrie vertrieben	ja	+
Vernetzung Roboter im Stall	Forschungsvorhaben Digimilch in BY	nein	-
Autonome Fütterung	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Autonome Ernte und Fütterung von frischem Gras	Wird durch Industrie vertrieben	nein	-
Automatisches Melksystem	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Tierüberwachung			
Tracking/Lokalisierung im Stall	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Sensoren in der Rinderhaltung	wird durch Industrie vertrieben	ja	++
Kameras in der Rinderhaltung	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Tränkesystem	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Selektionsboxen für die Weide	wird durch Industrie vertrieben	ja	++

Maßnahme	Praxisreife	Angebot auf dem Markt vorhanden	Handlungsbedarf für Bremen*
Virtuell Fencing Weidehaltung	wird mit Stromstoß bereits vertrieben, Kuhtraining mit taktilem Reiz muss noch erforscht werden	teilweise	+
Laufflächenreinigung	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Düngung			
-organisch	die ersten NIR-Sensoren sind zertifiziert	ja	+
-mineralisch	wird durch Industrie vertrieben	ja	+
Teilflächenspezifische Bodenprobenahme	wird durch Industrie und LUFA vertrieben	ja	+
Ertragserfassung im Grünland			
- Sensorgestützt	wird durch Industrie vertrieben	ja	++
-Sattelitengestützt		ja	++
Pflanzenschutz mechanisch			
-GPS/Sensor/Kamerageführte Hacke	wird durch Industrie vertrieben	ja	++ ¹
-Autonome Feldroboter	wird durch Industrie vertrieben	teilweise	0
Pflanzenschutz chemisch			
Nutzung von Prognosemodellen	ISIP Webseite	ja	0
Automatische Teilbreitenschaltung	wird durch Industrie vertrieben	ja	-
Spot-Spraying	wird durch Industrie vertrieben	ja	++ ¹
Smart-Spraying	wird durch Industrie erforscht	teilweise	0
Autonome Feldroboter mit Feldspritzsystem	wird durch Industrie erforscht	teilweise	0

Maßnahme	Praxisreife	Angebot auf dem Markt vorhanden	Handlungsbedarf für Bremen*
Ampferbekämpfung mit Spot-Spraying	wird durch Industrie vertrieben	ja	++ ¹
Autonome Feldroboter/Traktoren	wird durch Industrie vertrieben	teilweise	0
Autonome Lenksysteme	wird durch Industrie vertrieben	ja	-

*- kein Handlungsbedarf

+ Handlungsbedarf, ++ prioritärer Handlungsbedarf

0 weitere technische Entwicklungen sind abzuwarten

¹ befindet sich bereits in der Umsetzung im Modellprojekt Pflanzenschutzreduktionsstrategie – Demonstrationsbetriebe im Ackerbau

9. Maßnahmen mit prioritärem Handlungsbedarf

9.1. GeoBox

Die GeoBox (Kapitel 6.6) ist eine Initiative der Länder, die als Projekt von Rheinland-Pfalz gestartet wurde bei der mittlerweile sechs weitere Länder teilnehmen. Eine Beteiligung Bremens gemeinsam mit Niedersachsen könnte längerfristig interessant sein, ist aktuell aber noch nicht abzusehen.

9.2. Deutscher Wetterdienst

Der Deutsche Wetterdienst bietet mit dem ISABEL Portal eine Übersicht über die aktuelle agrarmeteorologische Situation, aktuelle Agrarthemen, Gefahrenhinweise und Vorhersagen. Die Landwirtschaftskammer Bremen arbeitet zurzeit eine Verwaltungsvereinbarung mit dem Deutschen Wetterdienst aus, um auch bremischen Landwirt:innen einen Zugang zu dem Portal zu ermöglichen.

9.3. Intelligenter Herdenschutz (Universität Bremen)

An der Universität Bremen wird in Kooperation mit den beiden Projektpartnern Universität Giessen und RoFlexs® (mobile Zäune) das Projekt mAlnZaun (Modularer, autonomer und intelligenter Weide(schutz)zaun mit Erkennung und Vergrämung von Wölfen) durchgeführt. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanzierten Projekts mAlnZaun wird an der Erkennung und gleichzeitiger Vergrämung von Predatoren im Bereich vor Weidezäunen geforscht. Der aktuelle Stand der Erkennung mittels KI ist gut.

Ein Ausbau zum Monitoringsystem beliebiger Wildtierarten und Unterstützung im Wolfsmonitoring durch ein Webbasiertes KI-Klassifikationssystem sind in der Universität Bremen in Planung.

9.4. Milchviehhaltung und Grünland

Von den verschiedenen möglichen digitalen Maßnahmen sind einige bereits in der Landwirtschaft etabliert. Besonders in der Milchviehhaltung sind Techniken, die die Arbeit erleichtern und wirtschaftliche Vorteile bringen schon weit verbreitet. Ein Herdenmanagementsystem mit Sensoren an der Kuh zur Tiererkennung sind Standard. Durch den Arbeitskräftemangel setzen sich Melkroboter immer mehr durch. Die Technik wird hauptsächlich durch die Industrie entwickelt und vertrieben. Es ist zu erwarten, dass sie sich mit der Zeit durchsetzen wird. Da in Bremen ein besonderes Interesse an der Weidehaltung besteht, ergibt sich in der Milchviehhaltung hier zukünftig ein mögliches Aufgabengebiet.

Aufgrund des hohen Grünlandanteils Bremens macht es Sinn, sich zuerst auf die Möglichkeiten der Digitalisierung im Dauergrünland zu fokussieren. Die bisherige Forschung und Entwicklung der Digitalisierung im Pflanzenbau hat sich vermehrt auf den Ackerbau sowie den Anbau von Sonderkulturen fokussiert, sodass hier noch Entwicklungsbedarf besteht.

Mit dem Projekt GreenGrass (<https://www.greengrass-project.de/>) gibt es bereits ein Projekt, das den Ansatz der virtuellen Weidezäune (vgl Kapitel 6.7.5.2) in verschiedenen Praxisregionen erforscht. Außerdem sollen anhand von Drohnen- und Satellitendaten Informationen zum Aufwuchs auf der Fläche in einer App ausgegeben werden, anhand derer entschieden wird, wo die Tiere zu welchem Zeitpunkt weiden sollen. Das Projekt soll 2024 verlängert werden. Durch die Projektleitung des Projektes „Zukunftsplanung Landwirtschaft“, SUKW, Referat Landwirtschaft, wurde bereits Kontakt zu dem Projekt GreenGrass Kontakt aufgenommen, um Bremen als weitere Praxiszone aufzunehmen. In Bremen kommt das Kuhtraining mit taktilen Reizen in Frage (vgl Kapitel 6.7.5.2).

Bei SUKW sind zwei Modell-Projekte geplant, jeweils zur digitalen Ertragserfassung und zur digitalen Weidehaltung

9.4.1. Digitaler Futterbau - Weiterentwicklung, Erprobung und Demonstration zur automatisierten und digitalen Ertragserfassung im Grünland

9.4.1.1. Hintergrund

Die technischen Entwicklungen haben in den letzten Jahren der landwirtschaftlichen Praxis neue Möglichkeiten in der Digitalisierung von Datenströmen geschaffen und innovative digitale Anwendungen wie z.B. neue Erfassungs- und Kommunikationstechnologien für den Alltag auf den Betrieben aufgezeigt, um das Betriebsmanagement im Hinblick auf die Arbeitssicherheit, Tierschutz und die Ressourceneffizienz zu verbessern. Dazu gehören zum Beispiel digitale Lenksysteme bei der Wirtschaftsdüngerausbringung, kameragesteuertes Hacken zur mechanischen Unkrautbekämpfung im Mais oder automatisierte Melk- und Fütterungstechnik

- auf vielen Milchvieh-Futterbaubetrieben ist die Digitalisierung bereits Alltag. Quantitative Aussagen zu schlaggenauen Grünlanderträgen und -Qualitäten sind bislang allerdings nur die Ausnahme und Rückschlüsse über die Ertragsleistung einzelner Flächen sind oft nur qualitativ durch das erfahrene Auge des Betriebsleiters möglich. Eine exakte Bestimmung der standort- und flächenspezifischen Ertragsleistung des Grünlands ist jedoch vor allem vor dem Hintergrund der sachgerechten Düngegaben von Wichtigkeit und schließlich für eine nachhaltige und ressourcenschonende Grünlandbewirtschaftung unerlässlich.

Das grundsätzliche Interesse an der exakten schlagbezogenen Datenerfassung steigt jedoch, da hierüber Vorteile zur Verbesserung der Grundfutterqualität, des Düngemanagements und somit reduzierte Futterkosten sowie auch eine weitere Optimierung des Grundfuttermanagements sein können. Durch digitale Landtechnik erhofft man sich weiterhin Verbesserungen beim Erreichen der Ziele des Boden-, Natur- und Klimaschutzes bzw. der Nährstoffeffizienz und des Grundwasserschutzes.

9.4.1.2. Wissenslücke und Zielsetzung

Die Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass die Kommunikation und der Datenaustausch unterschiedlicher digitaler Anwendungen und Software auf Milchvieh-Futterbaubetrieben untereinander oft an Grenzen stoßen, vor allem dann, wenn es sich um unterschiedliche Hersteller handelt. Die Vorteile hinsichtlich gesetzlicher Dokumentationspflicht, Effizienzsteigerung und ressourcenschonender Produktion können jedoch über die digitale Vernetzung und Kommunikation das Management auf den Betrieben erleichtern. Die übergeordnete Zielstellung sollte es daher sein, Daten aus unterschiedlichsten digitalgestützten Arbeitsbereichen eines Betriebes, zum Beispiel der Düngung, Ernte, Fütterung, Melken, Tier aus einer zentralen „Cloud“ auf Knopfdruck verfügbar zu machen, damit betriebswirtschaftliche Entscheidungsdaten übersichtlich abrufbar, synergetische Effekte durch Datenaustausch zwischen den Arbeitsbereichen erreichbar und gleichzeitig Dokumentationspflichten erfüllt sind (siehe Abbildung 1). Weiterhin leisten solche Daten einen wesentlichen Beitrag für ein ressourcen-schutzorientiertes Management in den Bereichen Boden-, Natur- und Klimaschutz bzw. der Nährstoffeffizienz und des Grundwasserschutzes.

Durch eine Erfassung der schlaggenauen Ernteerträge und Nährstoffabfuhrer ist ein gezielter Nährstoffeinsatz und damit eine Optimierung des Düngemanagements möglich. Zudem lassen sich qualitativ und quantitative Veränderungen in Grünlandbeständen erfassen, sodass hier durch angepasste Verbesserungsmaßnahmen Grundfutterqualitäten optimiert werden können. Die Steigerung der Grundfutterqualität dient dem Ziel, den Anteil der aus Grundfutter erzeugten Milch zu erhöhen. So lassen sich Futterzukäufe reduzieren und Ressourcen können geschont werden. Eine Aussagefähigkeit beim Vergleich verschiedener Standorte ist im

Grünland nur bei einer Erhebung von Ganzjahreserträgen gegeben. In der vorliegenden Vorhabensbeschreibung soll sich auf die Digitalisierung der Ertragserhebung und eine Evaluierung der Daten hinsichtlich Verknüpfung mit einer Schlagkartei/ einem Nährstoffplanungsprogramm konzentriert werden.

9.4.1.3. Vorarbeiten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen

In einem Projekt („DigiFu“, 2021-2023) wurde als erster wesentlicher Schritt gemeinsam mit zwei Praxis-Partnerbetrieben die Erntemengenerfassung bereits erfolgreich digitalisiert und teilautomatisiert. Dieses Projekt wurde durch das Sachgebiet „Praxistest Grünlandwirtschaft und Rinderhaltung“ des Fachbereichs Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im Auftrag des niedersächsischen Landwirtschaftsministeriums betreut. Es wurden zwei Verfahren bearbeitet, bei denen die gewonnenen Daten über eine Logistiksoftware mit den Erntedaten verbunden wurden:

(i) Häckslerkette in Kombination mit einer stationären Fuhrwerkswaage und Verknüpfung mit einer GPS Verfolgung,

(ii) Ladewagenernte in Kombination mit einer mobilen Achslastwaage

Beteiligte Partner waren die Agrardaten Spezialisten von DKE Data GmbH & Co. KG (agrouter), der Waagenhersteller TELL GmbH (nun TEWE Elektronik GmbH) sowie die Programmierungsfirma Heavy Data GmbH, die sich als sehr kompromissbereite und sehr gute Partner herausgesellt haben.

Die zukünftigen Aufgaben bestehen in der Vernetzung der Daten mit Schlagkarteien oder Düngeplanungsprogrammen, die im Rahmen des „DigiFu“ Projektes nicht umgesetzt wurden. Weiterhin gilt es, weitere praxistaugliche Verfahren zur Erfassung der Erträge im Grünland zu untersuchen und die Eignung der Verknüpfung mit einem in der Praxis gängigen Schlagkartei- und Düngeplanungsprogramm zu prüfen.

9.4.1.4. Vorhabensbeschreibung des Modell-Projektes

Methoden der Ertragserfassung im Feld

Da es sich in dem hier beschriebenen Projektvorhaben um die Entwicklung und Erprobung einer digitalen Methodik zur möglichst genauen und schlagspezifischen Ertragsschätzung handelt, ist das Anliegen des hier beschriebenen Vorhabens, die in dem Projekt „DigiFu“ entwickelten Prozesse für Bremen weiterzuentwickeln, um sie für Praxisbetriebe zugänglich und brauchbar zu machen. Dieses bedeutet im Detail, dass über GPS Zuordnung (Krone Smart Connect) der gewogenen Daten, deren Weiterverarbeitung, Flächenzuordnung und

Plausibilisierung in eine Ackerschlagkartei erfolgen kann. Dieses ist der neue, digitale und innovative Ansatz in diesem Projekt.

Weiterhin sind die entwickelten Prozesse dahingehend zu prüfen, ob weitere Ertragserfassungsmethoden (vgl. Tabelle 3) im Grünland Anwendung finden können. So kann die Datenübertragung von einer Bandbreite an Methoden, die teilweise bereits in der Praxis Anwendung finden, sichergestellt werden. Weiterhin können so die unterschiedlichen Erfassungsmethoden miteinander verglichen und validiert werden. Die zu prüfenden Ertragserfassungsmethoden sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Alle Methoden sollen während bzw. kurz vor der Ernte auf jeweils zwei ausgesuchten Flächen je Betrieb im Land Bremen Anwendung finden. Je Erntetermin kann so mittels aller aufgelisteten Methoden der schlagspezifische Ertrag/Trockensubstanzgehalt erfasst werden und eine gegenseitige Validierung vorgenommen werden.

Tabelle 3: Hersteller und verwendete Produkte

Methodik	Ziel	Vorgesehene Hersteller
NIRS-Sensorik am Feldhäcksler	Trockensubstanzbestimmung und Ertragsmessung	KRONE GmbH & Co. KG (Smart Connect Solar)
Mobile Fuhrwerkswaage	Ertragsbestimmung	Heavy Data GmbH & dev4Agriculture und z.B. TEWE Elektronik GmbH
NutriOpt NIRS-Sensor	Trockensubstanzbestimmung, Qualitätsparameter	Trouw Nutrition Deutschland GmbH
Rising-Platometer	Ertragsbestimmung	Jenquip, New Zealand
Handbeprobung/ Beprobungsrahmen	Ertrags- und Trockensubstanzbestimmung (inkl. Qualitätsparameter)	Eigenbau LWK

Datentransfer in Ackerschlagkartei

In Sinne der Förderung der Automatisierung der Ertragserfassung im Grünland ist es das weitere Ziel des beschriebenen Projektes, die erfassten Daten zu digitalisieren und in bereits in der Praxis verwendete Programme zur Schlagkartei-/Düngeplanung zu überführen. Hierfür sollen im Rahmen des Projektes die Möglichkeiten, zusammen mit bestehenden Programmen, evaluiert und möglichst in die Praxis umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund wurde in einem Vorprojekt bereits erfolgreich mit der Firma NEXT Farming Sales GmbH gearbeitet, die Zusammenarbeit könnte fortgesetzt werden.

9.4.1.6. Kostenschätzung und Projektlaufzeit

Es werden Kosten von rd. 225.000 € für das gesamte Projekt veranschlagt mit einer Projektlaufzeit von drei Jahren.

9.4.2. Digitale Weide - Demonstrieren und Testen der Praxistauglichkeit von digitalen Monitoring-Tools für weidende Rinderherden in Bremen

9.4.2.1. Hintergrund

Die Weidehaltung gilt als eine tierschutzorientierte und naturnahe Haltungsform und wird trotz ihres Rückgangs von vielen rinderhaltenden Betrieben als bedeutungsvoll angesehen. Besonders die Bremer Landwirtschaft ist geprägt von milchviehhaltenden Betrieben mit grünlandbasierter Fütterung, wobei auch semiintensive und extensive Produktionsintensitäten in Weidesystemen von Bedeutung sind. Die gesellschaftlichen Erwartungen an die Milcherzeugung sind geprägt von Zielgrößen wie Tierschutz, Umweltverträglichkeit, Klimaschutz und Biodiversität. Diese Faktoren können u.a. in Weidehaltungssystemen gewährleistet werden, wobei das Erreichen der genannten Faktoren stark von dem einzelbetrieblichen Management abhängig ist.

Durch den technologischen und digitalen Fortschritt in den Bereichen Landtechnik und automatischer Fütterungssysteme in den letzten Dekaden waren enorme Effizienzsteigerungen in Stallhaltungssystemen möglich. Durch entsprechende Halsband- oder Ohrmarkentechnik im Stall ist eine erleichterte Einzeltierbeobachtung möglich, durch die auffällige Tiere, zum Beispiel im Krankheitsfall, identifiziert werden und der/die Landwirt*in schnell mit einer Behandlung reagieren kann. Im Vergleich zu Stallhaltungssystemen war in Weidehaltungssystemen diese Entwicklung und der Optimierungswille über digitale Tools in den letzten Dekaden in der Praxis weniger stark ausgeprägt. Aktuell steigen jedoch die Nachfrage und auch das Angebot digitaler Managementtools für ein professionelles Weidemanagement. Hierzu zählen unter anderem sensorgestützte Tierhalsbänder und Ohrmarken, die zur direkten Einzeltier- und Herdenüberwachung genutzt werden können.

9.4.2.2. Zielsetzung des digitalen Weidemonitorings

Obwohl die Weidefutteraufnahme des Tieres eines der bedeutendsten Faktoren im produktiven Weidemanagement ist, gibt es neben komplexeren wissenschaftlichen Anwendungen (z.B. „RumiWatch“) keine marktreifen und für die Praxis verfügbaren Tools, die die Futteraufnahme des Weidetieres messen können. Als bereits anwendbar und als sehr sinnvoll einzustufen hingegen gelten sensorgestützte Geräte mit GPS-Ausstattung zur Bestimmung von Verhalten und Aktivität von weidenden Rindern mittels Sensorik zur Generierung von Verhaltensdaten, die eine Standort-, Aktivitäts- und Verhaltenskartierung von Einzeltieren und Herden auf der Weide ermöglichen. Besonders interessant sind diese Daten mit Blick auf ein erfolgreiches Prädatorenmanagement (wie den Wolf), um hier z.B. bei zunehmender Unruhe in einer Herde schnell reagieren zu können. Aktuell sind diese

Herdenüberwachungs-Tools jedoch in der Praxis weniger stark verbreitet. Durch die Weidedigitalisierung kann es jedoch möglich sein, das Weidemanagement auch auf hoffernen Weideflächen durch die Möglichkeit der Tierüberwachung zu erleichtern und dadurch eine professionelle Weidehaltung wieder attraktiv zu machen. Das Ziel ist hierüber eine neue Begeisterung für das Thema Weide zu schaffen und somit indirekt eine nachhaltige, tierschutzorientierte und naturnahe Weidehaltung zu fördern.

Funktionen von aktuell auf dem Markt erhältlichen Tools beinhalten u.a. laut den Herstellern:

- Vitaldaten, Einzeltierbezogen
- Bewegungsprofile Stall / Weide bei Wetterextremen
- Erfassung von Gesundheitsdaten über Temperaturverläufe
- Frühzeitiges Erkennen von Krankheiten (reduzierter Medikamenteneinsatz)
- Fress- und Wiederkauverhalten
- Mögliche Anpassung der Fütterung / Weidehaltung
- Effizienzsteigerung eingesetzter Futtermittel (Ressourcenschutz)
- Brunstsignale
- Geburtsankündigung

9.4.2.3. Vorhabensbeschreibung des Modell-Projektes

- Testen verschiedener Tools auf Betrieben mit unterschiedlicher Produktionsausrichtung und -intensität (Milchvieh, Mutterkuh, Jungtiere etc.)
- Betreuung der Betriebe durch den Fachbereich Grünland und Futterbau der LWK NI bei Etablierung des jeweiligen Systems
- Pro Betrieb sollte ca. 1/3 der Herde mit Ohrmarkensensoren/Halsbändern ausgestattet werden, um auch die unterschiedlichen Laktationsstadien abbilden zu können. Bei einem Betrieb mit 100 Milchkühen wird von 35 Sensoren ausgegangen.
- Testung und Dokumentation der Benutzerfreundlichkeit des Systems durch regelmäßige Umfragen der Landwirt:innen, um Zufriedenheit und Praktikabilität des Systems festzustellen → Ziel: Generierung von Beratungsaussagen und unabhängiges Testen der Produkte um Empfehlungen zu geben für breite landwirtschaftliche Praxis und Verstetigung einer nachhaltigen Weidehaltung in Bremen
- Teilnehmende Betriebe sollen Demonstrationscharakter für andere Betriebe haben, die auch bei Feldtagen und „Field-Walks“ vorgestellt werden können und somit die Weide zugänglicher gemacht wird.
- Einrichten eines Arbeitskreises, in dem sich weidehaltende Betriebe regelmäßig zum Thema Weide und Digitalisierung der Weide austauschen

- Hinweis: Die detaillierte Vorhabensbeschreibung ist stark abhängig von der Ausstattung und Motivation und fachlichen Einbringung der teilnehmenden Betriebsleiter:innen

Tabelle 5: Mögliche Produkte zum Testen im Projekt

Firma	Produktname	Ohrmarke	Halsband	Bolus	Was wird erfasst
Cowmanager	Cowmanager	x			Aktivität (Brunst), Temperatur, Wiederkau- und Fressverhalten
Allflex Group	Allflex SenseHub	x	x		Aktivität, Wiederkau- und Fressverhalten
Alta Genetics	Cow Watch		x		Aktivität, Wiederkau- und Fressverhalten
De Laval	Biosensor		x		Aktivität, Gesundheitsdaten
Dairymanager	Moo Monitor		x		Aktivität (Brunst), Temperatur, Wiederkau- und Fressverhalten
Gea	CowScout		x		Aktivität, Fressverhalten
SmaXtech	smaXtech-PH Bolus Bolus			x	Brunsterkennung, Fress- und Wiederkauverhalten, Gesundheitsdaten, Optimierung der Ration

9.4.2.4. Zeitplan

Tabelle 6 beschreibt den vorläufigen Arbeitsplan in dem Projekt, in Abhängigkeit der Ausstattung der teilnehmenden Betriebe noch verändert werden kann/muss.

Tabelle 6: Gantt-Chart zur vorläufigen Beschreibung des geplanten Projektablaufs

Jahr	2024				2025				2026			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Betriebsakquise/Absprachen mit Betrieben												
Planung/Absprachen mit Hardware- und Softwareentwicklern												
Installation der Halsbänder/Ohrmarken für die Weide												
Testung, Befragung der Landwirte												
Verfassen Zwischenbericht												
Wissenstransfer, Arbeitskreise												
Feldtage/Informationsveranstaltungen												
Verfassen Endbericht												
Projektabschluss												

9.4.2.5. Kostenschätzung und Projektlaufzeit

Es werden Kosten von rd. 60.000 € je Betrieb für das gesamte Projekt veranschlagt mit einer Projektlaufzeit von drei Jahren.

10. Literaturverzeichnis

- [1] AMAZONE (2021): Unkrautbekämpfung auf den Punkt gebracht. <https://amazone.de/de-de/service-support/fuer-medien/pressemeldungen/aktuell/unkrautbekaempfung-auf-den-punkt-gebracht-968506> (Stand 12.08.2021)
- [2] Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL). Der Kuhstall wird digital <https://www.praxis-agrar.de/tier/rinder/der-kuhstall-wird-digital> (Stand 07.09.2022)
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Referat 717 (20018). Digitalisierung in der Landwirtschaft; Chancen nutzen – Risiken minimieren
- [4] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Referat 821 (2022) Digitalisierung in der Landwirtschaft, Chancen nutzen – Risiken minimieren
- [5] Dänzer, D. (2022). Exakt düngen nach Pflanzenbedarf. Innovationen bei Mineraldüngerstreuern reduzieren die Ausbringungsmenge stärker als im Green deal gefordert. Agrarzeitung 6, 2022
- [6] Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (2024) Entwicklungskonzept Landwirtschaft Bremen 2035
- [7] DLG-Ausschuss für Pflanzenernährung; Lorenz, F.; Münchhoff, K. (2015). DLG-Merkblatt 407 Teilflächenspezifische Bodenprobenahme und Düngung https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_407.pdf
- [8] Ecorobotix ARA: Die intelligente Feldspritze https://ecorobotix.com/wp-content/uploads/2023/11/20231031_Ecorobotix_BrochureARA_DE_NEUTRE_WEB.pdf (Stand 27.02.2024)
- [9] Fry, A.C. (2021). Kühe virtuell einzäunen. Top Agrar Nr 1/2022
- [10] Fry, A.N. (2022), Kühe virtuell einzäunen Top agrar 1/2022
- [11] Fübbecker, A. (15.10.2015) Alle Verfahren haben Vor- und Nachteile. Badische Bauern Zeitung
- [12] Geobox Infrastruktur <http://geobox-infrastruktur.de/videos/> oder <https://www.youtube.com/watch?v=6QqeHlk32fs&t=143s> (Stand 26.09.2022)
- [13] Gödecke, J. (2021) Auf die richtige, digitale Karte setzen. Land&Forst 28/2021
- [14] Gödecke, J. (2022). Drohnen, Daten, digitale Düngung. Land&Forst 25/2022
- [15] Gödecke, J. (2022). Drohnen, Daten, digitale Düngung. Land&Forst 25/2022
- [16] GreenGrass. Weidesysteme <https://www.greengrass-project.de/weidesysteme/> (Stand 3.11.2022)
- [17] Haats, C. (30.03.2021): Vermerk Ökolandbau Bremen - Öko-Jahresmeldung für das Jahr 2020 – Strukturdaten, Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
- [18] <https://agrartrends.de/agrarhandel-per-mausklick-zahl-der-online-plattformen-boom/> (Stand 22.11.2022)
- [19] <https://allgaeuautomation.de/> (Stand 27.02.2024)
- [20] <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/pflanzenschutztechnik/amazone-ux-5201-smartsprayer-965616> (Stand 27.05.2024)
- [21] <https://store.delaval.com/globalassets/germany/Prospekte/dl958-bcs-kamera-prospekt.pdf> (Stand 19.12.2022)
- [22] <https://www.agrarheute.com/technik/gruenlandtechnik/serienreif-lely-exos-fuettert-tag-nacht-frisches-gras-609052> (Stand 9.01.2024)
- [23] <https://www.claas.de/produkte/digitale-loesungen/crop-sensor> Stand 19.12.2022)
- [24] <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suche-nach-pruefberichten/?filter=NIR&locale=de&cHash=7f73e41e3f71129ed4e2fa288db0db84> (Stand 16.2.2024)
- [25] <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/pflanzenernaehrung/dlg-merkblatt-407-teilflaechenspezifische-bodenprobennahme-und-duengung> (Stand 16.2.2024)

- [26] <https://www.dlg-wintertagung.de/blog/digitalisierung-zur-implementierung-der-erfassung-der-ernte-und-futterertraege-nutzen> (Stand 29.09.2022)
- [27] <https://www.dlr.rlp.de/Geo-Service/Geoservice-Bundeslaender/uebersicht-dienste>
- [28] <https://www.dlr.rlp.de/Geo-Service/Geoservice-Bundeslaender/uebersicht-dienste>
- [29] <https://www.dlr.rlp.de/Geo-Service/Geoservice-Bundeslaender/uebersicht-dienste> (Stand 26.09.2022)
- [30] https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/news/34543_NIRS-Sensoren_auf_Guellewagen_%E2%80%93_praxisreif_fuer_die_Dokumentation_nach_Duengerecht (Stand 19.12.2022)
- [31] https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/landwirtschaft_node.html
- [32] <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de> (Stand 27.2.2024)
- [33] <https://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/rinder/239423/index.php> (Stand 19.12.2022)
- [34] <https://www.onesmartspray.com/de/home/> (Stand 27.02.2024)
- [35] <https://www.topagrar.com/markt/news/agrarhandel-onlineplattformen-allein-reichen-nicht-12850423.html> (Stand 22.22.2022)
- [36] <https://www.topagrar.com/technik/news/weitere-nirs-quelle-sensoren-zertifiziert-12483816.html> (Stand 16.2.2024)
- [37] JGA/DLG/BLG (2021) Kuhstall wird digital. Land & Forst Nr 37
- [38] Lely Exos Unlock the full potential of fresh grass. <https://lely.com/exos/> (Stand 19.12.2022)
- [39] Lührmann, B. (2021) Die Vorteile von Sensorsystemen nutzen. Land & Forst Nr 13
- [40] Mund, M. (2022). Ampfer mit dem RumboJet 880 von Allgäu Automation gezielt bekämpfen. TopAgrar
- [41] Pechtl, M.; Worek, F.; Thurner, S. (2021). Futterbau: erfassen, um zu verbessern. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt. 14.2021
- [42] Schaal, R. (2022). Viehhaltung in virtuellen Grenzen. Agrarzeitung Nr 6
- [43] Schick, M. (2022). Digitale Innovationen im Rinderstall. Land & Forst 44/2022
- [44] Schmidt, R. (2022). Systemrelevanz für digitale Landwirte, Lösungsorientierte Farm-Management-Systeme im Vergleich. Agrarzeitung 29
- [45] Ulrich L. (2022): Es geht noch nicht ohne den Menschen. Land und Forst 4/2022, Seite 44–45
- [46] Ulrich, L. (2022): Es geht noch nicht ohne den Menschen. Land und Forst 4/2022, Seite 44-45
- [47] Worek, F.; Thurber, S. (2020). Ertragserfassung in der Futterernte: Wissen, wie viel es zu fressen gibt. Profi 6.2020