BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS

HBLFA FRANCISCO JOSEPHINUM WIESELBURG

technopolprogramm niederösterreich

Europäische Union Investitionen in Wachstum & Beschäftigung. Österreich.

TAGUNGSBAND

21. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium

ARBEIT IN DER DIGITALEN TRANSFORMATION

13. / 14. März 2018

HBLFA Francisco Josephinum
AT 3250 Wieselburg, Rottenhauser Straße 1
Tel.: +43 (0)7416 52175, Fax: +43 (0)7416 52175-645
blt@josephinum.at, http://blt.josephinum.at

IMPRESSUM

21. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium
des VDI-Fachbereichs Max-Eyth-Gesellschaft-Agrartechnik (VDI-MEG)

Beiträge zum 21. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquium VDI-MEG
vom 13. / 14. März 2018 in Wieselburg

Herausgeber:
HBLFA Francisco Josephinum, AT-3250 Wieselburg
des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus

Für den Inhalt verantwortlich:
Für die in diesem Tagungsband veröffentlichten Referate sind die Autoren verantwortlich.

Redaktion:
Franz Handler, Petra Renz
BLT Wieselburg
Tel.: +43 7416 52175-0
E-Mail: blt@josephinum.at
Web: blt.josephinum.at

Druck, Verlag und © 2018
Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-902451-16-3

INHALTSVERZEICHNIS

Ressourcen, Belastungen und Stress in der Landwirtschaft 5
Andreas Strempfl

Stresswahrnehmung in der Schweizer Landwirtschaft 17
Christina Umstätter

Erstellung von Anforderungsprofilen für die Stecklingsproduktion der Dreimasterblume 25
Sophie Schaffernicht, Andreas Gronauer, Elisabeth Quendler

AUF AUGENHÖHE - Inklusives Fortbildungsangebot der Landwirtschaft und Waldorfpädagogik 34
Heike Purtscheller, Leonhard Weiss, Elisabeth Quendler

Optimierung der Arbeitsorganisation durch digitales Management 46
Theresa Schuller, Jörg Rühle

Big Data – Der Nutzen für Gesundheitsschutz in der Tierhaltung 52
Peter Muckenhuber

Methode zur Ermittlung relevanter Maschinenzusammenstellungen für landwirtschaftliche Betriebe im Ackerbau 66
Steffen Hanke, Ludger Frerichs

Praktisches Management von Preisrisiken in der Getreidevermarktung 72
Martin Ziegelbäck

Analyse von Verfahren in der Streuwiesenpflege 80
Albert Stoll

Arbeitszeitbedarf bei der Automatisierung der biologischen Unkrautbekämpfung am Beispiel des Ampfers 93
Roy Latsch, Ruedi Stark

Digitale, automatisierte Dokumentation von Maschinen-, Anbaugeräten- und MitarbeiterInnen-Aktivität im landwirtschaftlichen Pflanzenbau 100
Theresa Schuller, Jörg Rühle

Zeitgliederung als Basis für die Optimierung des Maschineneinsatzes 106
Winfried Fechner, Norbert Uebe

Nutzung von Körperkameras zur Arbeitszeiterfassung im Bereich der Belüftungsheuproduktion 117
Juliana Mačuhová, Stefan Thurner, Bernhard Haidn

Arbeitszeitbedarf bei Abferkelbuchten mit Bewegungsmöglichkeit für die Sau 128
Emil Blumauer, Franz Handler, Birgit Heidinger

Grundfutterqualität und Arbeitszeitaufwand während der Ernte österreichischer Almochsenmastbetriebe 139
Elisabeth Quendler, Christina Maria Hölbling, Sophie Schaffernicht, Werner Zollitsch

Misch- und Austragungsgenauigkeit automatischer Fütterungssysteme 143
Claudia Leicher, Bernhard Haidn

Herausforderungen und Architekturen für Datenintegration in der Landwirtschaft 155
Martin Wischenbart

agrirouter: Das technische Konzept einer herstellerübergreifenden webbasierten Datenaustausch Plattform für die Landwirtschaft 163
Johannes Sonnen, Jens Möller

Welchen Beitrag leistet ein FMIS für ein modernes Betriebsmanagement? 169
Reinhard Streimelweger

CLAAS Telematics – Datenmanagement 183
Wolfgang Meyer

Kalkulationsrechnung für ein optimales Supply Chain Management 186
Michael Schmid, Sascha Wörz, Heinz Bernhardt

Development of a prediction model for automatic lameness detection in dairy cows 196
Isabella Lorenzini, Katharina Grimm, Bernhard Haidn, Eyal Misha

Auswirkungen von Automatisierung auf die Arbeitsanforderungen der Melkarbeit 209
Martin Höhendinger, Sophie Kern, Jörn Stumpenhausen, Heinz Bernhardt

***Perceived Quality* als Leitbild in der Entwicklung von Operatorsystemen 215**
Susanne Frohriep

Empfehlungen für die Gestaltung von Human Machine Interfaces zur Wildtiererkennung während der Frühjahrsmahd 222
Elisabeth Gurdet, Benedikt Salzbrunn, Wilfried Kubinger

AUVAfit – ein Programm zur Arbeitsplatzoptimierung 233
Julia Lebersorg-Likar

System Captiv – Messtechnische Bewegungsanalyse 239
Norbert Lechner

Definition einer Prüfmethode für die Vertikaldynamik an Traktoren 245
Jürgen Karner, Lukas Handl

Physische und psychische Arbeitsbeanspruchung von Landwirtinnen bei Grundbodenbearbeitung und Saat auf österreichischen Landwirtschaftsbetrieben 253
Julia Wagentristl, Theresia Oedl-Wieser, Elisabeth Quendler

Ressourcen, Belastungen und Stress in der Landwirtschaft

Andreas Strempfl
SVB Steiermark, Raaba-Grambach, Österreich

1. THEORIE

1.1. Stress

Der Begriff „Stress“ kommt aus dem Englischen und wird als Druck, Beanspruchung, Belastung, Zug, Spannung übersetzt. Ursprünglich stammt der Betriff aus der Materialprüfung. Die im Material daraus resultierenden Änderungen werden als „Strain“ oder Beanspruchung bezeichnet. Jedoch führt ein bestimmter „Stress“ oder „Load“ nicht bei jedem Stab zum gleichen „strain“ (Rutenfranz, 1981: S. 382). Hans Selye, austro-kanadischer Physiologe (1936), übertrug den Terminus Stress auf die Belastung von Organismen und den Menschen (Rensing et al., 2006: S. 5).

In der Naturwissenschaft ist der Begriff Stress noch weiter gefasst. Hier wird versucht den Organismus als Gesamtes zu sehen und Stress beinhaltet alle Beeinträchtigungen des Organismus durch physikalische, chemische oder biologische Belastungsfaktoren (Rensing et al., 2006: S. 2). Es wird im naturwissenschaftlichen Ansatz stets die Reaktion des Körpers auf äußere Einflüsse betont. Somit ist Stress der Versuch des Körpers, sich auf verschiedene Arten von Überlastung einzustellen. Im klinischen Wörterbuch Pschyrembel wird Stress als „unspezifische Alarmreaktion des Körpers“ (bei Fortsetzung bis Erschöpfung und Tod) definiert.

1.2. Belastungen

Belastungen wirken auf menschliche Organismen ein und verursachen eine unterschiedliche Reaktion. Belastungen sind auf den Menschen einwirkende Faktoren, die körperlicher (physisch), sozialer, emotionaler oder/und psychischer Natur sein können. Körperliche Belastungen können sein: Schwere körperliche Arbeit (Heben, Tragen), falsche Sitzpositionen, Zwangshaltungen, Luftzug, Lärm, Staub, Pflanzenschutzmittel usw.

Soziale Belastungen: Betriebsklima, einsame Arbeit, Mobbing, fehlende Anerkennung und Wertschätzung, keine Mitsprache, unangemessene Entlohnung usw.

Emotionale Belastungen: Gefühle wie Angst, Trauer, Ärger, Frustration etc.

Psychische Belastungen: nur Routinetätigkeiten, Freundlichkeitsdruck, Informationsüberflutung, Multitasking, Perfektionismus, geringer Handlungs- und Entscheidungsspielraum, Zeitknappheit, hohe Verantwortung, hohe Auflagen, Konflikte usw.

1.3. Beanspruchung

Beanspruchungen sind subjektive Verarbeitungen von Belastungen. Sie sind somit vom Menschen bewertete Belastungen. Die Art der Bewertung erfolgt aus Erfahrungen, Erziehungsformen usw.

1.4. Ressourcen

Den Belastungen und deren individuellen Bewertungen (Beanspruchungen) wirken die Ressourcen eines Menschen entgegen. Ressourcen sind somit eine wichtige „Puffermöglichkeit“ gegen Stress. Nach Schönpflug (1987: S. 151) sind Ressourcen jene Mittel, die der Mensch einer Belastung entgegenzusetzen hat. In der Gesundheitspsychologie werden Ressourcen als jene Faktoren bezeichnet, die geeignet sind, die psychische, physische und soziale Gesundheit eines Menschen zu fördern, vor allem bei einer Gefährdung der Gesundheit durch Belastungen und Krankheiten (vgl. Weber, 2002: S. 466). Stress kann somit auch entstehen, wenn Ressourcen bedroht werden, verloren gehen oder wenn sich investierte Ressourcen nicht rentieren (vgl. auch Knoll et al., 2005: S. 104). Ressourcen können materieller Natur (z. B. Geld, schönes Haus, Auto), Bedingungen bzw. Umstände (z. B. Gesundheit,

Arbeitsplatzsicherheit, Handlungs- und Entscheidungsspielraum, Karriere) aber auch persönlich-individuell (z. B. Freude, Glück, Freundschaften, Zufriedenheit, Hobbys, Sinn im Leben, Entspannungsübungen, Religion) sein. In den Modellen der Salutogenese (lg. Heil, Gedeihen Wohlsein) nach Antonovsky (vergl. Bengel, 2002: S. 483) und der Resilienz (psychischen Widerstandsfähigkeit) (Berndt: 2013) werden Ressourcen als wichtige Faktoren im Umgang mit Stress beschrieben.

1.5. Auswirkungen von Stress

Stress wirkt sich im Wesentlichen auf 3 Ebenen aus:

a) psychologische Folgen

Eine psychologische Folge von Stress ist die psychische Ermüdung. Psychische Ermüdung wird verstanden als eine vorübergehende Beeinträchtigung der psychischen und körperlichen Funktionstüchtigkeit, die je nach Höhe, Dauer und Verlauf von vorangegangener psychischer Beanspruchung eintreten kann.

Nach Lazarus sind psychologische Stressfolgen Anspannung, Frustration, Gereiztheit, Ermüdung, Monotonie, Sättigungsgefühle, Ängstlichkeit, Depressivität, Burnout (emotionale Erschöpfung, Gefühl der verminderten Leistungsfähigkeit, Arbeitsunzufriedenheit etc.) (Zapf und Dormann, 2001: S. 565).

b) physiologisch-somatische Folgen

Nach Lazarus sind physiologisch/somatische Stressfolgen erhöhte Herzfrequenz, Blutdrucksteigerung, organische Krankheiten, psychosomatische Beschwerden (Zapf und Dormann, 2001: S. 565).

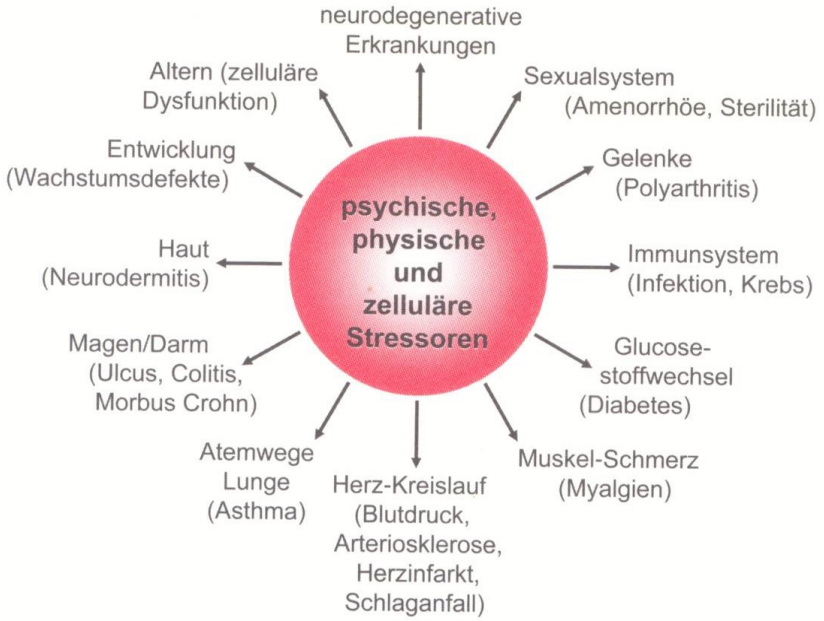


Abbildung 1: Stress und somatische Gesundheitsrisiken – schematische Darstellung (Rensing et al., 2006: S. 284)

Im Wesentlichen reagiert die „schwächste Stelle“ eines Organismus.

c) verhaltensbezogene Folgen

Lazarus erwähnt in seinem Stressmodell verhaltensbezogene Stressreaktionen wie Leistungsschwankungen, Fehler, Leistungszurückhaltung, vermehrtes Rauchverhalten, höher Alkohol- bzw. Tablettenkonsum, mehr Fehlzeiten etc. (Zapf und Dormann, 2001: S. 565).

Stressmodell nach Lazarus im Überblick

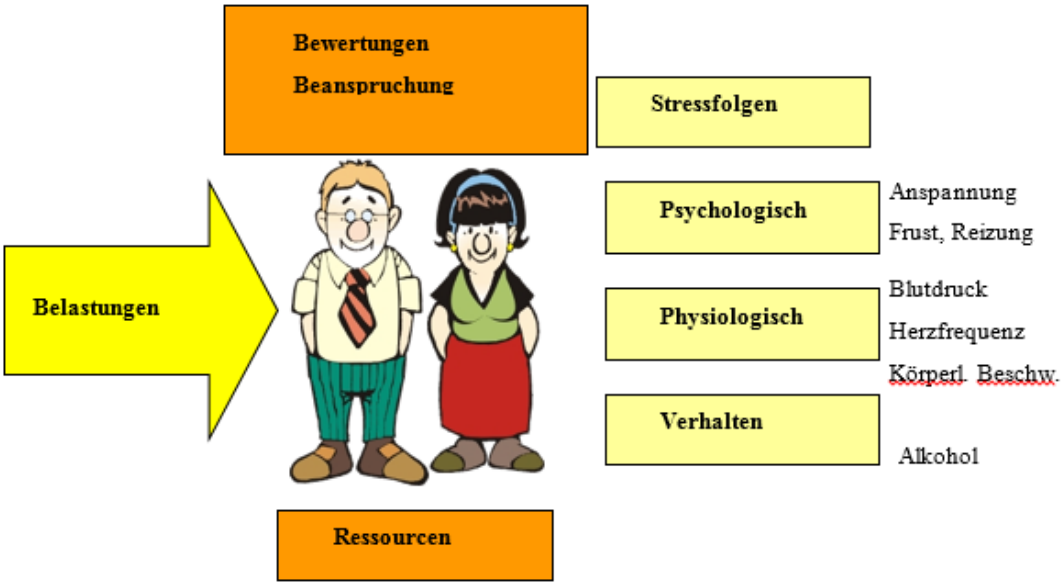


Abbildung 2: Transaktionales Stressmodell nach Lazarus modifiziert nach Zapf und Dormann (2011) – Grafik Strempfl 2012.

2. PRAKTISCHER TEIL

2.1 Stress in der Land- und Forstwirtschaft

Im Zuge eines mehrstufigen Verfahrens wurden in den Jahren 2005 und 2006 Stress, Belastungen und Ressourcen bei fast 2000 steirische Bäuerinnen und Bauern mittels psychologischer, physiologischer und soziologischer Methoden analysiert. Dazu einige Ergebnisse der Studie (Strempfl, 2012).

Kognitives Stressempfinden der steirischen Bäuerinnen und Bauern

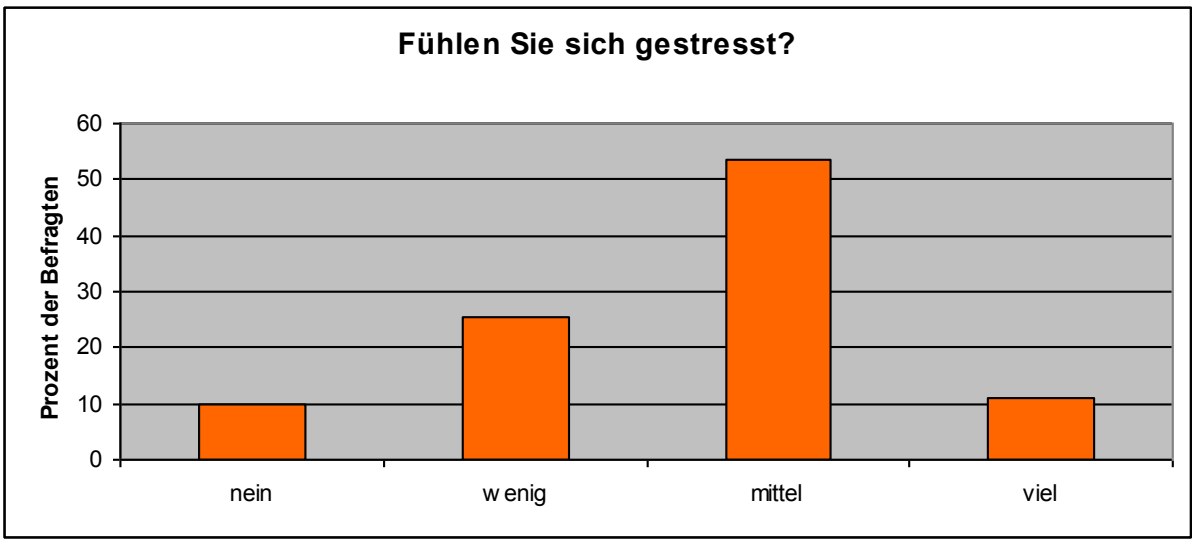


Abbildung 3: Kognitives Stressempfinden der steirischen Bäuerinnen und Bauern – eigene Erhebung

Die Auswertung ergab, dass sich nur 9,7 Prozent der befragten Bäuerinnen und Bauern nicht gestresst fühlten, jedoch 25,4 Prozent zumindest wenig, 53,7 Prozent mittel und 11,2 Prozent viel gestresst fühlten (n=877) (Strempfl, 2012).

2.2 Belastungen/Stressoren in der steirischen Land- und Forstwirtschaft

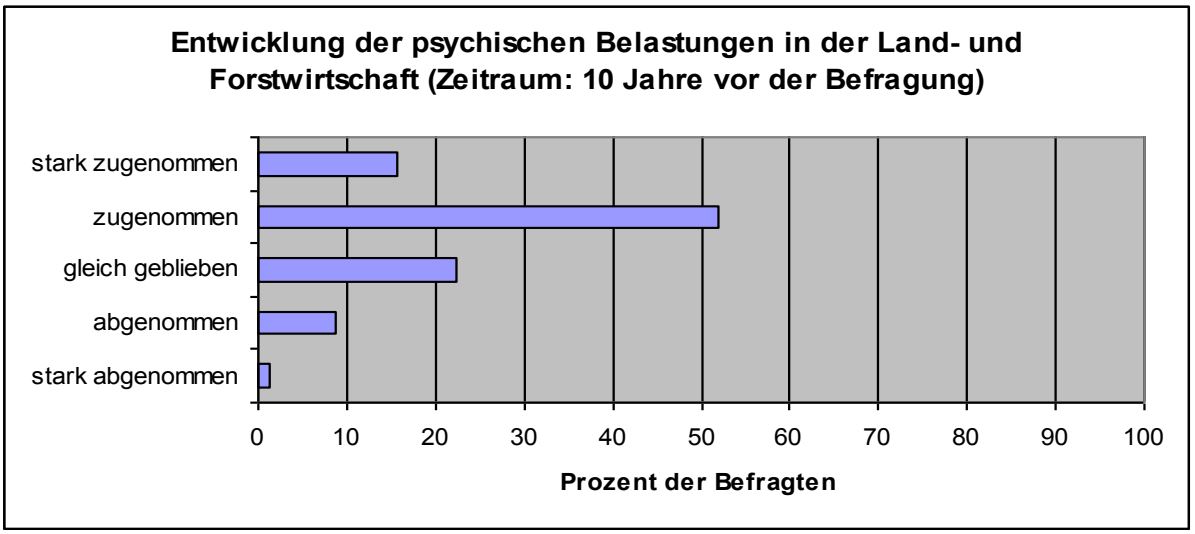
Eine Auswertung von **70 Belastungsfaktoren** ergab, dass es in der bäuerlichen Landwirtschaft einen enormen **Verantwortungsdruck** gibt. Konkret gegenüber der Familie, den Konsumenten (Produktsicherheit und Qualität) und den Generationen (Hoferbe). Von den Landwirten wird erwartet, immer mehr und schnellere Entscheidungen zu treffen. Trotz massiver Technisierung kommt es durch Betriebsvergrößerungen und Arbeitskräftemangel zu massiven Zeitengpässen. Immer neue und teilweise strengere, geänderte Auflagen (mehr Bürokratie) werden im „Belastungsranking" angegeben. In gewissen Sparten werden „Zukunftsängste" als große Belastungsfaktoren angeführt. Interessant ist auch die Tatsache, dass es vor allem **psychische Belastungen** sind, die in den vergangenen Jahren massiv zugenommen haben dürften (Strempfl, 2012).

Tabelle 1: Belastungsfaktoren der steirischen Bäuerinnen und Bauern, 2012 – eigene Erhebung

Summe total: n=684
01) Hohe Verantwortung
02) Termindruck
03) Zeitnot
04) Viele Arbeitsspitzen
05) Wetterabhängigkeit
06) Lange Arbeitszeiten
07) Hohe Auflagen
08) Wenig Freizeit
09) Routine
10) Körperliche Anstrengung
11) Bürokratie
12) Wenig Pausen
13) Zukunftsangst in der Landwirtschaft
14) Überforderung
15) Wenig Ruhezeiten

Anmerkung: Die Reihung der Belastungsfaktoren entspricht der Häufigkeit der Befragten zum jeweiligen Zutreffen des Belastungsfaktors.

Entwicklung der psychischen Belastungen in der steirischen Land- und Forstwirtschaft



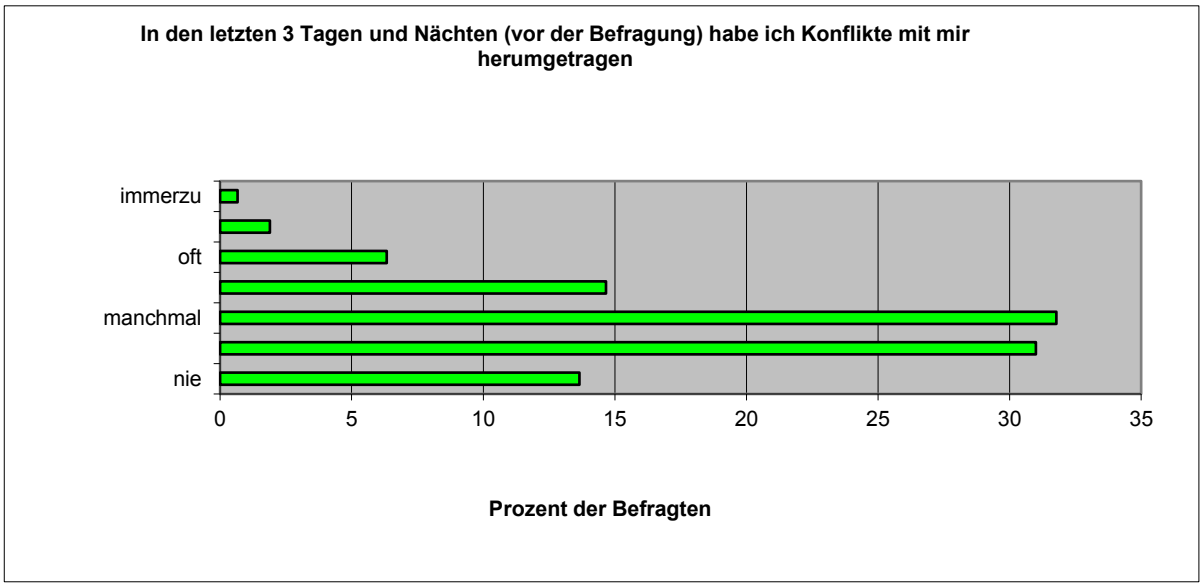
n=889

Abbildung 4: Entwicklung der psychischen Belastungen in der Land- und Forstwirtschaft (10 Jahre vor der Befragung) – eigene Erhebung

Die psychischen Belastungen haben sich nach Angaben der steirischen Bäuerinnen und Bauern in den letzten 10 Jahren vor der Befragung folgendermaßen entwickelt:

Fast 16 Prozent sind der Meinung, dass die psychischen Belastungen in der Land- und Forstwirtschaft stark zugenommen, fast 52 Prozent zugenommen haben und für etwa 22 Prozent sind sie in etwa gleich geblieben. Nur ca. 8,5 Prozent der befragten Bäuerinnen und Bauern meinten, dass die psychischen Belastungen abgenommen bzw. stark abgenommen (etwa 1,4 Prozent) hätten.

Konfliktverhalten der steirischen Bäuerinnen und Bauern



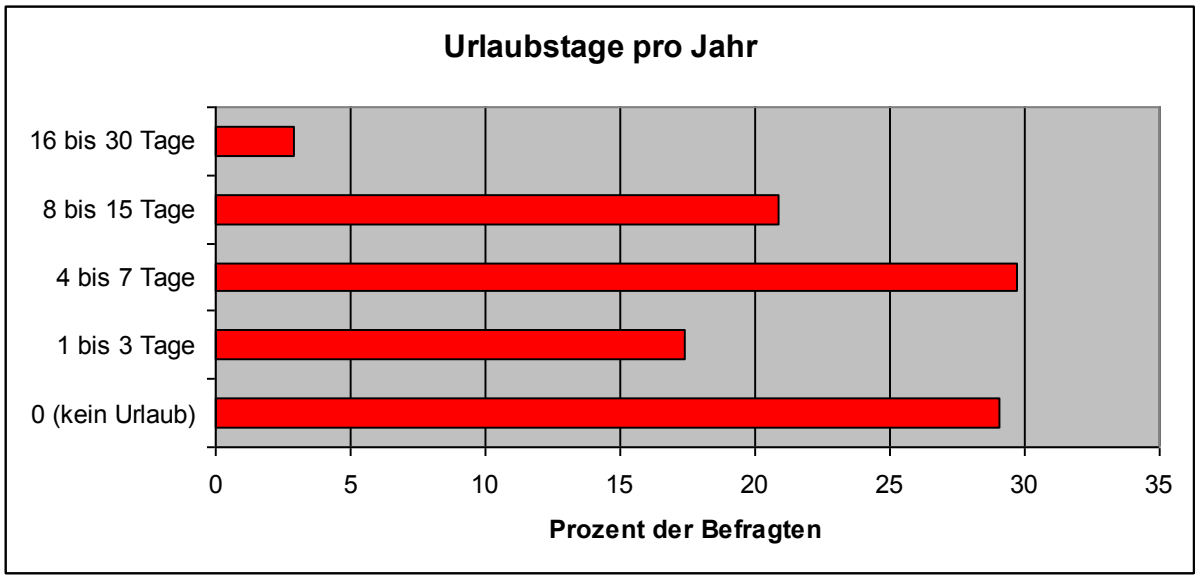
n =900

Abbildung 5: Konfliktverhalten der steirischen Bäuerinnen und Bauern – eigene Erhebung

Nur etwa 13 Prozent der befragten Bäuerinnen und Bauern gaben an, dass sie in den letzten 3 Tagen und Nächten keinen Konflikt mit sich herumgetragen hätten. In den letzten 3 Tagen und Nächten vor der Befragung haben 31 Prozent selten, etwa 32 Prozent manchmal, 15 Prozent mehrmals, über 6 Prozent oft, fast 2 Prozent sehr oft und fast 1 Prozent immerzu einen Konflikt mit sich herumgetragen.

2.3 Ressourcen

Für den Stressabbau ist Urlaub (Pausen für den Alltag) sehr wirkungsvoll. Ein Drittel der Befragten macht keinen Urlaub.

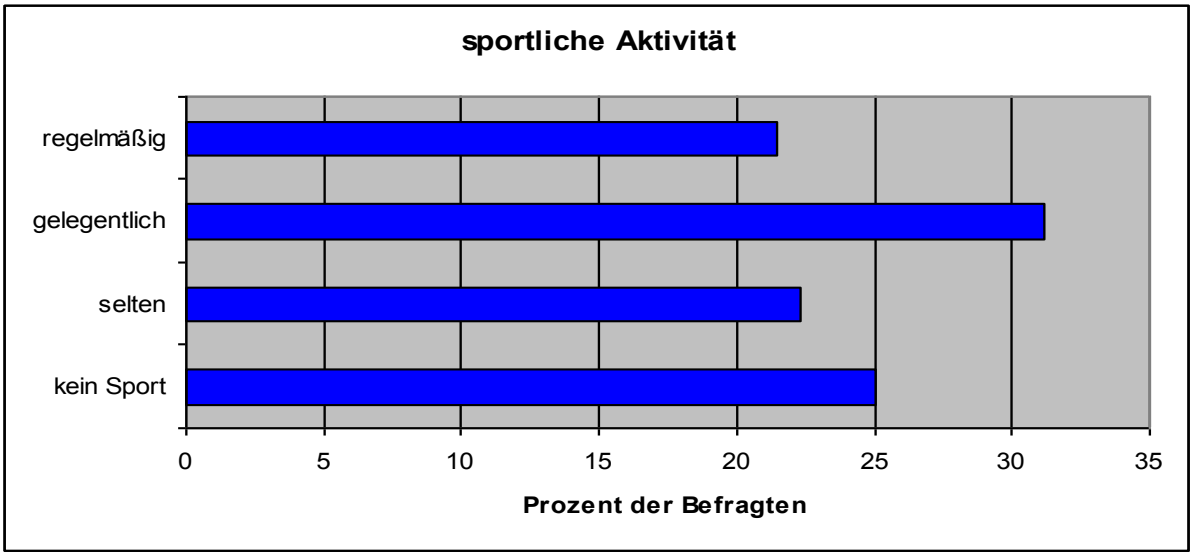


n=891

Abbildung 6: Verbrachte Urlaubstage pro Jahr der steirischen Bäuerinnen und Bauern – eigene Erhebung

Fast 30 Prozent der befragten steirischen Bäuerinnen und Bauern gaben an, keinen Urlaubstag pro Jahr zu verbringen. Etwa 17 Prozent gönnen sich 1 bis 3 Urlaubstage pro Jahr, ungefähr 30 Prozent 4 bis 7 Urlaubstage pro Jahr, knapp über 20 Prozent 8 bis 15 Urlaubstage pro Jahr und nur knapp 3 Prozent 16 bis 30 Urlaubstage pro Jahr. Sonn- und Feiertage sind in der Auswertung nicht enthalten.

Sportliche Aktivität der steirischen Bäuerinnen und Bauern



n=891

Abbildung 7: Sportliche Aktivität der steirischen Bäuerinnen und Bauern

Ungefähr 25 Prozent der steirischen Bäuerinnen und Bauern gaben an, keinen Sport zu betreiben, 22 Prozent selten (1 Mal pro Monat), 31 Prozent gelegentlich (2 bis 3 Mal pro Monat) und 21 Prozent regelmäßig (mind. 1 Mal pro Woche).

In *Tabelle 2* sind alle Zusammenhänge der einzelnen Erholungen/Belastungen des Erholungs-Belastungs-Fragebogens (EBF) in den Spalten mit den verschiedenen Ressourcen (Männer und Frauen gemeinsam) in den Zeilen angeführt. In blauer Schrift angeführte Korrelationen zeigen negative hochsignifikante Zusammenhänge, in roter Schrift angeführte Daten zeigen positive hochsignifikante Korrelationen. Die in schwarzer Schrift angeführten Zusammenhänge sind nicht hochsignifikant.

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen führen **Entspannungsübungen** zu weniger Ermüdung und zu hoher körperlicher Erholung.

Wird übermäßiger Stress durch **vermehrtes Essen** abgebaut, so zeigt die Auswertung eine hochsignifikante negative Korrelation zum Item „Erfolg – Leistungsfähigkeit“.

Stressabbau durch Ausübung von **Hobbys** bewirkt hingegen eine hohe allgemeine Erholung. Wird vermehrter Stress durch **Religionsausübung** abgebaut, so sind die EBF-Items „emotionale bzw. soziale Belastung“ niedrig. Stressabbau durch **Sport** dagegen bewirkt eine hohe allgemeine Erholung. Bäuerinnen und Bauern, die ihren Stress durch **Kino bzw. Fernsehen** abbauen, weisen eine hohe soziale Erholung auf.

Stressabbau durch **Aggression** bewirkt hingegen ein hohes Maß an körperlichen Beschwerden, ein geringeres Niveau an Erfolg-Leistungsfähigkeit, weniger Erholung im sozialen Bereich, ein niedrigeres allgemeines Erholungsniveau, weniger erholsamen Schlaf und ein geringeres Niveau an gesamter Erholung.

Stressabbau durch **Alkohol** führt zu einem größeren Ausmaß an sozialen Spannungen.

Die psychologischen Auswirkungen von Stress wurden mit dem Erholungsfragebogen (EBF) nach Kallus in Kombination mit soziologischen Fragestellungen bewertet.

Der EBF dient der Ermittlung des gegenwärtigen Beanspruchungsgrades einer Person. Die retrospektiven Antworten beziehen sich auf die Häufigkeit, mit der belastende Situationen in den letzten drei Tagen auftraten, wie die befragte Person darauf reagiert hat, und welche Erholungsaktivitäten und -situationen sie erlebt hat. Aus der aktuellen Beanspruchungs-Erholungs-Bilanz kann eine Leistungsprognose in verschiedenen Stresssituationen erfolgen. Neben der Zustandsdiagnostik ist auch eine Verlaufs- und Erfolgskontrolle bei Personalentwicklungsmaßnahmen möglich. So kann z. B. die Wirkung eines Stressbewältigungstraining und ähnlicher Maßnahmen in Bezug auf die Leistung und Gesundheit einer Person überprüft werden.

Der Test besteht aus einer Reihe von Subtests. Der Subtest „**Emotionale Belastung**“ beschreibt das Erleben von Personen welche mit gehäuftem Auftreten von Ärger, Aggression, Ängsten und Hemmungen und Einsamkeit konfrontiert sind.

Subtest „**Soziale Spannungen**“: Hohe Werte erreichen Personen mit häufigen Auseinandersetzungen, Streit, Ärger über andere Aufgebrachtsein und Humorlosigkeit.

Subtest „**ungelöste Konflikte – Erfolglosigkeit**“: Hohe Werte werden erreicht, wenn in den letzten Tagen Konflikte bestanden, unangenehme Dinge zu erledigen waren, Ziele nicht erreicht wurden und die Person sich von bestimmte Gedanken nicht lösen konnte.

Subtest „**Übermüdung – Zeitdruck**“: Zeitdruck, bei wichtigen Arbeiten ständig unterbrochen zu werden, Übermüdung, Überforderung und fehlender Schlaf kennzeichnen diesen Belastungsbereich.

Subtest „**Energielosigkeit – Unkonzentriertheit**“: Dieser Subtest spricht insbesondere ineffektive Arbeitsverhalten wie fehlende Konzentration, Energie und Entschlusskraft an.

Subtest „**Körperliche Beschwerden**“: Körperliches Unwohlsein und körperliche Beschwerden kennzeichnen diesen Subtest.

Subtest „**Körperliche Beschwerden**“: Körperliches Unwohlsein und körperliche Beschwerden kennzeichnen diesen Subtest.

Subtest „**Erfolg – Leistungsfähigkeit**“: Erfolg, Spaß an der Arbeit und Ideenreichtum in den letzten Tagen gehören zu diesem Bereich.

Subtest „**Erholung im sozialen Bereich**“: Hohe Werde werden erreicht bei häufigen angenehmen Sozialkontakten und Abwechslung verbunden mit Entspannung und Amüsement.

Subtest „**Körperliche Erholung**“: Körperliche Entspannung und Fitness kennzeichnen diesen Erholungsbereich.

Subtest: „**Allgemeine Erholung – Wohlbefinden**“ Neben häufiger guter Stimmung und hohem Wohlbefinden fallen in diesen Subtest allgemeine Entspannung und Zufriedenheit.

Subtest „**Erholsamer Schlaf**“: Ausgeschlafenes Aufwachen und das Fehlen von Einschlaf- und Durchschlafstörungen kennzeichnen erholsamen Schlaf.

Tabelle 2: Zusammenhänge zwischen Copingstrategien und Wirkungen auf die Erholungs-Belastungs-Bilanz bei steirischen Bäuerinnen und Bauern (n=26) – eigene Erhebung

Pearson Correlation	Emotionale Belastung	Soziale Spannungen	Ungelöste Konflikte - Erfolglosigkeit	Übermüdung - Zeitdruck	Energielosigkeit - Unkonzentriertheit	Körperliche Beschwerden	Erfolg - Leistungsfähigkeit	Erholung im sozialen Bereich	Körperliche Erholung	Allgemeine Erholung	Erholsamer Schlaf	Erholung gesamt
Entspannungsüb.	-0,13	-0,11	-0,33	**-0,40**	-0,35	-0,26	0,14	0,32	**0,61**	0,22	0,07	0,36
Aggression	0,34	0,16	0,03	0,14	0,36	**0,40**	**-0,50**	**-0,44**	-0,19	**-0,45**	**-0,46**	**-0,54**
Alkohol	0,18	**0,44**	0,15	0,12	0,06	0,12	0,05	-0,10	0,03	-0,32	-0,33	-0,18
Zigaretten	0,07	-0,04	-0,25	-0,17	**-0,40**	-0,14	-0,05	-0,18	-0,24	0,10	0,34	0,00
Essen	0,05	0,15	0,16	0,04	0,23	0,15	**-0,49**	-0,20	-0,33	-0,27	-0,08	-0,35
Hobbys	-0,28	-0,23	-0,06	-0,07	-0,07	0,00	0,23	0,12	0,06	**0,41**	0,23	0,27
Religion	**-0,39**	**-0,41**	-0,12	-0,23	-0,05	-0,25	-0,02	0,10	0,12	0,23	0,29	0,20
Sport	-0,21	0,09	-0,10	-0,22	-0,20	0,10	0,22	0,24	0,01	**0,40**	0,21	0,28
sich drücken	**0,46**	**0,50**	**0,49**	0,06	-0,05	**0,40**	-0,29	**-0,51**	**-0,44**	**-0,68**	**-0,52**	**-0,64**
Kino, Fernsehen	-0,13	0,02	-0,14	-0,09	0,14	-0,05	0,22	**0,40**	0,23	0,26	0,10	0,32

Bäuerinnen und Bauern die ihren Stress durch **Entspannungsübungen** abbauen, sind weniger ermüdet bzw. fühlen sich weniger unter Zeitdruck. Die Ausübung von **Hobbys** wirkt sich positiv auf den Subtest „Allgemeine Erholung“, die Ausübung von **Sport** positiv auf den Subtest „Allgemeine Erholung“. Bäuerinnen Bauern, die Stress durch **Religionsausübung** abbauen, sind weniger emotional Belastung und weniger unter sozialer Spannung im Vergleich zu ihren Berufskollegen. Stressabbau durch Kinobesuch oder Fernsehen bewirkt eine Steigerung des Subtests „Erholung im sozialen Bereich“.

Wird Stress hingegen durch **mehr Essen** abgebaut (Frustessen), so sinken die Werte des Subtests „Erfolg und Leistungsfähigkeit“.

Stressabbau durch vermehrten **Alkoholkonsum** bewirkt eine Steigerung des Subtests „soziale Spannungen“.

Bäuerinnen und Bauern, welche sich umgangssprachlich „**davor drücken**“, also Probleme wegschieben, nichts gegen ihren Stress unternehmen, spüren dies in Form von hoher emotionaler Belastung, einem höheren Ausmaß an sozialen Spannungen, einem größeren Ausmaß an körperlichen Beschwerden sowie einem größeren Niveau an ungelösten Konflikten und Erfolglosigkeit. Auf der anderen Seite sinken die Erholungsfaktoren im sozialen und körperlichen Bereich sowie das Niveau der allgemeinen Erholung, das Ausmaß erholsamen Schlafs sowie das Niveau der gesamten Erholung mit steigendem Ausmaß des „sich Drückens“.

Wird Stress durch **Zigarettenkonsum** (Wirkung des Nikotins) abgebaut, fühlen sich die Befragten in geringerem Ausmaß energielos und unkonzentriert.

2.4 Auswirkungen von Stress

a) Physiologische Auswirkungen von Stress bei Bäuerinnen und Bauern – Blutuntersuchungen

Die physiologischen Auswirkungen von Stress wurden mittels Bluttests (Critical Stress Assessment – CSA) ermittelt. Ein errechneter Wert stellt der Base Excess (BE) dar. Der Base Excess ist ein Maß für die Erschöpfung einer Person.

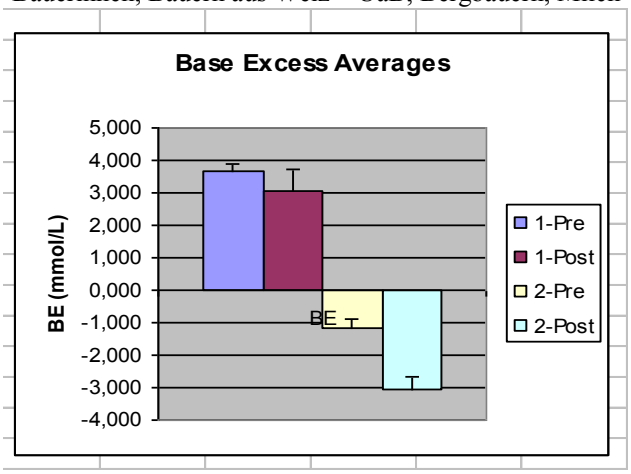
Base Excess, deutsch auch als Basenabweichung bzw. Basendefizit bezeichnet, ist ein berechneter Parameter, der anhand einer Blutgasanalyse bestimmt wird und Aussagen über stoffwechselbedingte (metabolische) Störungen des Säure-Basen-Haushaltes ermöglicht. Vereinfacht ausgedrückt, stellt er die Mengen an Säuren oder Basen dar, welche nötig sind, um einen veränderten pH-Wert des Körpers wieder zurück auf dessen Normalwerte einzustellen.

Der Base Excess kennzeichnet die Abweichung vom Referenzbereich der Gesamtpufferbasen, im Extrazellularraum als BE(ecf), im Blut als BE(B). Dieser liegt (laborabhängig unterschiedlich) bei etwa 48 mmol/l. Die Normalwerte für den BE liegen je nach Labor bei 0 ± 2 mmol/l oder ± 3 mmol/l.

Die Messungen erfolgten bei Bäuerinnen und Bauern welche einen Betrieb mit Urlaub am Bauernhof (höchste Qualitätskategorie) zum Zeitpunkt der Messung führten. Die Base Excess-Bestimmungen wurden vor einer Urlaub am Bauernhof-Saison (in Ruhe bzw. unter Ergometerbelastung) und nach einer Urlaub am Bauernhof-Saison durchgeführt. Die Messreihen fanden in 2 unterschiedlichen Bezirken (Weiz = Kombination als Bergbauern, Leibnitz = Kombination mit Buschenschenke) statt.

Ergebnis: Base Excess

Bäuerinnen, Bauern aus Weiz – UaB, Bergbauern, Milch



Bäuerinnen, Bauern aus Leibnitz – UaB, Buschenschank, Wein

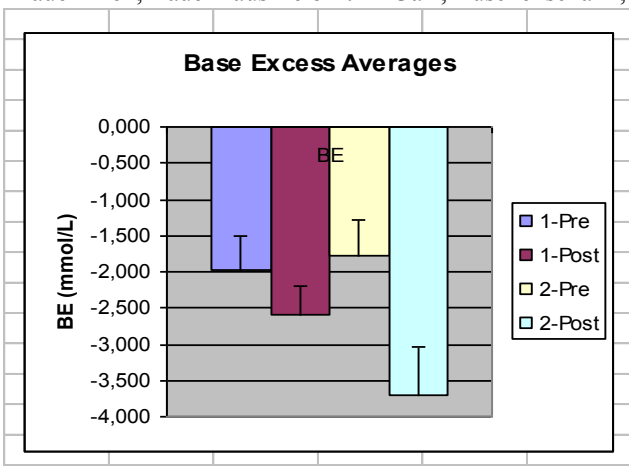


Abbildung 8: und Abbildung 9: Ergebnisse der Base-Exzessuntersuchungen von Probanden aus den Bezirken Weiz (n=14 bzw. 14) und Leibnitz (n=14 bzw. 13) vor bzw. nach einer Vermietersaison, mit und ohne Ergometerbelastung – eigene Erhebungen

Die *Abbildung 8* zeigt die Mittelwerte der bestimmten bzw. errechneten Base-Excesse von Weizer Bäuerinnen und Bauern.

Die Weizer Probanden (*Abbildung 8*) weisen in der Ausgangslage (vor der Saison – ohne Ergometerbelastung) einen Gruppenmittelwert von etwa 3,6 mmol/l auf. Unter Belastung (violette Säule) ändert sich der Gruppenmittelwert unwesentlich. Die gelbe Säule zeigt den Gruppenmittelwert nach der Saison, ohne Ergometerbelastung. Er liegt bei ca. 1 mmol/l und weist auf den belastenden Verlauf der Vermietersaison hin. Die türkise Säule auf *Abbildung 8* zeigt den Mittelwert des Base Excesses der Weizer Gruppe nach erfolgter Ergometerbelastung. Der Mittelwert der Gruppe sinkt auf Belastung hinweisende - 3 mmol/l.

Abbildung 9 zeigt die Mittelwerte des bestimmten Base Excesses der Leibnitzer Probanden. Die erste Säule (blau) zeigt einen Ausgangswert (vor der Saison, ohne Ergometerbelastung) von etwa - 2 mmol/l. Nach erfolgter Ergometerbelastung (vor der Saison) sinkt der errechnete Mittelwert der Gruppe des bestimmten Base Excesse auf über - 2,5 mmol/l ab. Nach der Urlaubersaison (gelbe Säule) erreicht der Mittelwert des Base Excesses ohne vorhergegangene Belastung einen Wert von etwa - 1,8 mmol/l. Nach der Saison und nach erfolgter Ergometerbelastung (türkise Säule) sinkt der Base Excess unter - 3,5 mmol/l ab.

Sehr deutlich zeigt sich der Verlauf der Urlaubersaison bei den Weizer Bäuerinnen und Bauern. Der Base Excess der Gruppe fiel während einer Saison vom positiven Bereich in den stark negativen. Besonders deutlich zeigte sich der Abfall nach erfolgter Ergometerbelastung. Die Leibnitzer Bäuerinnen und Bauern hatten bereits vor der Saison einen negativen Base Excess. Besonders deutlich sichtbar wird der Abfall des Base Excesses nach erfolgter Ergometerbelastung. Nach Ergebnissen des Base-Excesses ist die Vermietersaison der Leibnitzer und Weizer Bäuerinnen und Bauern belastend verlaufen.

b) Psychologische Auswirkungen von Stress bei Bäuerinnen und Bauern

Beispiel für die Auswertung des EBF-Fragebogens „Habe Konflikte in mir herumgetragen".

Habe ich Konflikte mit mir herumgetragen (0-6/nie – immerzu), n=919

Tabelle 3: Zusammenhang „In den letzten 3 Tagen Konflikte herumgetragen" – und Stressreaktionen nach dem Erholungsbelastungs-Fragebogen (EBF) – eigene Erhebung.

Positive Zusammenhänge	**Negative Zusammenhänge**
Fühlen Sie sich gestresst? (1-4/nein - viel)	festgelegte Hofnachfolge (0-1/nein - ja)
Zunahme körperlicher Belastungen (1-3/nein - stark)	Berufszufriedenheit (1-4/niedrig - hoch)
Zunahme psychischer Belastungen (1-3/nein - stark)	Sport (1-4/kein - viel)
Zukunftsaussichten (1-2/gut - nicht abschätzbar)	habe ich gelacht (0-6/nie - immerzu)
Hofnachfolge nicht in Aussicht	habe ich mich körperlich entspannt gefühlt (0-6/nie - immerzu)
Arbeitsunfälle letzte 3 Jahre (0-5/keine - 5)	war ich guter Dinge (0-6/nie - immerzu)
Familienstand (0-1/ledig - verheiratet)	habe ich mit Freunden schöne Stunden verbracht (0-6/nie - immerzu)
war ich missgestimmt (0-6/nie - immerzu)	hatte ich Erfolg (0-6/nie - immerzu)
konnte ich mich schlecht konzentrieren (0-6/nie - immerzu)	war mein Schlaf erholsam (0-6/nie - immerzu)
hatte ich Kopfdruck oder Kopfschmerzen (0-6/nie – immerzu)	hatte ich gute Laune (0-6/nie - immerzu)
hat mich die Arbeit stark ermüdet (0-6/nie - immerzu)	fühlte ich mich leistungsfähig (0-6/nie – immerzu)
habe ich mich körperlich unwohl gefühlt (0-6/nie - immerzu)	Erfolg - Leistungsfähigkeit (0-6/niedrig - hoch)
habe ich mich über andere geärgert (0-6/nie - immerzu)	Erholung im sozialen Bereich (0-6/niedrig - hoch)
fühlte ich mich niedergeschlagen (0-6/nie - immerzu)	körperliche Erholung (0-6/niedrig - hoch)
hatte ich die Nase voll (0-6/nie - immerzu)	allgemeine Erholung - Wohlbefinden (0-6/niedrig - hoch)
war ich übermüdet (0-6/nie - immerzu)	erholsamer Schlaf (0-6/niedrig - hoch)
habe ich unruhig geschlafen (0-6/nie - immerzu)	Erholung gesamt (0-6/niedrig - hoch)
habe ich mich geärgert (0-6/nie - immerzu)	
war ich aufgebracht (0-6/nie - immerzu)	
habe ich Arbeiten vor mir hergeschoben (0-6/nie - immerzu)	
stand ich unter Leistungsdruck (0-6/nie - immerzu)	
allgemeine Belastung (0-6/niedrig - hoch)	
emotionale Belastung (0-6/niedrig - hoch)	
soziale Spannungen (0-6/niedrig - hoch)	
ungelöste Konflikte - Erfolglosigkeit (0-6/niedrig - hoch)	
Übermüdung - Zeitdruck (0-6/niedrig - hoch)	
Energielosigkeit - Unkonzentriertheit (0-6/niedrig - hoch)	
Körperliche Beschwerden (0-6/niedrig - hoch)	
Beanspruchung gesamt (0-6/niedrig - hoch)	

Interpretation der Tabelle:

Gaben Bäuerinnen und Bauern an, Konflikte mit sich herumzutragen, so fühlen sie sich auch gestresst, so nehmen (gefühlt) die körperlichen und psychischen Belastungen auf ihrem Hof zu, ist die Hofnachfolge nicht in Aussicht, die Zukunftsaussichten am Hof nicht abschätzbar etc.

Tragen Bäuerinnen und Bauern eher Konflikte mit sich herum, so wird eine niedrige Berufszufriedenheit vorhanden sein, weniger Sport betrieben, weniger oft gelacht etc.

c) Verhaltensbezogene Auswirkungen von Stress bei Bäuerinnen und Bauern

Für die Bewertung der Verhaltensbezogenen Stressreaktionen wurde das Unfallverhalten herangezogen. Dazu wurden 250 Bäuerinnen und Bauern mit einem Unfallerlebnis befragt. Zusätzlich wurde der EBF-Test (mit soziologischen Fragestellungen) angewandt. Es wurde in der Planung nicht mit großen

Zusammenhängen gerechnet, da es zeitliche Unterschiede zwischen dem Unfallerlebnis und der Befragung gab. Zusätzlich gibt es viele verschiedene Unfalleinflüsse. Diese Umstände lassen keine großen Zusammenhänge erwarten. Trotzdem gab es in der Auswertung zahlreiche interessante, statistisch hochsignifikante Zusammenhänge, welche in weiteren Untersuchungen genauer verfolgt werden könnten.

Folgende Zusammenhänge konnten festgestellt werden:

Fühlten Bäuerinnen und Bauern eine Zunahme der psychischen Belastungen, wurden Betriebserweiterung in den letzten Jahren durchgeführt, Betriebsverkleinerungen (d. h. Veränderungen in der Betriebsgröße), war die Hofnachfolge nicht in Aussicht, waren Belastungen (allgemein, emotional) hoch, waren viele ungelöste Konflikte vorhanden etc. so ereigneten sich mehr Arbeitsunfälle bzw. Unfälle.

Bäuerinnen und Bauern welche die Zukunft ihres Betriebes schlecht einschätzen, keinen Sport betreiben, nie einen erholsamen Schlaf haben, nie gute Laune hatten weisen eine höhere Unfallwahrscheinlichkeit auf.

3. ZUSAMMENFASSUNG

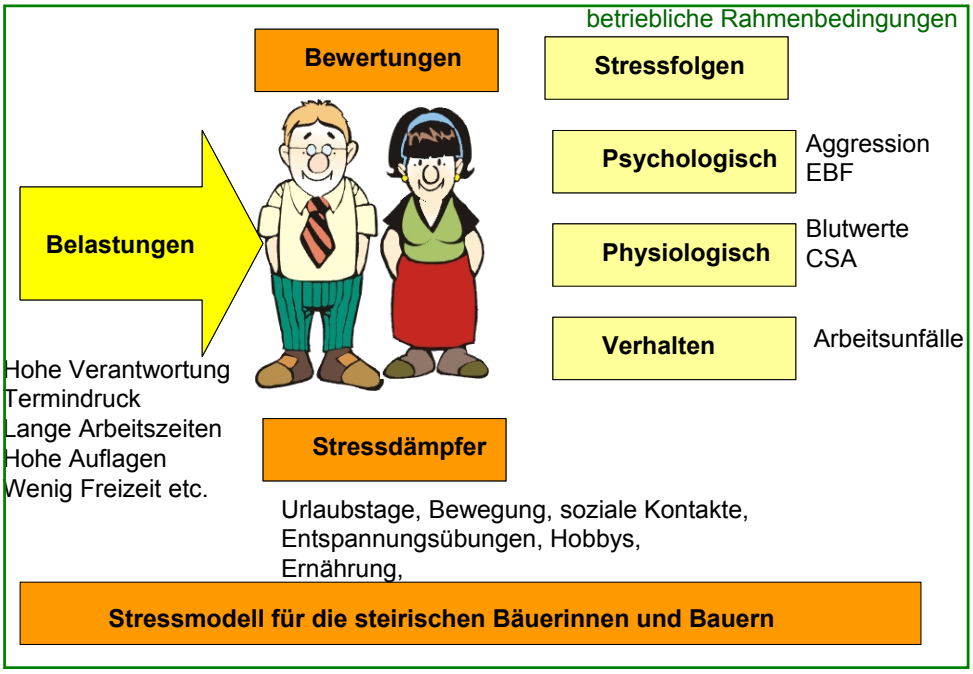


Abbildung 10: Transaktionales Stressmodell adaptiert, Strempfl, 2012

Zusammengefasst wirken vor allem psychische Belastungen (hohe Verantwortung, Termindruck, lange Arbeitszeiten etc.) auf die Bäuerinnen und Bauern, die je nach persönlichen Bewältigungsprozessen (Bewertungen) zu Beanspruchungen werden. Zusätzlich gibt es betriebliche Rahmenbedingungen (Betriebsform, Betriebsgröße, Art des Betriebes etc.) die ebenfalls als Belastungen bzw. Ressource empfunden werden. Durch Stressdämpfer (Ressourcen sind Urlaubstage, Pausen, Bewegung, soziale Kontakte, Entspannungsübungen, Hobbys und Ernährung) kann eine ausgleichende Wirkung erreicht werden. Werden Belastungen bzw. Beanspruchungen zu groß, sind keine ausreichende Ressourcen (Stressdämpfer) vorhanden, so können die Auswirkungen psychologisch (Erholungsbelastungsfragebogen nach Kallus), physiologisch (Blutwerte durch CSA-Test nach Porta) und verhaltensorientiert (Anzahl der Arbeitsunfälle) nachgewiesen werden.

4. LITERATUR

Bengel, J. (2002): Salutogenese – Elemente des Modells. In: Gesundheitspsychologie von A bis Z. Hrsg. v. Schwarzer, R.; Jerusalem, M.; Weber, H. Hogrefe Verlag für Psychologie: Göttingen u. a.

Friesenbichler, H. (2006): Stress. In: Magazin des österreichischen Verbandes zur Förderung der Arbeitssicherheit 2/2006 (MAS): Wien.

Kentzler, C. & Richter, J. (2011): Stressmanagement – Das Kienbaum Trainingsprogramm. Haufe-Verlag.

Knoll, N., Scholz, U. Rieckmann, N. (2005): Einführung in die Gesundheitspsychologie. Ernst Reinhardt: München - Basel.

Rensing, L.; Koch, M.; Rippe, B.; Rippe, V. (2006): Mensch im Stress – Psyche, Körper, Moleküle. 1. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag: München.

Rutenfranz, J. (1981): Arbeitsmedizinische Aspekte des Stressproblems. In: Stress. Hrsg. v. Nitsch, R. Huber-Verlag: Bern.

Schönpflug, W. (1987): Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit. Konzepte und Theorien. In: Arbeitspsychologie. Hrsg.v. Rutenfranz, J & Kleinbeck, U. Hogrefe: Göttingen.

Strempfl, A. (2012): Herausforderungen, Belastungen, Überforderungen – Ursachen und Bewältigung von Stress in steirischen bäuerlichen Familien, Dissertation Universität für Bodenkultur.

Weber, H. (2002): Stressmessung. In: Gesundheitspsychologie von A bis Z. Hrsg. v. Schwarzer, R.; Jerusalem M.; Weber, H. Hogrefe: Göttingen.

Zapf, D. & Dormann, C. (2001): Gesundheit und Arbeitschutz. In: Lehrbuch der Personalpsychologie. Hogrefe: Göttingen.

Zimbardo,P. G. & Gerrig, R. J. (2003): Psychologie. 7. Auflage. Springer-Verlag.

5. INTERNETQUELLEN

Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union (Stand 8. Oktober 2017) http://www.luxemburger-deklaration.de

Stresswahrnehmung in der Schweizer Landwirtschaft

Christina Umstätter
Agroscope, Tänikon, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Stress und psychische Gesundheit sind ein oft diskutiertes Thema in unserer Gesellschaft und auch in der Landwirtschaft. Ursachen, die bisher identifiziert wurden, können z. B. hohe Arbeitsbelastung, monetäre Sorgen, administrative Aufgaben und Vorschriften sein. Dabei wird in der gesellschaftspolitischen Diskussion vermehrt die zunehmende Digitalisierung als eine der Ursachen angeführt. Um einen ersten Einblick in dieses Thema zu erhalten, wurde eine Umfrage zur Stresswahrnehmung auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz durchgeführt.

Der in deutscher und französischer Sprache verfasste Fragebogen bestand aus drei Teilen. Im ersten Teil wurden normative Daten, wie zum Beispiel das Geschlecht und der Betriebstyp, erfragt. Im zweiten Teil wurde die sog. 'Perceived Stress Scale' genutzt, die von Cohen *et al*. [1] entwickelt wurde. Zehn Fragen wurden zum wahrgenommenen Stress des letzten Monats gestellt. Die Antworten erfolgten über eine 5-Punkte Skala, die von „nie" (0) bis „sehr oft" (4) reichte. Der dritte Teil bestand aus 10 weiteren Fragen, die sich mit objektiveren Fragen zu Stresssymptomen auseinandersetzten. In unserer Umfrage wurden die ursprünglich von Kalish [2] formulierten Fragen weiterentwickelt und für unsere Zwecke adaptiert. Manche der Originalfragen wurden ausgetauscht. Es war wichtig, dass die gestellten Fragen nicht als zu privat empfunden wurden. Die Punkteskala reichte für den dritten Teil von „trifft nicht zu" (0) bis „trifft voll zu" (5).

Für die Verbreitung der Fragebögen wurde ein Leitartikel über das Thema Stress geschrieben und mit einem Link zu dem Online tool "eQuestionnaire™" (Paul Marx - Marketing Consulting, Germany) an die grüne Presse versandt. Der Artikel mit Link erschien in drei Schweizer Zeitschriften. Insgesamt sind 511 Fragebögen vollständig ausgefüllt worden. Davon waren 41 Personen französischsprachig. Der Median der 'Perceived Stress Scale' lag bei 19 Punkten mit einem interquartilen Bereich von 10. Der Median für die objektiveren Stresssymptome belief sich auf 20 mit einem interquartilen Bereich von 16.

Von allen Fragebögen enthielten 263 Stück Kommentare zu den Beweggründen der Umfrageteilnahme. Mehrfachnennung von Gründen war möglich. Von den 263 schriftlichen Kommentaren erwähnten 26 % spezifisch Stress, Frustration oder Burnout. 81 % der Kommentare beinhalteten hingegen Gründe, die Stress auslösen können. Auf der anderen Seite nannten 19 % Zufriedenheit und Wohlbefinden. Die Teilnehmenden mit einer hohen Berufszufriedenheit zeigten einen Median von 13 und 10 Punkten bei den Teilen 2 und 3. Die Personen, die nur Stressoren nannten, wiesen einen Median von 21 und 22 Punkten für Teil 2 und 3 auf. Die Differenz zwischen den beiden Gruppen war hochsignifikant. Bei einer detaillierteren Analyse für die Gründe zum Stress wurden zuoberst finanzielle Probleme, die hohe Arbeitsbelastung und das grosse Arbeitspensum, gefolgt von Bürokratie und Politik genannt.

1. EINLEITUNG

Seit geraumer Zeit wird das Thema Stress und die psychische Gesundheit vielfach in den Medien diskutiert. Dies gilt nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für die Gesellschaft. Wiesinger *et al.* [3] konnten feststellen, dass die Landwirte beim Rückgang von schweren körperlichen Anforderungen vor allem die psychische Arbeitsbelastung im Vergleich zu früher als „viel größer" einschätzten. Auch Strempfl [4] konnte diesen Effekt aufzeigen. Dabei wird Stress von Hans Selye [5] als eine unspezifische Reaktion des Körpers auf jede Anforderung, die an ihn gestellt wird, definiert. Diese Reaktion kann sowohl positiver als auch negativer Natur sein. Für unsere Befragung haben wir uns auf die Reaktion und Wahrnehmung des länger andauernden Distress fokussiert. Dies entspricht in etwa dem, was im Volksmund unter Stress verstanden wird. Zu den bisher identifizierten Ursachen für Stress in der Landwirtschaft zählen z. B. eine hohe Arbeitsbelastung, monetäre Sorgen, administrative Aufgaben und

Vorschriften. Inwieweit eine Person jedoch von Stress beeinflusst wird, ist abhängig vom jeweiligen Stresserleben. Um einen ersten Einblick in dieses Thema zu erhalten, wurde eine Umfrage zur Stresswahrnehmung auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz durchgeführt.

2. MATERIAL UND METHODE

Zur Datenerhebung wurde eine onlinebasierte Umfrage (eQuestionnaire™, Paul Marx - Marketing Consulting, Hannover, Deutschland) in der Schweiz durchgeführt. Um hierauf aufmerksam zu machen und die Landwirtinnen und Landwirte zur Teilnahme zu motivieren, wurde ein Artikel in drei landwirtschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht. Der Artikel und die Umfrage erschienen in deutscher und französischer Sprache (*Tabelle 1*).

Tabelle 1: Übersicht über die Publikationsorgane

Zeitung	Print	Online	Sprache	Verbreitete Auflage
Schweizer Bauer	21.01.2015	21.01.2015	Deutsch	30 480
AgriHebdo	15.01.2016		Französisch	9 666
UFA-Revue	01.03.2016	04.03.2016	Deutsch, Französisch	72 643

2.1 Fragebogen

Der Fragebogen gliederte sich in drei Teile. Der erste Teil fragte betriebliche Kennzahlen und Angaben zur Person ab. Zusätzlich wurden Informationen zu Pflegeverantwortung und außerlandwirtschaftlichen Tätigkeiten eingeholt. Die Teile 2 und 3 setzten sich aus jeweils einem Fragebogen zusammen. In Teil 2 wurde auf einen standardisierten und bereits in der Forschung erprobten [1] Fragebogen zum Stresserleben zurückgegriffen, der sog. PSS10 (Perceived Stress Scale). Die Zahl 10 im Titel spiegelt die Anzahl an Fragen wieder. Die Fragen bezogen sich auf die Wahrnehmung des erlebten Stresses im vergangenen Monat. Mit Hilfe einer 5-Punkte-Skala, beginnend mit 0 = „nie“ bis 4 = „sehr oft“ wurden die Antworten abgefragt. Teil 3 bestand ebenfalls aus 10 Fragen. Diesmal bezogen sich die Fragen stärker auf objektive Symptome wie z. B. „ich habe Probleme einzuschlafen“, oder „ich habe Probleme durchzuschlafen“. Der ursprüngliche Fragebogen ASP (Adrenal Stress Profile) wurde von Dan Kalish [2] erstellt und von uns etwas angepasst. Einzelne Fragen wurden entfernt und teilweise durch andere ersetzt, um die Landwirte adäquat zu erreichen. Die Punkteskala reichte hier von 0 = „trifft überhaupt nicht zu“ bis 5 = „trifft voll und ganz zu“. Zum Abschluss gab es noch die Möglichkeit, eine Rückmeldung zur Stresssituation oder deren Gründen zu geben. Im nachfolgenden Text werden die Fragen zum ASP10 als „Stressindikatoren“ bezeichnet, im Vergleich zum „Stresserleben“ aus dem Fragebogenteil PSS10.

2.2 Datenaufbereitung und Auswertung

Die in Excel exportierten Umfragedaten aus der eQuestionnaire™ Software wurden auf Vollständigkeit geprüft und die Datensätze mit einer Ausfüllquote von unter 80 % aussortiert. Danach wurden die Betriebskennzahlen bereinigt. Die statistische Analyse erfolgte in R Version 3.1.0 [6]. Eine Normalverteilung der Daten lag laut Kolmogorov-Smirnov Test und Shapiro-Wilk Test nicht vor. Es wurden Gemischte Lineare Effekte Modelle (lme, [7] vom Package nlme [8]) berechnet. Zielvariable waren die Gesamtpunktzahlen von ASP10 und PSS10, während Pflegeverantwortung, Geschlecht, Milchviehhaltung, Familienstand, Landbauform und Landwirtschaftszone als fixe Effekte einbezogen wurden. Das Alter und die Funktion auf dem Betrieb wurden als zufällige Effekte im Modell berücksichtigt (*Tabelle 2*).

Für die Wahl des besten Modells erfolgte die Nutzung der Maximum Likelihood Methode (Dredge-Funktion, Package MuMin). Dabei wurden Statistiken zur Modellanpassung wie das Schwarz Bayes Informationskriterium (BIC) und der „Wert der log-Likelihood Funktion logLik an der Stelle der Parameterschätzungen sowie die Deviance (minus zweimal die log-Likelihood) an der Stelle der Parameterschätzungen angegeben“ [9, 10]. Die hier genannten Kriterien konnten für die Identifikation des besten Modells herangezogen werden, da sie sich auf die Modellanpassung beziehen [9]. Es wurden hier verschiedene Modelle an dieselben Daten angepasst. Die Residuen der Modelle wurden graphisch überprüft.

Tabelle 2: Übersicht über die in den Modellen genutzten Parameter

Frage	Antwortoptionen
Geschlecht	weiblich, männlich
Alter	unter 25 Jahre, 25 bis 40 Jahre, 41 bis 55 Jahre, 56 bis 70 Jahre, 71 Jahre und älter
Familienstand	in Partnerschaft lebend, in Partnerschaft lebend mit Kind/-ern, alleinerziehend, Single ohne Kind/-er
Zusätzliche **Pflegeverantwortung** (z. B. Pflege von Familienangehörigen, Hospizarbeit,…)	Nein, Ja
Welche **Funktion** übernehmen Sie auf dem Betrieb?	Betriebsleiter/-in, angestellte/-er Betriebsleiter/-in, leitende/-r Angestellte/-r, Familienarbeitskraft, landwirtschaftliche/-r Angestellte/-r, Aushilfskraft (ungelernt)
Landbauform	konventionell, Bio, ÖLN, andere
[Landwirtschaftliche] **Zone**	Talgebiet, Hügelzone, B1, B2, B3, B4 [Bergzonen I bis IV]
Welche Produktionsarten umfasst der Betrieb? **Milchviehhaltung** **Ackerbau** **Sonderkulturen** **Schweine** **Rindermast**	Nein, Ja

[] = Zusätzliche Information
Fett gedruckt = der Begriff erscheint als Parameternamen im Text

Die Umfrageteilnehmer hatten die Möglichkeit frei Kommentare abzugeben. Dieses Feedback konnte in 13 Themen eingeteilt werden. Bei 54 angesprochenen Punkten war eine Zuordnung nicht möglich. Diese wurden in der Kategorie ‚Andere‘ zusammengefasst. Durch dieses Vorgehen waren Mehrfachnennungen möglich. Um zu überprüfen, ob es zwischen den positiven und negativen Kommentaren Unterschiede gab, wurde der Datensatz in drei Gruppen unterteilt. Die erste Kategorie beinhaltete die Gruppe der Teilnehmer ohne Kommentare, die zweite Gruppe umschloss alle Teilnehmer mit positiven Kommentaren. Alle anderen Teilnehmer, die nur Stressoren aufzählten, kamen in die dritte Gruppe. Der Unterschied dieser drei Gruppen hinsichtlich Gesamtpunktzahl beim Stresserleben und bei den Stressindikatoren wurde dann mit einem Kruskal-Wallis Test getestet. Dieser wurde mit der Software TIBCO Spotfire S+ Version 8.2 durchgeführt.

3. ERGEBNISSE

Von den 470 Teilnehmenden aus der deutschsprachigen Schweiz waren 360 männlich und 110 weiblich. In der französischsprachigen Schweiz konnten 30 männliche und 11 weibliche Teilnehmende verzeichnet werden.

Die Verteilung der Funktion auf dem Betrieb gestaltet sich wie folgt: 390 Teilnehmende waren selbst Betriebsleitende, während 93 angaben, eine Familienarbeitskraft zu sein. Die restlichen 28 Teilnehmenden verteilten sich auf die Kategorien „angestellter Betriebsleitender“, „leitender Angestellter“, „landwirtschaftlicher Angestellter“ und „Aushilfskraft (ungelernt)“. Dabei konnte weiterhin festgestellt werden, dass nur knapp 10 % der Betriebsleitenden, dagegen aber 76 % der Familienarbeitskräfte weiblich waren. Die Altersverteilung lässt sich aus *Tabelle 3* entnehmen.

Die mögliche Gesamtpunktzahl für das Stresserleben (PSS10) lag bei maximal 40 Punkten. Für die Stressindikatoren konnten maximal 50 Punkte erreicht werden. Der Median lag bei beiden Fragebogenteilen in der französischsprachigen Schweiz höher, als in der deutschsprachigen Schweiz. Dazu konnte aber eine kleinere Streuung beobachtet werden (*Abbildung 1*). Die beiden Fragebogenteile, zum Stresserleben und zu den Stressindikatoren, weisen eine hochsignifikante Spearman Rank Korrelation von 0.72 auf.

Tabelle 3: Anzahl der Befragten in den Altersklassen

Altersklasse	Schweiz (dt.)	Schweiz (fr.)
unter 25 Jahre	27	3
25 bis 40 Jahre	141	17
41 bis 55 Jahre	234	16
56 bis 70 Jahre	67	5
71 Jahre und älter	3	

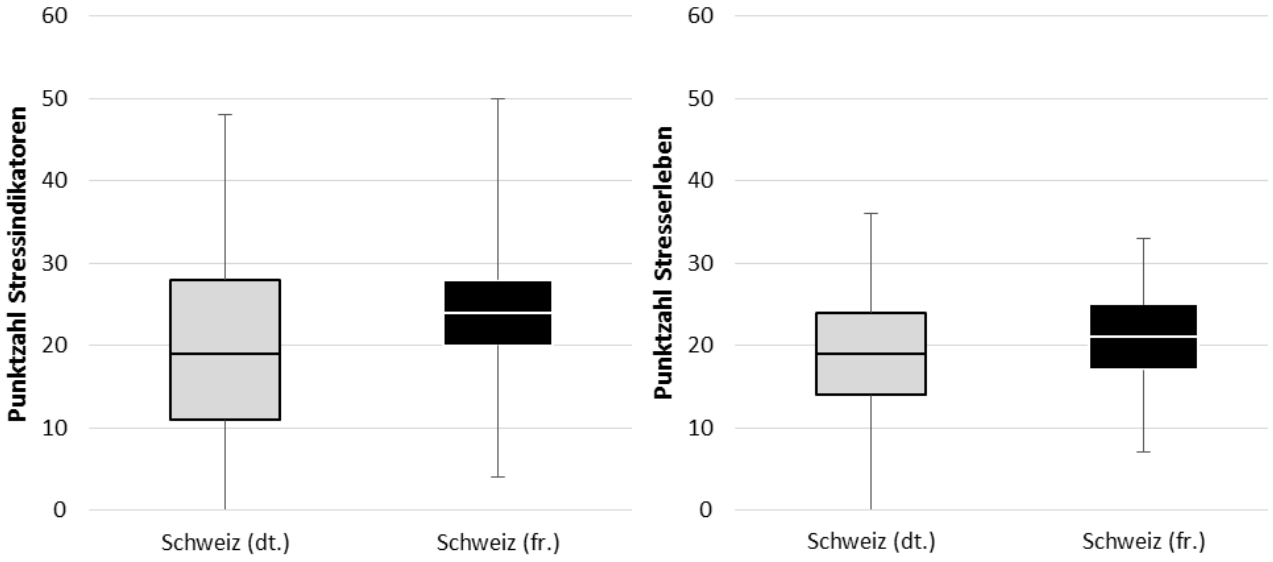


Abbildung 1: Vergleich der Werte zum Stresserleben und zu den Stressindikatoren aller erhobener Daten aufgeteilt nach Erhebungsgebieten

Die Daten wurden als Box-Plots dargestellt. Bei dieser Art der Darstellung zeigt der mittlere Strich den Median an, die Box entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen. Die Fehlerbalken stellen den kleinsten und den größten Wert dar.

An der Umfrage nahmen etwa dreimal mehr Männer als Frauen teil (*Abbildung 2*). Bezüglich der Funktion waren die „Betriebsleitenden“ mit 391 Teilnehmern stark vertreten, gefolgt von den „Familienarbeitskräften“ mit 94 Personen. Nur 28 Personen waren angestellt. *Abbildung 2* zeigt auch auf, dass die Region der französischsprachigen Schweiz nur zu 8 % vertreten war.

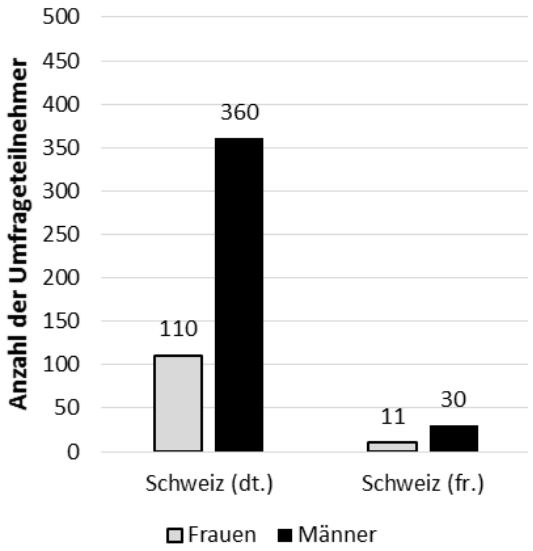


Abbildung 2: Übersicht über die Anzahl Umfrageteilnehmer, aufgeteilt nach Geschlecht und Region

Etwa 9 % der Teilnehmenden hatten zusätzliche Pflegeverantwortung (*Tabelle 4*). Diese verteilte sich zu 42 % auf Frauen und zu 58 % auf Männer. Bei der Gesamtpunktzahl des Stresserlebens hatten die Teilnehmenden 23 Punkte, im Vergleich zur Gruppe ohne Verantwortung. Zwei Drittel der Teilnehmer (67 %) hingegen hält Milchvieh.

Tabelle 4: Übersicht über den Median der Gesamtpunktzahlen für das Stresserleben und die Stressindikatoren für ausgewählte fixe Effekte

	Stresserleben		Stressindikatoren	
	Nein	Ja	Nein	Ja
Pflegeverantwortung	19	23	20	23
Milchviehhaltung	18	20	19	20
	weiblich	männlich	weiblich	männlich
Geschlecht	20	19	21	20
	deutsch	französisch	deutsch	französisch
Region	19	21	19	24

Die statistische Modellauswertung hat ergeben, dass bei dem Zielparameter des Stresserlebens (PSS10) das Modell mit den Parametern „Geschlecht“, „Milchvieh“ und „Pflegeverantwortung“ als fixe Effekte die höchste Gewichtung von 0.572 hatte. Beim Zielparameter der Stressindikatoren (ASP10) zeigte das Modell mit den drei Parametern „Milchvieh“, „Pflegeverantwortung“ und „Region“ als fixe Effekte die höchste Gewichtung von 0.226 an. Dabei war die Wahl des ASP10 Modells nicht so eindeutig. Vier weitere Modelle erhielten eine ähnliche Gewichtung und die Differenz der BIC Werte lag bei kleiner 2 (*Tabelle 5*). Die vier Modellvarianten enthielten allerdings keine neuen Parameter als fixe Effekte. Das präferierte PSS10 Modell verfügte hingegen über ein klares Delta zur nächsten Modelloption.

Tabelle 5: Übersicht über die fixen Effekte der am besten angepassten Modelle

Fixe Effekte				
Milchvieh	Pflegeverantwortung	Region	BIC	Gewichtung
+	+	+	5429.9	0.226
+		+	5430.3	0.184
	+	+	5430.7	0.150
		+	5430.8	0.139
	+		5431.8	0.084

Von allen Fragebögen enthielten 263 Stück Kommentare zu den Beweggründen der Umfrageteilnahme. *Tabelle 6* zeigt eine Übersicht zum thematischen Inhalt der Kommentare. Von den 263 schriftlichen Kommentaren erwähnten 26 % spezifisch Stress, Frustration oder Burnout. 81 % der Kommentare hingegen beinhalteten Gründe, die Stress auslösen können. Erfreulicherweise kamen als zweithäufigste Nennung, positive Kommentare zum Wohlbefinden und der Zufriedenheit, mit 19 %. Die Teilnehmenden mit einer hohen Berufszufriedenheit zeigten einen Median von 13 (PSS10) und 10 (ASP10) Punkten bei den Teilen 2 und 3. Die Personen, die nur Stressoren schilderten, wiesen einen Median von 21 und 22 Punkten für Teil 2 und 3 auf. Die Differenz zwischen den beiden Gruppen war hochsignifikant. Bei den eigentlichen Ursachen für das negative befinden wurde zuoberst finanzielle Probleme, die hohe Arbeitsbelastung und das grosse Arbeitspensum, gefolgt von Bürokratie und Politik genannt.

Tabelle 6: Übersicht zum thematischen Inhalt der Kommentare

Kommentarthemen	Anzahl Nennungen
Gestresst/geistig belastet/Burnout/Frustration	69
Zufriedenheit/Wohlbefinden	51
Finanzielle Problem/Einkommensunsicherheit/geringes Einkommen	49
Arbeitsbelastung/Überarbeitung	48
Verwaltung/Bürokratie/Kontrollen	42
Politik	40
Physische Probleme, Medikation	31
Familiäre Probleme/Generationenkonflikt/Beziehungsprobleme	28
Märkte	25
Unsicherheit	24
Anerkennung/Wahrnehmung in der Gesellschaft	23
Keine Freizeit	14
Wetter	5
Andere	54

6. DISKUSSION

Trotz der multifaktoriellen Natur der Stressreaktionen konnten Einflussfaktoren identifiziert werden. Neben dem Vorhandensein von Pflegeverantwortung zeigte sich die Milchviehhaltung als starker Stressor. Eine Erklärung hierfür könnte die sehr hohe Arbeitsbelastung sein, durch die sich der Betriebszweig Milchviehhaltung auszeichnet. Darüber hinaus unterscheidet sich die Struktur der Arbeit im Vergleich zum Ackerbau oder den Sonderkulturen durch die täglich wiederkehrenden Arbeiten, wie z. B. das Melken. Auch Reissig [11] stellte fest, dass das Burnout-Ausmaß bei Milchviehbetrieben, erfasst durch das Copenhagen Burnout Inventory (CBI), signifikant höher war als bei anderen Betriebstypen.

Hervorzuheben ist die Diskrepanz zwischen dem Stresserleben und den Stressindikatoren bezüglich der Geschlechter. Der Fragebogen des Stresserlebens wurde wissenschaftlich validiert und bereits mehrfach in Studien angewendet [1]. Dabei ist festzustellen, dass in vielen Studien geschlechtsspezifische Unterschiede auftreten und Frauen signifikant häufiger angaben, eine erlebte Stressbelastung zu haben [12, 13]. Auf der anderen Seite konnte im vorliegenden Datensatz bei den objektiven Stressindikatoren kein geschlechterspezifischer Unterschied identifiziert werden. Damit übereinstimmend berichtet Cleary [14] von Überlegungen, dass zwar immer wieder psychische Probleme bei Frauen angeführt werden, demgegenüber Gesamtprävalenzraten basierend auf Gemeindedaten aber keine geschlechterspezifischen Unterschiede anzeigten. Schulz *et al*. [15] stellten fest, dass die höhere Lebenserwartung von Frauen objektiv auf eine bessere Gesundheit hinweist. Dagegen berichten Frauen aber durchschnittlich öfter von Befindungsstörungen, Stress und körperlichen Beschwerden. Als Erklärung führen die Autoren eine stärker ausgeprägte Besorgnisneigung bei Frauen an, die sich u. a. in durchschnittlich höheren Werten im Stresserleben zeigen [15]. Reissig [11] hingegen zeigte, dass Frauen mit 15,0 % häufiger Burnout-gefährdet sind als Männer mit 10,4 %.

Der Median der Gesamtpunktzahl zum Stresserleben lag bei den beiden Regionen zwischen 19 und 21. Um diese Werte einordnen zu können, werden Studien aus den USA und Dänemark herangezogen. Cohen und Janicki [16] nutzten ebenfalls den PSS10 Fragebogen und legten ihn einer Stichprobe aus der US-Gesamtbevölkerung vor. Der Mittelwert zum Stresserleben lag in dieser Untersuchung bei Frauen bei 16,14 Punkten (SD ± 7,56), für Männer wurde ein Mittelwert von 15,52 Punkten (SD ± 7,44) ermittelt. In einer dänischen Studie [17] wurde der Erfolg von Stressmanagementinterventionen mit Hilfe des PSS10 Fragebogens geprüft. Dazu wurden Personen identifiziert, die zumindest in den letzten 4 Wochen starken arbeitsbedingten Stress erfahren hatten und eine erhöhte Reaktivität der Symptome bezüglich der Stressbelastung am Arbeitsplatz aufwiesen. Diese Studienteilnehmer wurden in eine Stressinterventionsgruppe und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die Teilnehmer wiesen im Durchschnitt eine Punktzahl von 26.37 und 25.23 auf. Die Gruppe mit den Stressinterventionsmaßnahmen zeigte nach der 3-monatigen Untersuchungsperiode eine durchschnittliche Punktzahl von 19.93. Dieser Wert liegt etwa in dem Bereich unserer Studie.

Als letzter wichtiger Effekt bei den Stressindikatoren konnte die Region identifiziert werden. Unterschiede könnten hier kulturell oder strukturbedingt sein. Reissig [11] konnte bei ihrer Studie in der Schweiz ebenfalls einen Einfluss der Region feststellen. Die Deutschschweiz lag beim CBI-Werte ebenfalls niedriger als die französischsprachige Schweiz [11].

Zusammenfassend kann man feststellen, dass das Thema Stresserleben sehr komplex und multifaktoriell ist. Gerade in diesem Licht ist es umso interessanter, dass die Parameter Pflegeverantwortung und Milchviehhaltung so klar als Stressoren identifiziert werden konnten. Auch die Kommentare untermauern, dass die finanziellen Probleme und die hohe Arbeitsbelastung als besonders problematisch empfunden werden. Dies sind zwei Faktoren, die bei milchviehhaltenden Betrieben gehäuft vorkommen. Hier könnte vielleicht eine Optimierung der Arbeitsgestaltung Linderung verschaffen.

7. DANKSAGUNG

Ein herzlicher Dank geht an alle Beteiligten der Studie: Leonie Hart war an der Gestaltung des Fragebogens und der Umfrage im Schweizer Bauer massgeblich beteiligt. Julia Saile hat die Umfrage

bei AgriHebdo und der UFA Revue organisiert und die Daten bereinigt. Marianne Cockburn hat mit R-Skripten und ihrem Fachwissen die statistische Auswertung sehr erleichtert.

8. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Cohen, S.; Kamarck, T.; Mermelstein, R. (1983): A Global Measure of Perceived Stress. Journal of Health and Social Behavior 24 (4), S. 385-396

[2] Kalish, D. (2011): www.kalishresearch.com.

[3] Wiesinger, G.; Knöbl, I.; Kogler, M. (1999): Landwirtschaft zwischen Tradition und Moderne. Über den Struktur- und Wertwandel in der österreichischen Landwirtschaft. Wien, Austria, Bundesanstalt für Bergbauernfragen

[4] Strempfl, A. (2012): Herausforderungen, Belastungen, Überforderungen. Ursachen und Bewältigung von Stress in steirischen bäuerlichen Familien. Wien, Austria, Universität für Bodenkunde Wien

[5] Selye, H. (1974): Stress without Distress. USA, The Canadian Publishers McClelland and Stewart Limited

[6] R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria Vol. 2016

[7] Pinheiro, J. C.; D.M., B. (2000): Mixed-effects models in S and S-PLUS. New York, USA, Springer

[8] Pinheiro, J.; Bates, D.; DebRoy, S.; Sarkar, D.; R Core Team (2016): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1–127

[9] Knapp, G. (2017): Begleitskriptum zur Weiterbildung - Gemischte Modelle in R. 9.– 11. Mai 2017, Braunschweig

[10] Bartoń, K. (2013): MuMIn: Multi-model inference, R package version 1.9.13.

[11] Reissig, L. (2017): Häufigkeit von Burnouts in der Schweizer Landwirtschaft. Agrarforschung Schweiz 8 (10), S. 402-409

[12] Hapke, U.; Maske , U. E.; Scheidt-Nave , C.; Bode, L.; Schlack, R.; Busch, M. A. (2013): Chronischer Stress bei Erwachsenen in Deutschland Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt (56), S. 749-754

[13] Smith, K. J.; Rosenberg, D. L.; Haight, G. T. (2014): An Assessment of the Psychometric Properties of the Perceived Stress Scale-10 (PSS10) with Business and Accounting Students. Accounting Perspectives 13 (1), S. 29–59

[14] Cleary, P. D. (1987): Gender differences in stress-related disorders. In: Gender and stress, New York, Free Press, S. 39-72

[15] Schulz, P.; Schlotz, W.; Wolf, J.; Wüst, S. (2002): Geschlechtsunterschiede bei stressbezogenen Variablen. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie (23), S. 305–326

[16] Cohen, S.; Janicki-Deverts, D. (2012): Who's Stressed? Distributions of Psychological Stress in the United States in Probability Samples from 1983, 2006, and 2009. Journal of Applied Social Psychology 6, S. 1320–1334

[17] Willert, M. V.; Thulstrup, A. M.; Hertz, J.; Bonde, J. P. (2009): Changes in stress and coping from a randomized controlled trial of a three-month stress management intervention. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health 35 (2), S. 145-152

Erstellung von Anforderungsprofilen für die Stecklingsproduktion der Dreimasterblume

Sophie Schaffernicht, Andreas Gronauer, Elisabeth Quendler
Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Arbeitslosigkeit und Unterbeschäftigung von Menschen mit Behinderung (MmB) sind ein großes Problem in Österreich. Besonders auf dem ersten Arbeitsmarkt sowie teils auch auf dem zweiten Arbeitsmarkt haben MmB in Österreich, insbesondere jene, die in Sozialeinrichtungen betreut werden, Schwierigkeiten Arbeit zu finden und beizubehalten. Die Forschungsergebnisse dieser Vorstudie, die Teil des Projektes „Sozial nachhaltige Inklusion von MmB in die Arbeitsprozesse von Gartenbaubetrieben“ ist, sollen dazu beitragen, ein nachhaltiges und bestmögliches Teilhabenlassen von MmB an beruflichen Tätigkeiten in einer inklusiven Gesellschaft zu ermöglichen. Dies entspricht sowohl dem nationalen Aktionsplan zur Umsetzung dieser inklusiven Gesellschaft als auch den Forderungen der UN-Konvention über die Rechte von MmB.

Das Ziel dieser Arbeit ist es den Arbeitsprozess der Stecklingsproduktion der Dreimasterblume beispielhaft in den Anforderungen genauestens zu erfassen, um in einem nächsten Schritt diese Anforderungen mit den Fähigkeiten von MmB, die in Beschäftigungstherapie sind, abzugleichen.

Als Material für diese Fallstudie wurde die Stecklingsproduktion der Dreimasterblume (Tradescantia) nach guter fachlicher Praxis eines Gartenbaubetriebes gewählt. Das Anforderungsprofil dieses Arbeitsvorganges wurde nach den Arbeitselementen gegliedert und evaluierend erhoben. Für die Gliederung wurde die Arbeitselementmethode nach Auernhammer (1976) verwendet. Zur Evaluierung der Arbeitsplatzanforderungen wurde IMBA (Integration von Menschen mit Behinderungen in die Arbeitswelt) ausgewählt. Zwanzig Arbeitselemente der Stecklingsproduktion wurden gefilmt und anschließend bewertet. Die zu IMBA gehörige Software MARIE wurde parallel zum Tabellenkalkulationsprogramm Excel zum Erstellen der Anforderungsprofile verwendet, um die Usability (Gebrauchstauglichkeit) dieser Tools zu evaluieren. Die erfassten Daten wurden in dieser Arbeit deskriptiv ausgewertet.

Die Arbeitselementmethode und IMBA erwiesen sich als probate Methode, um die Inklusionsmöglichkeiten von MmB in die Arbeitswelt des Gartenbaus zu analysieren.

1. PROBLEMSTELLUNG

Arbeitslosigkeit und Unterbeschäftigung von Menschen mit Behinderung (MmB) sind ein zentrales Problem (Ireys et al. 1996 und Schuring et al. 2007). 20.000 MmB werden gemäß Experteneinschätzungen in Beschäftigungstherapiewerkstätten betreut. Von diesen könnte ein Teil in den Arbeitsmarkt inkludiert werden. Die österreichische Bundesregierung hat im Jahr 2012 einen Aktionsplan zur Umsetzung einer inklusiven Gesellschaft verabschiedet. „Das visionäre Ziel bis zum Jahr 2020 ist – in Übereinstimmung mit der UN-Behindertenrechts-Konvention – die inklusive Gesellschaft, wonach behinderte und andere benachteiligte Menschen an allen Aktivitäten der Gesellschaft teilhaben können. Dies entspricht sowohl dem nationalen Aktionsplan zur Umsetzung der inklusiven Gesellschaft als auch den Forderungen der UN-Behindertenrechtskonvention.

In dieser Studie werden die Behinderungsarten geistige Behinderungen, Lernbehinderungen, Körperbehinderungen und psychische Erkrankungen berücksichtigt.

Jene Menschen mit Behinderungen (MmB), die nicht am Arbeitsmarkt beschäftigt sind, sind in geschützten Werkstätten und integrativen Betrieben betreut. Vor allem Menschen mit geistiger Behinderung werden in Werkstätten betreut und beschäftigt (Doose in Grabner 2011, 54). So haben in

Österreich 64,1 % der Menschen in Beschäftigungstherapie eine geistige Behinderung und 16,4 % eine Lernbehinderung. Menschen mit einer psychischen Beeinträchtigung und Menschen mit einer körperlichen Behinderung sind jeweils mit 14,5 % vertreten (König 2010, 151). Die Inklusion der MmB in Beschäftigungstherapie soll möglichst sozial nachhaltig erfolgen. Um dies nachvollziehbar vergleichend bewertend für den Beeinträchtigungsgrad und das Arbeitsumfeld belegen zu können, bedarf es der Anwendung einer adäquaten wissenschaftlichen Untersuchungsmethode.

Während für die Beschreibung und Erfassung der Krankheitssymptome etablierte Methoden vorhanden sind, gilt dies für die Beschreibung und Erfassung von Fähigkeiten und Einschränkungen nicht.

Ein umfangreiches Messverfahren besteht in der ICF (Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit) der WHO. ICF ist eine Klassifikation der funktionalen Gesundheit und ihrer Beeinträchtigungen und ergänzt insbesondere die „Internationale Klassifikation der Krankheiten“ (ICD) (Schuntermann 2009, 12). Conclave et al. (2009) sind in ihrer Studie allerdings zu dem Schluss gekommen, dass nicht alle Kategorien für ihre Studie relevant sind und die ICF mit ihren 1495 Kategorien demnach zu umfassend ist (Conclave et al. 2009, 20).

MELBA (Merkmalprofile zur Eingliederung Leistungsgewandelter und Behinderter in Arbeit) ist ein Profilvergleichsverfahren und Dokumentationsinstrument zur Ermittlung und Darstellung von Fähigkeits- und Anforderungsprofilen und wird ebenfalls in der beruflichen Rehabilitation verwendet. Nach den AutorInnen sollten jedoch jene Elemente mit schwacher Reliabilität nur mit Vorsicht verwendet werden (Achterberg 2013, 495).

IMBA (Integration von Menschen mit Behinderungen in die Arbeitswelt) wurde in einem interdisziplinären Team aus ArbeitswissenschaftlerInnen, MedizinerInnen, PsychologInnen im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt und erprobt (Knülle und Kaiser in Adenauer 2004, 8).

IMBA wurde als Methode gewählt, da es ein umfassenderes Instrument als MELBA ist, welches sich lediglich mit psychischen Anforderungen und Fähigkeiten befasst. Außerdem ist es eine praktikablere Methode als die ICF, welche zu viele Kategorien für Untersuchungen im Gartenbau beinhaltet.

Im Gartenbau wurden bis dato Anforderungsprofile noch nicht erhoben. Die Mehrzahl der Gartenbaubetriebe in Österreich sind Familienbetriebe. Während der Arbeitsspitzen gibt es einen zusätzlichen Bedarf an Arbeitskräften oder es könnte die Beschäftigungstherapie als Betriebszweig implementiert werden, wenn Sozialeinrichtungen dies benötigen und keine eigene gartenbauliche Infrastruktur haben.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher, fallbeispielhaft im Gartenbau den Arbeitsprozess der Stecklingsproduktion der Dreimasterblume in seinen Anforderungen genauestens zu erfassen sowie in zukünftigen Untersuchungen mit den Fähigkeiten der MmB in Beschäftigungstherapie einen Profilvergleich durchzuführen.

2. MATERIAL UND METHODE

Der untersuchte Pilotbetrieb wurde aufgrund seiner guten fachlichen Praxis ausgewählt, da es sich um einen Vorzeigebetrieb handelt. Da der Pilotbetrieb ein Ausbildungsbetrieb war, wurden dort sämtliche für die Gartenausbildung notwendigen Fachbereiche in unterschiedlichem Ausmaß abgedeckt. Der Garten war sechs Hektar groß und hatte insgesamt 36 MitarbeiterInnen sowie acht Lehrlinge. Indoor waren 0,9 der sechs Hektar. Outdoor befanden sich 5,1 Hektar.

Ein Facharbeiter des Pilotbetriebs führte die Stecklingsproduktion der Dreimasterblume nach guter fachlicher Praxis durch.

Bei der Stecklingsproduktion wurde an einem Pikiertisch gearbeitet. Es war zweimal pro Phasendauer notwendig den Pikiertisch zu verlassen und einmal zur Gießstelle zu gehen und ein anderes Mal zum Ziehplatz der Stecklinge im Glashaus. Für eine Produktionseinheit wurden sechs Töpfe mit Vermehrungssubstrat und mehreren Kopfstecklingen in eine Pikierkiste gestellt. Diese wurden anschließend gegossen und auf einen Tisch mit Bodenheizung platziert. Dazu war es notwendig, in einen anderen Raum zu gehen. Den höchsten Zeitanteil hatte das stehende Arbeiten an einem Tisch, wobei die

Arme in Zwangshaltung gehalten wurden. Der Gärtnermeister arbeitete mit Hilfsmitteln sowie Produktionsmaterial, die bereits vorbereitet waren, einem Pikiertisch, mehreren Töpfen (10 cm), Vermehrungssubstrat, mehreren Pikierkisten, einem Schlauch mit Wasserhahn, mehreren Kopfstecklingen, einem Veredlungsmesser sowie einem Pikierstab. Zur Erhebung der Daten für diese Arbeit wurde einerseits ein strukturierter Frageboden verwendet. Andererseits wurde im Betrieb auch mit Videoaufnahmen gearbeitet.

Ein vollstrukturierter, schriftlicher Fragebogen wurde verwendet, um Informationen über den Pilotbetrieb zu erhalten, die nicht im Internet zu finden waren. Vorteile eines solchen Fragebogens sind – wie auch bei einer postalischen Befragung – die deutlich geringeren Erhebungskosten und der geringere Personalbedarf gegenüber dem Interview oder der Betriebsbegehung (Bortz und Döring, 1995, 253-257; Stier, 1999, 198). Der Fragebogen enthielt Fragen über die Betriebszweige, die Betriebsgröße, die angebauten Kulturen und diente auch dazu Arbeitsteilvorgänge oder -elemente, bei denen Teamarbeit möglich war, zu dokumentieren. Zur Erhebung der Daten wurden die verschiedenen Arbeitselemente gefilmt und anschließend nach IMBA ausgewertet.

Es wurde eine Panasonic HC-X810 und ein dazu passendes Stativ verwendet. Die Aufnahmen dienten nicht nur dem Zweck der Datenerhebung, sondern waren gleichzeitig auch Mess- und Dokumentationstechnik für das geplante Vorhaben.

Die verschiedenen Arbeitselemente des Arbeitsvorganges Stecklingsproduktion der Dreimasterblume wurden für das Erstellen der Anforderungsprofile anhand der Filmszenen ermittelt, im Tabellenkalkulationsprogramm Excel dokumentiert, kategorisiert und ausgewertet. Für die Gliederung wurde die Arbeitselementmethode nach Auernhammer (1976) verwendet. In Anlehnung an die Zeiterfassung nach REFA (1984) wurde der Arbeitsvorgang in hintereinander ablaufende Arbeitsteilvorgänge und Arbeitselemente zerlegt. Diese sogenannte Arbeitselementmethode gehört zur Gruppe der Direktzeitmessungen. Nach Auernhammer (1976) ist die Zeiterfassung auf der Grundlage von Arbeitselementen für landwirtschaftliche Arbeitszeitanalysen die geeignete Zeitfindungsmethode. In Anlehnung an die Arbeitselementmethode wurde der Arbeitsvorgang der Stecklingsproduktion in zwanzig Arbeitselemente unterteilt, um diese anschließend nach IMBA für MmB zu evaluieren. Die Evaluierung nach IMBA erfolgte arbeitsplatzbezogen. Für die Dateneingabe und -auswertung wurden das Tabellenkalkulationsprogramm Excel sowie die zu IMBA gehörige Software MARIE verwendet (IQPR 2017). Nach der Erhebung wurden die Anforderungsprofile erstellt. Es wurde IMBA und nicht das ICF verwendet, da das ICF nicht ausreichend arbeitsplatzbezogen für dieses Arbeitsumfeld gewesen wäre. IMBA hat sich außerdem in anderen Bereichen schon bewährt (Adenauer 2004) und sollte nun für den Gartenbau getestet werden.

Das Rating wurde in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben. IMBA beinhaltet neun Analyseeinheiten oder Hauptmerkmale.

Tabelle 1: Neun Hauptmerkmale nach IMBA

1	Körperhaltung
2	Körperfortbewegung
3	Körperteilbewegung
4	Information
5	Komplexe Merkmale
6	Umgebungseinflüsse
7	Arbeitssicherheit
8	Arbeitsorganisation
9	Schlüsselqualifikationen

Quelle: Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation MoBbH an der Deutschen Sporthochschule Köln 2017

Jede Analyseeinheit ist wiederum unterteilt. Insgesamt sind es 70 Merkmale. Die Anforderungen, die nach diesen Merkmalen erfasst und auf der Skala eingestuft wurden, ergaben schließlich ein Anforderungsprofil, das Auskunft über die Anforderungen an diesen Arbeitsprozess gibt. In dieser Untersuchung wurden alle 70 Merkmale bewertet. Für das Bewerten wurden die Profilwerte 0 bis 5 nach IMBA vergeben. Die zu IMBA gehörige Software MARIE wurde parallel zum Tabellenkalkulationsprogramm Excel für das Erstellen der Anforderungsprofile verwendet, um die Usability (Gebrauchstauglichkeit) dieser für den Gartenbau zu evaluieren. Die erfassten Daten wurden deskriptiv in Excel ausgewertet.

3. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse sind nachfolgend für die Anforderungen der Stecklingsproduktion dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die verschiedenen Hauptmerkmale Körperhaltung, Körperfortbewegung, Körperteilbewegungen, Information, Komplexe Merkmale, Umgebungseinflüsse, Arbeitsorganisation, Arbeitssicherheit und Schüsselqualifikationen.

3.1 Körperhaltung

Für die Stecklingsproduktion war es erforderlich, durchschnittlich gut stehen zu können, da während der gesamten Stecklingsproduktion gestanden wurde. Die Arme mussten durchschnittlich gut in Zwangshaltung gehalten werden, da die Arme während eines Arbeitsvorganges neun Mal in Zwangshaltung waren.

Tabelle 2: Körperhaltung bei der Stecklingsproduktion (n=1) (2017)

Körperhaltung	Profilwert	Häufigkeit
Stehen	3	20
Geneigt/Gebückt	3	1
Arme in Zwangshaltung	3	9

Einmal pro Produktionsprozess – also für das Befüllen einer Pikierkiste mit Töpfen - war auch Bücken erforderlich. Bücken musste demnach ebenfalls durchschnittlich gut beherrscht werden.

3.2 Körperfortbewegung

Die Arbeit verlief meist an einem Ort. Trotzdem war es notwendig gehen zu können. Es war erforderlich den Arbeitsort zu wechseln und vom Pikiertisch zur Gießstelle und zurück zu gehen.

Tabelle 3: Körperfortbewegung bei der Stecklingsproduktion (n=1) (2017)

Körperfortbewegung	Profilwert	Häufigkeit
Gehen/Steigen	3	2

Auch musste zum Ziehplatz der Stecklinge im Glashaus und folglich wieder zurückgegangen werden.

3.3 Körperteilbewegungen

Kopf- oder Halsbewegungen waren nicht notwendig. Eine Rumpfbewegung kam einmalig beim Abstellen und Aufheben der Pikierkisten vor. Armbewegungen sowie Hand- und Fingerbewegungen mussten durchschnittlich beherrscht werden, da die ganze Zeit mit den Armen, Händen und Fingern in unterschiedlichem Ausmaß gearbeitet wurde. Bein- und Fußbewegungen kamen nur zweimal während der gesamten Stecklingsproduktion vor und zwar beim Gehen an den verschiedenen Arbeitsorten, die bereits beschrieben wurden.

Tabelle 4: Körperteilbewegungen bei der Stecklingsproduktion (n=1) (2017)

Körperteilbewegungen	Profilwert	Häufigkeit
Rumpfbewegungen	3	1
Armbewegungen	3	11
Hand- und Fingerbewegungen	3	14
Bein- und Fußbewegungen	3	2

Bein- und Fußbewegungen mussten aus diesem Grund ebenfalls durchschnittlich gut beherrscht werden, damit der Arbeitsprozess erfolgreich umgesetzt werden konnte.

3.4 Information

Zweimal gab es hohe Anforderungen ans Sehen, beim Abschneiden der Kopfstecklinge unter dem Nodium und beim Auswählen von zwei Stecklingen nach Größenklassen. Tasten und Fühlen musste durchschnittlich gut beherrscht werden. Diese beiden Merkmale kamen jedoch nur zweimal im gesamten Arbeitsvorgang vor. Rechnen kam nur einmal mit einer sehr geringen Anforderung vor. Es war einfaches Zählen erforderlich, da die Anzahl der Stecklinge gezählt werden musste, damit nicht zu dicht oder zu wenig dicht gesteckt wurde. An Gestik und Mimik bestanden auch nur sehr geringe Anforderungen, denn Gestik und Mimik waren nur manchmal beim Gehen mit oder ohne Last erforderlich, wenn beispielsweise KollegInnen entgegenkamen und es dabei Kontakte zu anderen MitarbeiterInnen gab.

Tabelle 5: Informationsaufnahme und -weitergabe (n=1) (2017)

Information	Profilwert	Häufigkeit
Sehen	4	2
Rechnen	1	1
Gestik und Mimik	1	2
Tasten und Fühlen	3	2

Die Fähigkeiten Hören, Sprechen, Bewegungs- und Stellungsempfinden, Riechen, Schmecken, Lesen und Schreiben mussten nicht beherrscht werden.

3.5 Komplexe Merkmale

Durchschnittliche Fähigkeiten waren beim Heben, Tragen, Schieben und Ziehen und bei der Feinmotorik erforderlich. Es musste beispielsweise mit der befüllten Pikierkiste an einen anderen Arbeitsort gegangen werden und diese wurde auch am Pikiertisch herangezogen.

Geringe Anforderungen wurden an die physische Ausdauer und das Gleichgewicht gestellt. So war es jederzeit möglich Pausen einzulegen, wobei der Anteil der dynamischen sowie statischen Muskelarbeit nicht sehr hoch war. Für das Halten des Gleichgewichts wurde der Bewegungsraum genutzt und beispielsweise das Stehen im breitbeinigen Stand. Außerdem ermöglichte der Pikiertisch ein Anlehnen, um das Gleichgewicht nicht zu verlieren.

Tabelle 6: Komplexe Merkmale bei der Stecklingsproduktion (n=1) (2017)

Komplexe Merkmale	Profilwert	Häufigkeit
Heben	3	3
Tragen	3	3
Schieben und Ziehen	3	1
Feinmotorik	3	9
Physische Ausdauer	2	20
Gleichgewicht	2	2

Beim Tragen der Pikierkisten war dies nicht möglich, jedoch lag dennoch eine geringe Anforderung vor, da der Untergrund eben war und es sich nicht um einen großen Karton handelte, welches mit Profilwert 3 zu beurteilen gewesen wäre.

3.6 Umgebungseinflüsse, Arbeitsorganisation und Arbeitssicherheit

Es gab keine besonderen Umgebungseinflüsse. Es wurde in räumlicher Gemeinschaft gearbeitet. Beim Arbeiten mit dem Veredlungsmesser bestand eine Unfallgefährdung.

3.7 Schlüsselqualifikationen

Hohe Anforderungen bestanden in der Stecklingsproduktion für das Problemlösen. So mussten die einzelnen Stecklinge nach Größenklassen geordnet und ausgewählt werden. Allerdings kamen hohe Anforderungen im Problemlösen nur einmal während des gesamten Arbeitsprozesses vor. Hohe Anforderungen wurden auch an Konzentration, kritische Kontrolle, Ordnungsbereitschaft und Sorgfalt gestellt. Das Veredlungsmesser zu nehmen und den Kopfsteckling unter dem Nodium abzuschneiden erforderte zum Beispiel hohe Konzentration. Das Abschneiden unter dem Nodium verlangte auch ein hohes Maß an kritischer Kontrolle, da in jedem einzelnen Fall entschieden werden musste, wie gehandelt werden sollte und ein eventuell auftretender Schaden bei mehreren Stecklingen von Bedeutung für den gesamten Produktionsprozess der Stecklingsproduktion gewesen wäre. Die Stecklinge nach Größenklassen auszuwählen, beanspruchte ein hohes Maß an Ordnungsbereitschaft, da die Arbeitsmittel in einer vereinbarten Anordnung zu nutzen waren. Das gleiche Arbeitselement verlangte zusätzlich viel Sorgfalt, da bestimmte Vorgaben erfüllt werden mussten.

Überwiegend gab es durchschnittliche Anforderungen bei Antrieb, Pünktlichkeit, Kritisierbarkeit und Umstellung. Der Antrieb sollte durchschnittlich sein, da der zeitliche Ablauf variierbar war. Pünktlichkeit galt generell als Voraussetzung in der Arbeit im Pilotbetrieb. Die Fähigkeit zur Kritisierbarkeit lag vor, weil der Stelleninhaber in einen größeren Zusammenhang eingebunden war und eine Kooperation mit KollegInnen zum Teil notwendig ist. Durch die überschaubare Anzahl der Arbeitsaufgaben und das Stattfinden des Wechsels der Arbeitsaufgaben in angemessener Zeit bestand eine durchschnittliche Anforderung an die Schlüsselqualifikation der Umstellung. Durchschnittliche Anforderungen in geringerem Maße galten auch für Aufmerksamkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, Selbständigkeit und Verantwortung. Aufmerksamkeit wurde einmal beim Angießen der Töpfe in durchschnittlicher Intensität benötigt, da mehrere Signale zu beachten waren. Folglich war bei diesem Arbeitselement auch die Reaktionsgeschwindigkeit von durchschnittlicher Bedeutung. Selbständigkeit kam insbesondere beim Angießen der Töpfe und beim Abschneiden der Kopfstecklinge als durchschnittlich wichtig zum Tragen, da einige Entscheidungsfreiräume bestanden. Verantwortung erforderten mehrere Arbeitselemente, bei denen die Qualität des Arbeitsergebnisses von der StelleninhaberIn abhängig war. Dies bedarf beispielsweise das Gießen.

Geringe Anforderungen waren bei der Arbeitsplanung, der Ausdauer und der Teamarbeit erforderlich. Nur geringe Anforderungen bestanden an die Arbeitsplanung, weil die Reihenfolge der Tätigkeiten genau vorgeschrieben war. Die Ausdauer musste in diesem Arbeitsprozess ebenfalls nur gering sein, wegen der wiederholend zu erledigenden Teilaufgaben. Teamarbeit wurde höchstens zwei Mal

eingesetzt, beim Gehen mit der Pikierkiste und beim Gehen mit dem Schlauch, weshalb die Anforderungen an die Schlüsselqualifikation der Teamarbeit gering waren.

Tabelle 7: Schlüsselqualifikationen (n=1) (2017)

Schlüsselqualifikationen	**Profilwert**	**Häufigkeit**
Arbeitsplanung	4	1
Problemlösen	4	1
Konzentration	4	2
Kritische Kontrolle	4	1
Ordnungsbereitschaft	4	1
Sorgfalt	4	1
Antrieb	3	20
Pünktlichkeit	3	20
Kritisierbarkeit	3	20
Umstellung	3	20
Aufmerksamkeit	3	1
Reaktionsgeschwindigkeit	3	1
Selbständigkeit	3	2
Verantwortung	3	6
Ausdauer	2	1
Teamarbeit	2	2
Auffassung	1	20
Durchsetzung	1	20
Führungsfähigkeit	1	20
Kontaktfähigkeit	1	20
Kritikfähigkeit	1	20
Lernen und Merken	1	20
Misserfolgstoleranz	1	20
Vorstellung	1	20

Sehr geringe Anforderungen gab es für Auffassung, Durchsetzung, Führungsfähigkeit, Kontaktfähigkeit, Kritikfähigkeit, Lernen und Merken, Misserfolgstoleranz und Vorstellung. Die Schlüsselqualifikation der Auffassung war nicht sehr wichtig für die Stecklingsproduktion, da die Arbeitselemente gleichbleibend sind, neue oder gefährliche Situationen nicht zu erwarten und gefährliche Situationen üblicher Weise nicht aufgetreten sind. Sehr geringe Anforderungen bestanden an die Schlüsselqualifikation der Durchsetzung, weil kaum Kontakte zu KollegInnen existierten und sich so selten Konflikte ergeben konnten. Es waren keine Weisungsbefugnisse gegeben, weshalb die Führungsfähigkeit nicht erforderlich war. Bei diesem Arbeitsvorgang existierten keine Außenkontakte, so dass die Kontaktfähigkeit ebenso mit dem Profilwert 1 bewertet wurde. Aus dem gleichen Grund und wegen dem separaten Arbeiten von anderen ArbeitskollegInnen an einem eigenen Pikiertisch war die Kritikfähigkeit keine wichtige Schlüsselqualifikation für die Stecklingsproduktion. Lernen und Merken war für den Arbeitsprozess deswegen nicht so wichtig, weil es wenige, sich stetig wiederholende

Arbeitselemente gab, die durch Nachahmung erlernbar waren. An die Misserfolgstoleranz bestanden sehr geringe Anforderungen, da eine erneute Bearbeitung der Aufgabe bei Misserfolg nur geringen Aufwand bedeutete. Außerdem setzte sich die Teiltätigkeit aus kurzen, relativ einfachen Arbeitselementen zusammen. Der Arbeitsablauf war vollkommen festgelegt, weshalb auch die Schlüsselqualifikation der Vorstellung nicht bedeutend war.

4. DISKUSSION

IMBA erwies sich als probates Mittel zur Analyse der Inklusionsmöglichkeiten von MmB in die ausgewählten Prozesse des Gartenbaus. Für zukünftige Untersuchungen wird empfohlen, nur jene Hauptmerkmale zu beurteilen, die für den Gartenbau relevant sind, um nicht benötigte Datengenerierung und -analyse sowie Ergebnisdarstellungen zu vermeiden. Auch Stampfl (2013, 107) beispielsweise erhob in ihrer Studie zur Kopfsalatproduktion mit MmB nur die Merkmale Stehen, Knien, Hocken, Gehen, Steigen, Armbewegung, Handbewegung, Fingerbewegung, Sehen, Hören, Sprechen, Tasten, Lesen, Rechnen, Schreiben, Heben, Tragen, Schieben, Physische Ausdauer, Feinmotorik, Arbeitsplanung, Ausdauer, Konzentration, Kritisierbarkeit, Lernen/Merken, Misserfolgstoleranz, Ordnungsbereitschaft, Pünktlichkeit und Teamarbeit.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Achterberg, T., Wind, H., Prinzie, P. et al. 2013. „Inter-rater reliability of the „Merkmalprofile zur Eingliederung Leistungsgewandelter und Behinderter in Arbeit“ (MELBA) in young disabled adults with psychosocial limitations“ in Work, 44(4), 491-7.

[2] Adenauer, S. 2004. Die (Re-) Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess. Ford-Werke AG.

[3] Auernhammer, H. 1976. Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. KTBL-Schrift 203, Darmstadt.

[4] Bortz, J. und Döring, N. 2005. Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer.

[5] Conclave, M., Fusaro, G., Sala, M. et al. 2009. “The ICF and Labour Policies Project: The first Italian nation-wide experience of ICF implementation in the labour sector” in Disability and Rehabilitation, 16-21.

[6] Grabner, M. 2011. Beschäftigung von Menschen mit geistiger Behinderung in einem landwirtschaftlichen Betrieb?! Eine qualitativ-empirische Studie zur subjektiv wahrgenommenen Lebensqualität der Beschäftigten am Sunnahof. Diplomarbeit. Universität Wien.

[7] Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation an der Deutschen Sporthochschule Köln: http://www.iqpr.de/iqprweb/seiten/dienstleistung/profilvergleich/referenzen/referenzen.aspx. Abruf: 2.5.2017.

[8] Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation an der Deutschen Sporthochschule Köln: http://www.iqpr.de/iqprweb/seiten/dienstleistung/profilvergleich/marie/marie.aspx. Abruf: 21.6.2017.

[9] Ireys, H., Salkever, D. et al. “Schooling, employment, and idleness in young adults with serious physical health conditions: effects of age, disability status, and parental education” in Adolesc Health, 25.

[10] König, O. 2010. Werkstätten und Ersatzarbeitsmarkt in Österreich. Dokumentation der Befragung der österreichischen Sozialabteilungen zum Stand und Umsetzung der Werkstättenstandorte in Österreich sowie der Befragung aller österreichischen Werkstättenträger und Standorte im Zeitraum 2008-2009. Datenband III der dreibändigen Reihe „Die Übergangs-, Unterstützungs- und Beschäftigungssituation von Menschen mit einer intellektuellen Beeinträchtigung in Österreich". Wien: Universität Wien.

[11] REFA. 1984. Methoden des Arbeitsstudiums im Landbau - REFA-Buch Landwirtschaft Teil 1; Hrsg. Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. / REFA Institut Darmstadt, 01/1984.

[12] Schuntermann, M. 2009. Einführung in die ICF: Grundkurs – Übungen – Offene Fragen. 4. Auflage. Berlin: Ecomed Medizin.

[13] Schuring, M., Burdorf, L. et al. 2007. "The effects of ill health on entering and maintaining paid employment: evidence in European countries" in Epidemiol Community Health, 597.

[14] Stampfl, A. 2013. Arbeitszeitbedarf von Menschen mit Behinderung beim Anbau von Kopfsalat. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.

[15] Stier, W. (1999). Empirische Forschungsmethoden. Berlin: Springer.

AUF AUGENHÖHE - Inklusives Fortbildungsangebot der Landwirtschaft und Waldorfpädagogik

Heike Christine Purtscheller
Leonhard Weiss
Department für Weiterbildungsforschung und Bildungsmanagement, Donau-Universität Krems, Zentrum für Kultur und Pädagogik, Wien / An-Institut der Alanus Hochschule für Kunst und Gesellschaft, Alfter, Deutschland

Elisabeth Quendler
Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Ein Teil der in Österreich lebenden Menschen mit Behinderungen ist in der Landwirtschaft tätig. Da der Landwirt für die Belehrung seiner Mitarbeiter verantwortlich ist, bedarf es geeigneter Fort- und Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich der Landwirtschaft im Sinne der Inklusion. Einige gesellschaftliche und pädagogische Voraussetzungen müssen dafür in der Landwirtschaft erfüllt werden. In einem in Oberösterreich durchgeführten Pilotprojekt wurde ein Konzept auf den Grundlagen der Waldorfpädagogik erstellt und in mehreren Kursen zum Thema Milch- und Personalhygiene sowie Jungpflanzenaufzucht erprobt und anschließend mit Methoden der Befragung, Beobachtungstopics und Feedbackrunden evaluiert. Das Konzeptmodell, Menschen mit Beeinträchtigungen Fortbildungen im beruflichen Bereich zu ermöglichen, kann nicht nur im Bereich der landwirtschaftlichen Fortbildung zur Wirkung kommen, sondern generell als Möglichkeit dienen, am Fortbildungsangebotssektor eine Teilnahme zu ermöglichen. Durch das non-formale Lernen ist diese Möglichkeit gegeben und in der Umsetzung unter dem Aspekt der Waldorfpädagogik realistisch. Eine Vorreiterrolle können hier die Soziale Landwirtschaft wie die Waldorfpädagogik übernehmen. In diesen Strukturen bedarf es keiner großen Umstellung, höchstens in der Anerkennung. Diese Themen werden hier bereits seit hundert Jahren mit Erfolg gelebt und der Zeitgeist fordert eine Umsetzung dieser Ansätze.

ABSTRACT

Some part of people with disabilities living in Austria is employed within the field of agriculture. Since the farmer is responsible for the education of employees, there is a need for specific training and education possibilities in terms of the inclusion. Some societal and pedagogical requirements have to be fulfilled in agriculture to tackle this target. In a pilot project carried out in Upper Austria a concept has been developed based on fundamentals of Waldorfpädagogik, then proved within courses on “Milk and personnel hygiene” and “seedling breeding” and finally evaluated by the methods of surveys, “monitoring topics” and feedbacks. This concept shows a way to enable people with disabilities to take part on educational trainings not solely in the area of agriculture. This possibility is given thanks to the non-formal-learning and its implementation is realistic under the condition of integrating the Waldorfpädagogik. The lead can be overtaken by social agriculture and Waldorfpädagogik. Their structures do not require big adjustments, just the recognition of them. These topics are taken successfully for the last hundred years and the spirit of the time calls for realization of these approaches.

Stichworte: Soziale Landwirtschaft, biologische Landwirtschaft, biologisch-dynamische Landwirtschaft, Green Care, Waldorfpädagogik, Inklusion, Fortbildung, Menschen mit Beeinträchtigung, Arbeit, Pädagogik.

Keywords: social agriculture, organic agriculture, biodynamic agriculture, Green Care, Waldorfpädagogik, inclusion, training, people with disabilities, employment, pedagogy.

1. EINLEITUNG

In Österreich leben rund 10 % [1] der Bevölkerung mit verschiedenen Beeinträchtigungen, ein Teil davon ist auch in der Landwirtschaft tätig. Die Landwirte sind stetig mit steigenden Anforderungen konfrontiert, ob im Bereich Tierhaltung, Gemüsebau oder direkter Vermarktung und als Arbeitgeber selbst für die „Belehrung" der Mitarbeiter verantwortlich. Es gibt ein breites Angebot im Bereich der landwirtschaftlichen Fortbildung, trotzdem gibt es laut Auskunft von diversen Einrichtungen kein dezidiert ausgewiesenes Angebot im Kontext Arbeit für Menschen mit Beeinträchtigung. Aus dieser Perspektive heraus stellt sich die Frage, ob und welches Fortbildungsangebot Menschen mit Beeinträchtigungen, im landwirtschaftlichen Bereich, auch in Bezug auf die Inklusion in Anspruch nehmen könnten und wie dieses aus pädagogischer Sicht ausschauen müsste.

Für die Inklusion von Menschen mit Behinderung sind Bildung, Arbeit und Teilhabe an der Gesellschaft zentrale Punkte. Das im Jahr 2008 in OÖ in Kraft getretene Chancengleichheitsgesetz (Oö.ChG) verfolgt das Ziel Menschen mit Beeinträchtigungen „ein normales Leben und eine umfassende Eingliederung in die Gesellschaft zu ermöglichen“. So sollen Menschen mit Beeinträchtigungen auch möglichst in den Arbeitsprozess und den Arbeitsmarkt, in einen angemessenen Arbeitsplatz integriert werden. Dabei sollen die Erhaltung und die Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten durch entsprechende Aktivitäten berücksichtigt werden.

Seit Jahrzehnten wird in einigen heilpädagogischen Einrichtungen und sozial therapeutischen Lebensgemeinschaften, die biologisch- dynamische Landwirtschaft und die Waldorfpädagogik als Grundlage für die Inklusion herangezogen. Dies bestätigte auch eine durchgeführte Befragung von sechs Einrichtungen, die das Prinzip der „Sozialen Landwirtschaft“ praktizieren. Durchschnittlich sind in diesen Betrieben in den Bereichen Landwirtschaft sowie Gartenbau zwischen fünf und 30 Menschen mit Beeinträchtigung und Betreuer beschäftigt.

Im Zuge der Befragung wurden auch Fort- und Ausbildungsmöglichkeiten der beschäftigten Menschen mit Beeinträchtigung erhoben. Nur eine Einrichtung gab an, die Einschulung in Form von Schulungen durchzuführen, obgleich alle Einrichtungen eine Einschulung in Form eines Kurses in den verschiedenen Arbeitsbereichen als sinnvoll erachteten. Alle Befragten sahen die Landwirtschaft als ein mögliches Arbeitsfeld für Menschen mit Beeinträchtigung.

Der Begriff ‚Soziale Landwirtschaft‘ bezeichnet im Allgemeinen landwirtschaftliche Betriebe, die sich zusätzlich zu ihren klassischen Aufgaben wie Tier- sowie Pflanzenproduktion und -zucht sozial ausrichten. Eine einheitliche Bezeichnung gibt es jedoch nicht. Nach Van Elsen umfasst die ‚Soziale Landwirtschaft‘ „landwirtschaftliche Betriebe und Gärtnereien, die Menschen mit körperlichen, geistigen oder seelischen Beeinträchtigungen integrieren, Höfe, die eine Perspektive für sozial schwache Menschen bieten, für straffällige oder lernschwache Jugendliche, Drogenkranke, Langzeitarbeitslose aber auch aktive Senioren. Auch Schul- und Kindergartenbauernhöfe gehören dazu. Vorsorge, Inklusion und mehr Lebensqualität sind Aspekte ‚Sozialer Landwirtschaft‘ [2].

Viele von den Initiativen und Beispielen, die soziale Aufgaben auf den Höfen wahrnehmen und als Green Care oder Soziale Landwirtschaft Betriebe genannt werden, entstanden aus dem anthroposophischen Impuls Rudolfs Steiners und bauen insbesondere auf der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise auf.

Rudolf Steiner betonte in seinem landwirtschaftlichen Kurs über diese wie folgt: „Nun, eine Landwirtschaft erfüllt eigentlich ihr Wesen, im besten Sinne des Wortes, wenn sie aufgefasst werden kann als eine Art Individualität für sich, eine wirklich in sich geschlossene Individualität“ [3]. Eine Landwirtschaft erfüllt ihr Wesen nur, wenn sie vom Menschen verinnerlicht und gedacht wird. Aus der

Sicht von Rudolf Steiner steht der Mensch im Mittelpunkt und stellt das eigentliche Maß für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Individualität dar. Eine Verbindung von Landwirtschaft und Pädagogik lässt sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts finden. Es bestand bereits damals Einigkeit darüber, dass unter menschenwürdigen Bedingungen die Landwirtschaft nicht nur zur Sicherung der Existenz beitrug, sondern auch als Grundlage für therapeutische, soziale und pädagogische Zielsetzungen dienlich sein kann [4].

In der Sozialen Landwirtschaft kann aus dem Alltag heraus pädagogisch gearbeitet werden. Das Tier wie die Pflanze kann in ihrem natürlichen Umfeld wirken. Menschen mit Beeinträchtigungen werden nach ihren Fähigkeiten in die Arbeitsprozesse involviert und wie alle Mitarbeiter geschult. Dies erfolgt, je nach Tätigkeit, durch eine informelle wie eine non-formale Schulung durch den Landwirt sowie Pädagogen. Die Personen erleben sinnvolle Tätigkeiten und sinnstiftendes Arbeiten.

Mittlerweile wird in der Sozialen Landwirtschaft bei der Arbeit mit Menschen mit verschiedenen Einschränkungen und Fähigkeiten zwischen tiergestützter oder pflanzengestützter Intervention sowie Pädagogik unterschieden. Tiergestützte Interventionen (kurz TGI) umfassen „fachlich geplante therapeutische, pädagogische, psychologische und sozial integrative Angebote für Menschen jeden Alters mit und ohne physische, psychische, sozial-emotionale und kognitive Einschränkungen und Verhaltensweisen“ [5] unter Einsatz von (landwirtschaftlichen Nutz-) Tieren.

In der tiergestützten Pädagogik geht es in erster Linie um den Beziehungsaufbau sowie um die Wissensvermittlung rund um das Tier. Das Wissen um die Pflege, die Versorgung und den Nutzen der Tiere steht im Mittelpunkt. Der zweite große Bereich in der Sozialen Landwirtschaft ist die pflanzengestützte Intervention, und bedient sich im Gegensatz zur TGI der Pflanzen sowie der Natur als Medium oder Werkzeug. Die Intervention wird in pflanzengestützte Aktivität, Pädagogik und Gartentherapie unterteilt. Ähnlich wie bei der tiergestützten dient die pflanzengestützte Pädagogik der Wissensvermittlung; diese kann über die Vermittlung der Kulturen bis hin zur Bewirtschaftungsweise eines Hofes gehen. Hier ist gut ersichtlich, dass sich in der gelebten Landwirtschaft, nur schwer eine Grenze zwischen diesen beiden Bereichen ziehen lässt, da sich diese oftmals vermischen und so eine Wirksamkeit aus dem Ganzen erfolgt.

Die lebendige Landwirtschaft unterliegt den natürlich vorgegebenen Rhythmen, wie Jahreszeit, Bedürfnisse der Tiere, der Pflanzen wie der Mitmenschen. Dieses stabile Zeitgefüge bietet eine ideale Grundlage für die Arbeit mit Menschen mit Beeinträchtigung. Durch die immer wiederkehrenden notwendigen Tätigkeiten ergibt sich ein übendes Wiederholen im täglichen sinnerfüllten Tun. Das Arbeiten in einer Gemeinschaft mit klaren Strukturen, die durch das natürliche Umfeld gegeben sind, ermöglicht es druckfrei in den Sog des Hoforganismus einzutauchen. Auch die Sinne werden durch diesen vorgegebenen Kreislauf angeregt und können hier gezielt geschult werden. Glöckner (2010) gibt in der „Kindersprechstunde“ den pädagogischen Auftrag bewusst die wichtigsten Rhythmen zu pflegen, um die Belastungsfähigkeit des Organismus für die Anforderung des Lebens vorbereiten und aufbauen zu können [7].

Durch das Arbeiten und Lernen in der Gemeinschaft ergibt sich die Möglichkeit sich in verschiedenen Bereichen zu erproben und seine Fähigkeiten und Möglichkeiten zu erweitern und verborgene Ressourcen zu entdecken. Die Gruppenarbeit ist für manche Menschen eine Notwendigkeit. Sie kann helfen durch praktisches Tun die eigene Individualität zu erfahren und bietet mit der Dynamik der Gruppe neue Chancen. Es ermöglicht auch, sich gelegentlich zurück zu nehmen, um den Prozess aus einer anderen Perspektive wahrzunehmen. Durch das Arbeiten in der heterogenen Gruppe ist Lernen wie bereits erwähnt durch Rhythmus, Nachahmung und Wiederholung gegeben, wobei der individuelle Rhythmus jedes Einzelnen berücksichtigt wird. Für Menschen mit Beeinträchtigung ist dies eine besonders gute Möglichkeit, sich in den vielfältigen Bereichen der Landwirtschaft zu schulen (Garten- und Pflanzenbau, Tierpflege, Hauswirtschaft bis zur Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte sowie Erzeugnisse). Hier sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt.

Das Ziel der Fortbildungskurse für Menschen mit Behinderung[1] soll sein, sich mit der Thematik ihrer Tätigkeiten außerhalb der täglichen Arbeit (in der Landwirtschaft), jedoch im Kontext dazu, auseinanderzusetzen.

Non-formale Bildungsmöglichkeiten mit flexiblem Curriculum und ohne starre Zertifizierungs- und Anerkennungsprozesse bieten sich für Fortbildungen im landwirtschaftlichen Bereich besonders gut an. Dies findet sich in der Waldorfpädagogik wieder. Diese Kombination soll Schlüsselqualifikationen aktivieren und stärken. Die Landwirtschaft als ein Lernort, der sich durch die Vielfalt und die Flexibilität bei der Gestaltung der Lernaktivitäten auszeichnet, ist prädestiniert für Bildungsmöglichkeiten im non-formalen Bereich und insbesondere für das semi-formale Lernen. Der Bauernhof mit seinem landwirtschaftlichen Umfeld und den wiederkehrenden Tätigkeiten stellt einen Lernort dar, an dem zielgerichtete strukturierte Bildungsmöglichkeiten angeboten werden können - ähnlich wie beim formalen Lernen, jedoch mit notwendiger Flexibilität zur Förderung der Individualität von Menschen mit Behinderungen. Die „Soziale Landwirtschaft“ scheint besonders geeignet zu sein, da sie den Menschen mit Behinderungen einen individuellen Rahmen für deren Weiterentwicklung ermöglicht.

Das Land OÖ hat verschiedene Trägereinrichtungen, wie beispielsweise die Caritas, Promente, Lebenshilfe und andere damit beauftragt, passende Arbeitsplätze für die einzelnen definierten Zielgruppen zu offerieren und eine relevante Unterstützung anzubieten.

Die Caritas St. Elisabeth in Linz arbeitet in Kooperation mit dem biologisch-dynamisch bewirtschafteten Putti-Hof seit vielen Jahren unter Einsatz der tier- und pflanzengestützten Pädagogik. Im Jahr 2016 wurde gemeinsam mit dem LFI OÖ ein Pilotprojekt im Bereich der Fortbildung für Menschen für Behinderungen initiiert. Folglich war das Ziel dieser Studie zu untersuchen, ob sich die Walddorfpädagogik zur Konzeption von einem landwirtschaftlichen non formalen Fortbildungsangebot für Menschen mit Behinderungen eignet.

2. MATERIAL

2.1 Waldorfpädagogisches Lehrkonzept

Das erarbeitete pädagogische Konzept des Pilotprojekts beruht im Allgemeinen auf der Waldorfpädagogik, in der, dem anthroposophischen Menschenbild gemäß, Rhythmus, Wiederholung und Nachahmung zur Anwendung kommen. Diese finden sich wieder in der Methode des Erzählens, des bildhaften Lernens und der Methode der Urteilsbildung. Es werden die 12 Sinne (laut Steiner) durch diese ganzheitliche Methode angesprochen und gestärkt, um der Entwicklung des Menschen dem Alter und den Fähigkeiten entsprechend gerecht zu werden.

Das Konzept geht von der pädagogischen Grundhaltung aus, dass jede Person am Hof ihre eigene Individualität mitbringt und diese anerkannt wird, mit ihren besonderen Fähigkeiten, Behinderungen und Begabungen. Jegliche Arbeit basiert auf einem absichtslosen, persönlichen Beziehungsaufbau. Hier ist das landwirtschaftliche Umfeld mit den Tieren und Pflanzen hilfreich. Oftmals ist das der erste wesentliche Schritt für verlässliche Beziehungen. Die Persönlichkeit des Landwirtes und des Pädagogen in ihrer Individualität gestalten den jeweiligen Arbeitsplatz. Dadurch wird den zu betreuenden Personen der Freiraum zur Selbstwerdung gegeben. Um den Gleichklang von Körper, Geist und Seele wahrnehmen zu können, bedarf es der Selbsterziehung. Loebell (2017) schreibt wie folgt: „Erziehung wird entsprechend von Steiner grundsätzlich als Selbsterziehung verstanden: Die Lehrperson bildet die Umgebung des sich selbst erziehenden Kindes gerade durch die Art, wie sie selbst lernt und als lernendes Subjekt wahrgenommen werden kann“ [6]. Dadurch ist es dem Landwirt und Pädagogen möglich durch seine Gedanken, Stimmungen, Worte und Taten ein nachahmenswertes Vorbild zu sein. So stehen diese ihrem Umfeld ehrlich, wertschätzend und offen gegenüber und vermitteln so, durch ihre seelische Grundhaltung, die lebenspraktischen Aufgaben in und durch die Landwirtschaft. Sie sind gefordert das Verantwortungsbewusstsein zu fördern und zu stärken, dabei finden sie Unterstützung und Schöpfen aus

[1] Zu den Behinderungsarten zählten geistige Behinderung, Hörschädigung (Gehörlosigkeit und Schwerhörigkeit), seelische Behinderung, Körperbehinderung, Lernbehinderung, Sehschädigung, Sprachbehinderung und Verhaltensstörung. Dieses Schema (nach REHDAT) wurde als Basis für die Evaluierung verwendet.

dem Kontext der biologisch-dynamischen Landwirtschaft. Der Landwirt und der Pädagoge sehen sich als Begleiter der Menschen auf dem Hof, die mit Lebensfreude und Respekt die Ehrfurcht gegenüber der Schöpfung zum Ausdruck bringen und somit eine vertrauensvolle Begegnung mit der Welt ermöglichen.

Die Menschen mit Beeinträchtigung werden direkt am landwirtschaftlichen Betrieb oder in der Gärtnerei, das heißt im natürlichen Setting, geschult - und durch das Erleben der Notwendigkeit und im Tun in den erforderlichen Fähigkeiten für die jeweiligen Arbeitsabläufe sensibilisiert.

Mit einer Schulung im non - formalen Bereich werden Menschen mit Beeinträchtigung über die Arbeitsmaterialien wie die Arbeitsvorgänge informiert. Hier kommen sehr individuell verschiedene „Werkzeuge“ zum Einsatz (verschriftlichte Arbeitsanweisung, Bildmaterial, Piktogramme, Videos, zu verwendende Arbeitsmaterialien/-geräte ...).

Im praktischen Tun werden die Schritte des Arbeitsablaufes gemeinsam erlebt und durch die Wiederholung gefestigt und durch Erinnern verschriftlicht, um so zu einer eigenen Schulungsunterlage zu kommen. Durch diese Methode des Erinnerns und gemeinsamen Verschriftlichens oder Verbildlichens können mögliche Fehler und Gefahrenquellen in den Produktions- und Arbeitsabläufen erkannt werden. Auch der Schulungsleiter hat durch das gemeinsame Erinnern die Möglichkeit zu erkennen, wo noch ganz individuell Unterstützungsbedarf besteht. Es können Unsicherheiten abgeklärt werden.

Wichtig für den Einstieg in die Schulung ist das gemeinsame Ritual (zum Beispiel ein Spruch, Gedicht oder Lied), um einerseits Orientierung als auch andererseits eine Struktur anzubieten und somit den Teilnehmern auch eine gewisse Sicherheit zu geben. Mit dem Ritual soll die Schulung auch beendet werden.

Am Seminarende, vor dem offiziellen Abschlussritual, bekommen die Teilnehmer eine Teilnahmebestätigung. Diese stärkt ihren Selbstwert und das Selbstbild und ist gleichzeitig eine Anerkennung und Bestätigung, um in anderen Betrieben tätig sein zu können.

In dieser Formulierung des Konzeptes handelt es sich nur um die Wiedergabe von Idealen und Lebensfeldern des Augenblickes, die den stetigen Veränderungen durch die Bedürfnisse und Notwendigkeiten der Gemeinschaft und jedes Einzelnen in dieser unterliegen. Daher ist es wichtig, diese in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren. Nur ein gelebtes Konzept kann den Anspruch eines wahren Konzeptes beanspruchen.

2.2 PUTTI-HOF

Der PUTTI-HOF ist der in Oberösterreich erste zertifizierte Green Care Betrieb und arbeitet unter anderem in Kooperation mit der Caritas St. Elisabeth und der Lebenshilfe Wels, wie dem LFI OÖ. Als anthroposophisch geführter Betrieb bietet der PUTTI-HOF in Buchkirchen bei Wels Menschen mit Beeinträchtigung die Möglichkeit sich in den Bereichen der Landwirtschaft fortzubilden. Hier reichen die Angebote von Garten und Ackerbau, Verarbeitung, Vermarktung, Hauswirtschaft bis hin zu Reparaturarbeiten an landwirtschaftlichen Geräten. Alle diese Tätigkeiten fördern die Fein- und Grobmotorik. Des Weiteren erlernen die Menschen im Tun, durch die „Alltagsarbeiten“ am Hof lebenspraktische Fähigkeiten. Die Vielfalt der Pflanzen und Tiere, wie das Angebot der tiergestützten Intervention am Hof sind wesentlich für die Arbeit der und mit den Menschen mit Beeinträchtigung. Die Menschen mit Beeinträchtigung, die am PUTTI-HOF als Mitarbeiter wahrgenommen werden, erzeugen Milchprodukte zum Beispiel Käse und Joghurt und verkaufen diese am Welser Wochenmarkt. Hier werden auch Produkte aus den anderen Werkstätten verkauft. Durch den direkten Konsumenten-Kontakt am Markt wie auch am PUTTI-HOF wird die soziale Kompetenz gefördert und die Inklusion der Mitarbeiter vom PUTTI-HOF in einem hohen Maß ermöglicht.

In den Jahren 2016 und 2017 wurden pilotweise mehrere Fortbildungskurse für und mit Menschen für Beeinträchtigungen in Kooperation mit dem LFI OÖ und der Caritas durchgeführt.

2.3 Kursteilnehmer, Kurse und Lehrende

Die Zielgruppe der Weiterbildungsaktivitäten am Hof waren Menschen mit Behinderungen aus der Fähigkeitsorientierten Aktivität, die aufgrund ihrer Behinderung als erwerbsunfähig eingestuft wurden und lediglich Anspruch auf Taschengeld hatten. Die „Fähigkeitsorientierte Aktivität“ (kurz FoA) bietet die Teilnahme und das Mitwirken an einem Arbeitsprozess sowie am Leben in der Gemeinschaft, meistens in der Tagesstruktur einer Institution.

Die am PUTTI-HOF abgehaltenen Kurse waren auf Jugendliche und erwachsene Menschen ausgerichtet, der genannte waldorfpädagogische Ansatz erwies sich aufgrund der oftmals verzögerten Entwicklung und der unterschiedlichen Behinderungen als relevant. Der Milch- und Personalhygienekurs wurde für maximal 15 Teilnehmer geplant und von zwei TrainerInnen des LFIs und einem Landwirt abgehalten. Die Teilnehmer aller drei Milch- und Personalhygienekurse bildeten eine heterogene Gruppe in Bezug auf Beeinträchtigung, Alter und Geschlecht. Die Teilnehmer waren Menschen mit Beeinträchtigung der Fähigkeitsorientierten Aktivität, Betreuer aus den verschiedenen Werkstätten, Praktikanten und Schüler verschiedener Schulen mit landwirtschaftlichen und sozialen Schwerpunkten.

Der Kurs Jungpflanzenaufzucht und der Champignonzuchtkurs wurden von den Landwirten abgehalten. Sechs Menschen mit Beeinträchtigung und ein Betreuer nahmen an diesen Kursen teil.

Für den Kurs „Jungpflanzen-Aufzucht“ wurde bewusst leicht zu kultivierendes Gemüse (Radieschen, Kohlrabi, Salate), zum Teil mit kurzer Vegetationszeit, entsprechender Kälte-Resistenz sowie Robustheit und mehrmaligem Beernten (Asia-Salate, Pflück-Salate) gewählt. Im Vordergrund stand das Arbeiten im Tun und das Ganzheitliche. Zusätzlich wurde der Champignon als Kultur gewählt, da hier ganzjähriger Anbau sowie mehrmalige Ernte möglich sind. Der Zusatznutzen war auch die Auseinandersetzung mit der Kompostwirtschaft. Zuvor wurde gemeinsam mit den Menschen mit Beeinträchtigung das Nährsubstrat aus dem eigenen Kompost für die Pilzzucht hergestellt.

Als Unterlage für die Teilnehmer wurden beispielsweise beim Kurs für Jungpflanzen-Aufzucht Informationen zu Kulturen zusammengestellt. Dabei wurde auch auf die Ernte und die Lagerung eingegangen, um das Ganzheitliche nicht aus dem Auge zu verlieren. Die Menschen mit Beeinträchtigungen hatten die Möglichkeit die Kultur in ihren vertrauten Bezug zu setzen. Eine Unterlage zur Erklärung der einzelnen Arbeitsschritte und Abläufe mit exakten Anweisungen wurde ebenso in Leichter-Lesen erstellt. Es wurden auch Piktogramme mit Leseschwäche gestaltet und für die sehbehinderten Teilnehmer die Kursunterlagen in Brailleschrift geschrieben.

Für die Durchführung der Pilot-Kurse wurde für die Lehrenden jeweils ein detailliertes Drehbuch entwickelt, das sowohl auf die Vorbereitungsmaßnahmen als auch einzelne Schritte und Arbeitsmethoden sowie -werkzeuge im Kurs eingeht.

3. METHODEN DER EVALUIERUNG

Die Evaluierung der Kurse erfolgte mittels mehrerer Online-Umfragen. Zu den Befragten zählten die Kursteilnehmer, die Lehrenden sowie die Geschäftsführung des LFI OÖ. Die Online-Umfrage wurde gewählt, weil insbesondere für die Teilnehmer mit Sehbehinderung und mit Leseschwäche die Antwortmöglichkeiten durch Symbole, Piktogramme, Sprachunterstützung sowie Vorlesefunktion „Alexa“ erleichtert wurden.

Der Fragebogen beinhaltete sowohl offene als auch geschlossene Fragen, abhängig von der Gruppe, unter anderem allgemeine Fragen zum Thema Inklusion, wie spezielle Fragen zum Kursinhalt, zur Qualität und zur angewandten Methode der Waldorfpädagogik.

Von der Pädagogin wurde auch die Methode der Betrachtung und Wahrnehmung aus der Waldorfpädagogik mit Unterstützung einer Liste von Beobachtungstopics angewandt, um das Pilotprojekt aus pädagogischer Sicht zu evaluieren. Es wurden insbesondere die Beobachtungstopics Umgebung und Gestaltung, didaktische Methoden, zeitlicher Ablauf, Erfassung der Gesamtzusammenhänge, Authentizität und Haltung der Lehrenden, Inhaltvermittlung in leichter Sprache bewertet. Basierend auf den Beobachtungstopics wurden nach jedem Kurs seitens der

Pädagogin Feedback-Runden mit den Betreuern und den Lehrenden abgehalten. Die Ergebnisse wurden schriftlich dokumentiert.

Im Pilotversuch Gemüsebau am PUTTI-HOF wurden die Abläufe per Video dokumentiert und die fachliche Praxis der Arbeitsvorgänge, wie die Ausführung dieser nach der Einschulung von den Menschen mit Beeinträchtigung erfasst.

Sowohl für die Konzeption der einzelnen Kurse wie auch um ein klareres Bild bezüglich der Interessen von Menschen mit Behinderung zu erhalten und gleichzeitig die entsprechende Fortbildung für sie zu finden, wurden die notwendigen Schlüsselqualifikationen für die jeweiligen Kurse vorab eruiert (z. B.: Konzentration, Teamfähigkeit, Lernen/Merken, kritische Kontrolle, Vorstellung etc.). Zudem wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Erfassung und Wiedergabe von Informationen (das bedeutet Sehen, Hören sowie Kulturtechniken wie Schreiben, Lesen, Rechnen) sowie komplexe Merkmale der auszuführenden Tätigkeiten erfasst und anhand dieser die Fähigkeitsprofile erstellt. Zur Auswertung und Erhebung dieser Daten wurden sie nach jedem Kurs in Form der oben genannten Methoden analytisch aufgeschlüsselt. Daraus wurde sukzessive das Konzept entwickelt, um in weiterer Folge als Baustein für ein mögliches inklusives Fortbildungsmodell zu dienen. Die Gesamtarbeit wurde am Ende nochmals aus rein pädagogischer und sozialpädagogischer Sicht betrachtet.

Alle Teilnehmer der Kurse wurden anhand des ICF Codes[2] ihren Behinderungsarten nach von dem jeweiligen Betreuer eingeteilt, um in weiterer Folge, die Tätigkeiten den Fähigkeiten zuzuordnen. Die Behinderungsarten waren schwer trennbar, relativ oft traten Mehrfachbehinderungen auf, also Behinderungen, die sich aus mehreren Behinderungsarten zusammensetzten.

4. ERGEBNISSE

Alle Lehrenden waren sich darüber einig, dass die Organisation dieser Kurse aufwendiger als üblich war. Beispielsweise wurde durch die Notwendigkeit der Brailleschrift die Methode sowie auch ein Teil der Kursunterlage abgeändert. Die theoretischen Inhalte wurden auf das Wesentliche mit dem Schwerpunkt der Personalhygiene gekürzt und durch Arbeiten im Tun, mit einem Praxisteil in der Milchverarbeitung ergänzt. Das gewählte Konzept der Waldorfpädagogik, insbesondere durch die Anwendung des „Lernens im Tun“, wurde von allen Befragten als geeignet für landwirtschaftliche Fortbildungen angesehen.

Das bedeutet, die Kurse sollen eine Ganzheit entstehen lassen, in dem Sinne, dass die Menschen mit Behinderungen einen erweiterten Zugang erfahren. Es wurde ihnen ein „unsichtbarer“ Bereich ihrer Tätigkeitsfelder (oder möglichen Tätigkeitsfelder) geboten, der sie dem Ganzheitlichen ein Stück näher brachte.

Da es das Ziel dieser Studie war zu untersuchen, ob non-formale Fortbildungsmöglichkeiten für Menschen mit Behinderungen in Verbindung mit der Waldorfpädagogik geeignet sind, wurde in den Kursen kein starres Curriculum verwendet, was in weiterer Folge jedoch eine Zertifizierung nicht ausschließt. Der Praxisbezug, zum Beispiel durch die Nutzung des Milchverarbeitungsraumes oder des Folientunnels, unterstrich die These, dass die Landwirtschaft als Lernort im non-formalen Bereich prädestiniert ist. Obwohl kein starres Curriculum verfolgt wurde, war bei den konzipierten Kursen ein klares Lernziel vorgegeben. Dieses konnte auch in Form eines Teilzieles erreicht werden. Manche der Teilnehmer konnten ihren Fähigkeiten nach nur bestimmte Teilziele, wie zum Beispiel Töpfe mit Erde befüllen, Vorreinigen beim Käsen etc. erreichen.

Das heißt, dass das Lernziel, beispielsweise den hygienischen Umgang in der Milchverarbeitung oder den fachgerechten Anbau von Pflanzen zu erlernen, von manchen Teilnehmern nur durch die Teamarbeit in der heterogenen Gruppe erreicht wurde. Somit kann gesagt werden, dass sich daraus die Möglichkeit ergibt, Menschen mit Behinderung in einen Arbeitsprozess zu integrieren. Sie können ihre durch den Kurs erreichten Ziele, wie auch ihre Teilziele in die Gruppe einbringen und sind ein wesentlicher Faktor in dem Arbeitsprozess.

[2] Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit der Weltgesundheitsorganisation WHO

Zu dieser ganzheitlichen Wirklichkeit von Tätigkeitsfeldern gehört in der Milchverarbeitung und im Umgang mit Lebensmittel die Hygiene. Diese ist ein tägliches Thema und wurde angewandt, jedoch nicht mit diesem, speziell in der Milchverarbeitung relevanten Hintergrundwissen vermittelt. Des Weiteren sind die Anforderungen an das verarbeitende Material, wie die Folgen davon, durch Abweichungen im Arbeitsalltag gegeben, jedoch wurde auch hier im Arbeitsablauf nur oberflächlich darauf eingegangen. Beim Milch- und Personalhygienekurs wurde zum Beispiel in drei Gruppen gearbeitet, die Abfolge war nicht relevant, da jeder Teil in sich abgeschlossen war. Diese Teile könnten auch an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen abgehalten werden. Dies wäre aus waldorfpädagogischer Sicht durchaus hilfreich und empfehlenswert (Nachtschule). In diesem Kurs wurde im Grunde in jeder Gruppe das gleiche Thema behandelt, jedoch eine andere Facette beleuchtet. Am Beispiel der Hygiene wurde in einer Gruppe insbesondere die Personalhygiene beleuchtet, in dem die Teilnehmer zum Tragen der sauberen Arbeitskleidung, der Notwendigkeit der Kopfbedeckung, des richtigen Händewaschens etc. geschult wurden. Im Verarbeitungsprozess selbst ging es wiederum, in erster Linie um die Hygiene der Arbeitsmaterialien und den Umgang damit, der ebenso hygienisch sein sollte. Dennoch wurde auch hier auf die Personalhygiene im konkreten Tun eingegangen. Dadurch war das Thema Hygiene für die Teilnehmer kognitiv leichter zu erfassen und somit wiederum eine Ganzheit gegeben.

In den Kursen hatten die Teilnehmer die Zeit und die Möglichkeit bekommen, sich mit den einzelnen Fehler- und Gefahrenquellen auseinanderzusetzen. Dadurch wurde ihnen eine andere Perspektive auf die jeweiligen Arbeitsschritte in ihrer Wichtigkeit ermöglicht (pH-Wert messen, auch bei der Pflanzen- und Champignonaufzucht, Temperaturführung, Relevanz der Zeit etc.).

Lernpsychologisch war die für den Verstehensprozess wichtige Auseinandersetzung mit der Umwelt, die grundsätzlich im ersten Jahrsiebt relevant ist, gegeben. Speziell im Jungpflanzen- und Champignonkurs kam dies durch die Vorbereitungsarbeiten (z. B. Aussieben der Erde oder Kompostaufbereitung) zu tragen. Im Kurs der Milch- und Personalhygiene sollte der Teil des Fütterns und Melkens der Kühe zukünftig inkludiert werden. Es wurde bewusst auf praktische Handlungen und auf die Verbalisierung dieser geachtet. Diese fanden in den Kursen durch gemeinsames Wiederholen sowie Erinnern der bereits getätigten Arbeitsabläufe statt, die in weiterer Folge verschriftlicht wurden und so eigene Unterlagen der Teilnehmer entstehen ließen.

Die Schritte von Tun, Verstehen, Verinnerlichen und Automatisieren sind nur bedingt erfüllt worden, da dafür der Zeitrahmen nicht gegeben war. Aus pädagogischer Sicht würde es Sinn machen die Kurse über mehrere Tage sowie in Modulen zu führen (Nachtschule, Wiederholung, Üben). Dem wesentlichen Schritt der Wiederholung wurde in den Kursen Rechnung getragen. Um jedoch die Handlungen zu verinnerlichen, durch den Prozess des Übens, der uns zum eigentlichen Denken und in den Willen führt, fehlte in den Kursen die Zeit dafür. Begleitend zur täglichen Arbeit, wie beispielsweise im Kontext der Milchverarbeitung oder des Gemüsebaus, kann die Zeit des Wiederholens in den Kursen als ausreichend angesehen werden.

Durch das Arbeiten mit den Sinnen in allen Kursen erhöhte sich aus motivationspsychologischer Sicht das Interesse der Teilnehmer und der Inhalt des Kurses gewann so an subjektiver Bedeutung. Die intrinsische Motivation der Teilnehmer begünstigte ein Behalten der Inhalte, des Weiteren auch die gemeinsame Zielsetzung, Produkte herzustellen (Käse, Joghurt, Jungpflanzen, Champignon) und diese in weiterer Folge zu vermarkten oder zu verarbeiten. Hier spielte die sinnstiftende Arbeit, die den Teilnehmern durch diese Kurse ermöglicht wurde, ebenso eine große Rolle (sinnstiftend, auch unter dem Aspekt der Sinne anregenden und sinngebenden Arbeit). Dies ergaben die Antworten der Online-Umfrage, die Beobachtungs-Topics als auch die Rückmeldungen in den Feedback-Runden.

Der Jungpflanzenaufzucht-Kurs ist unter dem Aspekt der angewandten Praxis, jedoch mit dem Unterschied der saisonalen Tätigkeit, zu sehen. Um den Ganzheitsaspekt trotzdem zu vermitteln, beinhaltete der Kurs auch einen Theorieteil über die Kulturen. Zudem wurde im Vorfeld mit den Teilnehmern ausgesät, um die Entwicklung vom Samenkorn zur Jungpflanze wahrzunehmen und zu beobachten. Hierdurch ist bei den Teilnehmern ein Bild von den zukünftigen Pflanzen und den weiteren notwendigen Tätigkeiten entstanden. Ansonsten wäre die Anzucht ein zu abstrakter Vorgang gewesen. Durch das Wahrnehmen ergaben sich auch Aspekte des Staunens und der Neugier, die wiederum die Motivation der Teilnehmer angehoben hat. Zudem konnte an die bestehenden Begriffe der Teilnehmer

durch das gemeinsame Erinnern an die produzierten Lebensmittel (Vorzeigen anhand von Bildern, absichtlich der nicht fertigen Kultur bezüglich der Jahreszeit) der bereits verarbeiteten Gemüsesorten (Tomate als Polpa, Verkosten beim gemeinsam Mittagessen, Sinneserleben – riechen, schmecken) angebunden sowie gemeinsam durch das Tun eigene Begriffe gefunden werden.

Generell kann gesagt werden, dass die Teilnehmer mit den Kursen zufrieden waren. Sowohl der Aufbau wie der Inhalt waren für den Großteil der Befragten verständlich. Aufgrund der verschiedenen Behinderungen und der auch ansonsten heterogenen Gruppen wurden die Inhalte öfter und mit verschiedenen Zugängen erklärt. Die Evaluierung der abgehaltenen Kurse am PUTTI-HOF half dabei, das Programm zu adaptieren und eventuelle Verbesserungen durchzuführen.

Die Betrachtung der Ausprägungen der Schlüsselqualifikationen, die wesentlich für das Einstufen der Fähigkeiten waren, lieferte weitere wesentliche Anregungen für die Gestaltung der Fortbildungskurse.

Beispielsweise war es auffällig, dass Menschen mit psychischer Erkrankung generell eine sehr niedrige Misserfolgstoleranz aufwiesen. Es sind auch gravierende Schwierigkeiten bei Umstellungen, wie auch in der Schlüsselqualifikation der Problemlösungen festgestellt worden. Die Kritikfähigkeit war ebenfalls äußerst gering. Interessant ist die hohe Bereitschaft zur Ordnung und der Sorgfalt. Im Bereich der Sinneswahrnehmung ist auffällig, dass das Riechen und Schmecken weit unter den anderen Werten liegt.

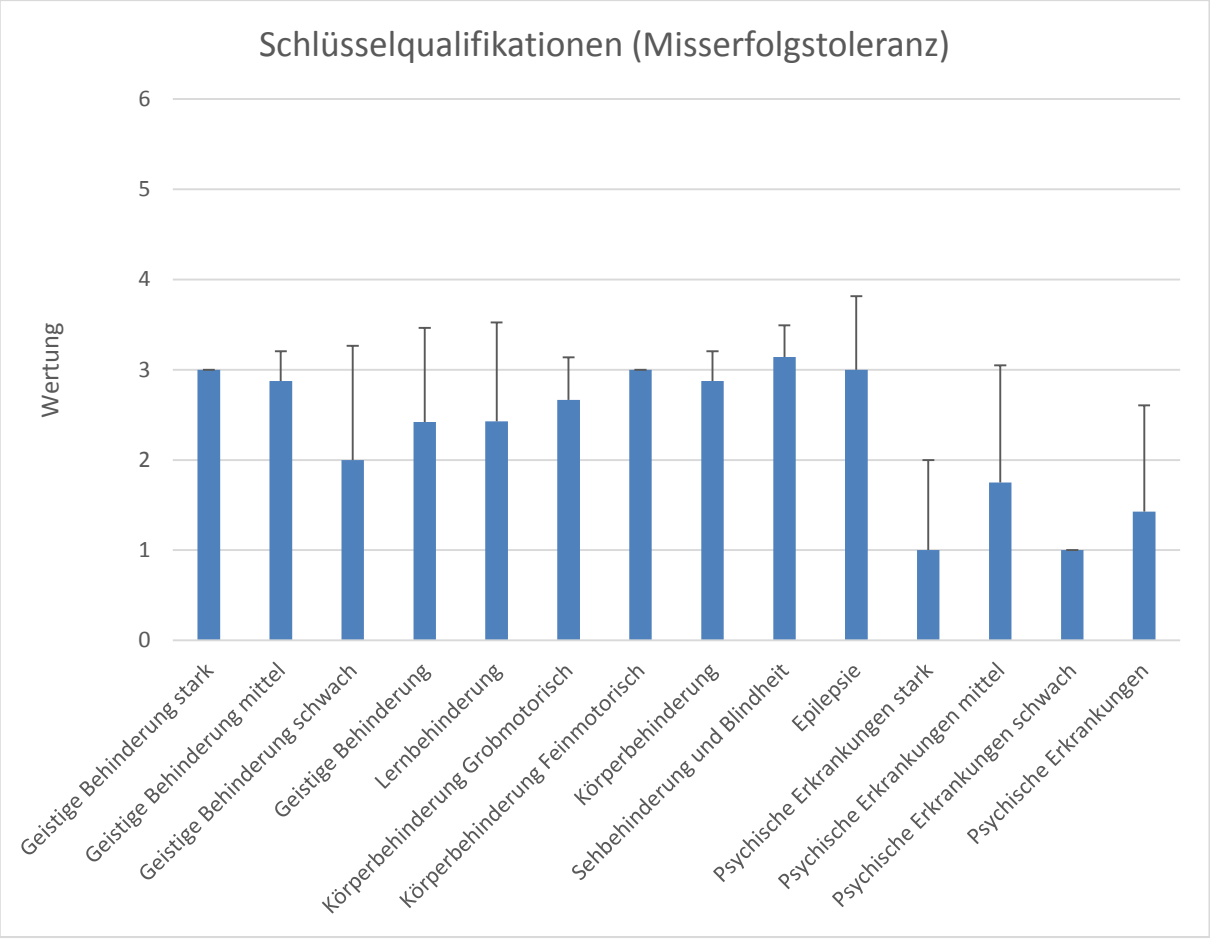


Abbildung 1: Mittlere Ausprägung der Schlüsselqualifikation „Misserfolgstoleranz" nach Behinderungsarten der Teilnehmer (n=34)

Menschen mit der Erkrankung der Epilepsie, die ebenfalls zu den Behinderungen zählt, hatten in vielen Bereichen der Schlüsselqualifikationen überdurchschnittlich gute Werte erreichen. Allerdings hatten sie die Einschränkung im Bereich der körperlichen Fähigkeiten wie der Konzentration sowie der Problemlösung.

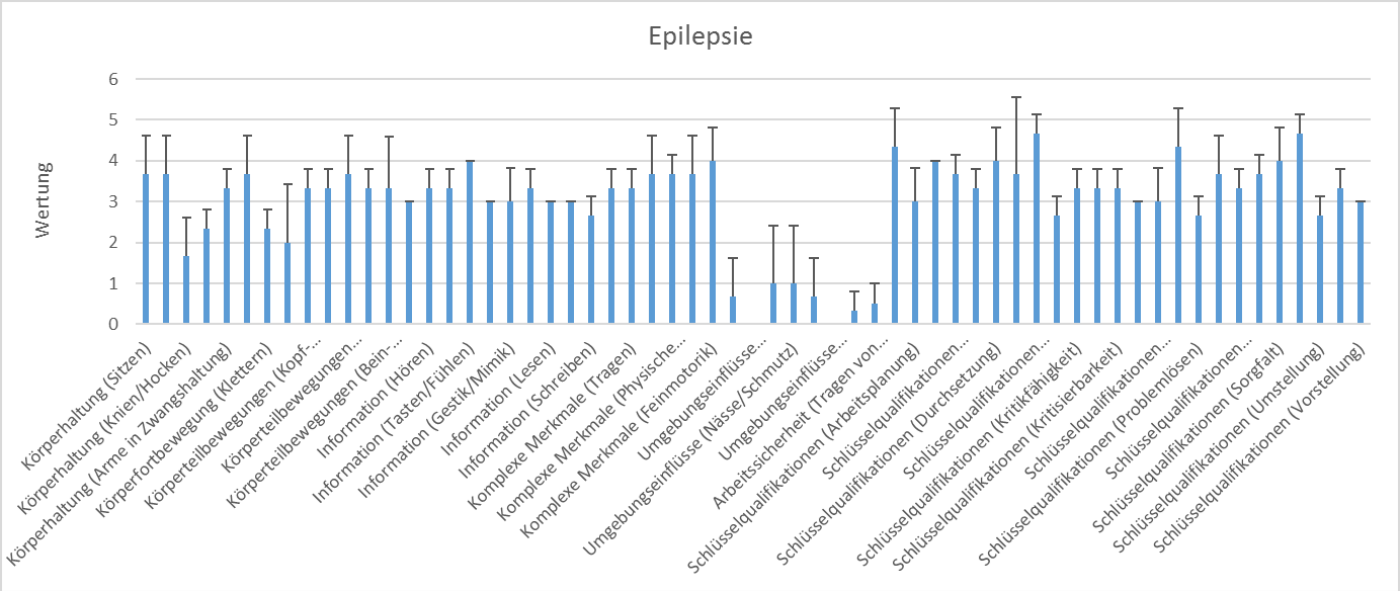


Abbildung 2: Mittlere Ausprägung der Schlüsselqualifikationen, der komplexen Merkmale, Information und der Körperhaltung der Teilnehmer mit Epilepsie (n=3)

Anhand der Beobachtungstopics kann gesagt werden, dass die notwendigen Schlüsselqualifikationen ins Bewusstsein gerufen und aktiviert wurden, insbesondere durch die Konzeption der Kurse auf Basis der Waldorfpädagogik.

5. DISKUSSION

Im Gesetz verankert ist das Recht auf lebenslanges Lernen. Dazu zählen unter anderem auch die Fortbildungen im Kontext der Arbeit. Um hier ein entsprechendes Angebot zu stellen, muss die Zielgruppe definiert und müssen daher die Menschen mit Beeinträchtigung kategorisiert werden. Hier verbirgt sich die Gefahr des defizitorientierten Denkens und Handelns. Daher ist es notwendig, den ganzheitlichen Aspekt, der eine Grundlage der Waldorfpädagogik darstellt, nicht aus den Augen zu verlieren. Auch in anderen reformpädagogischen Ansätzen wird von diesem Begriff ausgegangen. Mittlerweile ist durch die Hirnforschung das Lernen aus der Erfahrung genau erforscht und dessen Wirksamkeit bestätigt: „Im Gehirn werden Erfahrungen verankert und keine Wissensinhalte angehäuft. Wichtiges erkennt man daran, dass es unter die Haut geht, also ein Gefühl auslöst“ [9]. Diese Erkenntnisse aus dem Milch- und Personalhygiene-Kurs wurden bei dem Kurs der Jungpflanzenanzucht und dem Kurs der Champignonaufzucht am PUTTI-HOF bestätigt. Es soll die Praxis des Anbaus, das Arbeiten im Tun im Vordergrund stehen, gleichzeitig darf Information zu den jeweiligen Kulturen nicht fehlen, um den Prozess aus dem Ganzheitlichen heraus betrachten zu können. Beim Champignonaufzuchtkurs war die zuvor stattgefundene Einführung der Substratherstellung von enormer Wichtigkeit. Die Kursteilnehmer sollen somit, wie im Pilotprojekt, in alle Prozesse eingebunden werden. Da das Wiederholen eine wesentliche Rolle im Lernprozess spielt, ist jedoch auf die Kursdauer und die Pausenbedürfnisse der Teilnehmer zu achten. Anhand der vorhandenen Fähigkeiten kann der Ablauf beispielsweise im Prozess der Jungpflanzenanzucht optimiert und so dadurch der Produktionsablauf abgerundet werden. Beim Milch- und Personalhygienekurs sollte wie in dem Kooperationsprojekt mit Caritas St. Elisabeth der Kursablauf so gehandhabt werden, dass der Teil des Melkens und Fütterns der Kühe inkludiert ist, um dem Ganzheitlichen Rechnung zu tragen.

Nach Steiner sollte die Erziehung bei der Willenserziehung ansetzen und des Weiteren das Kognitive über das Empfinden wecken [8]. Hier hat die Soziale Landwirtschaft des Putti-Hofs ein großes Lernfeld geboten. Durch die Möglichkeit der Teilnahme an den Kursen, wie durch die verschiedenen Tätigkeiten (Erproben des richtigen Händewaschens, Arbeitskleidung anziehen und wechseln, Zusammentragen der Tätigkeiten schriftlich und verbal, Befüllen der Töpfe mit Erde, Aussäen etc.) und die daraus resultierenden „Einsatzmöglichkeiten“ der Teilnehmer (Milchverarbeitung, Vermarktung, Säen, Pikieren etc.) wurde der Wille dieser angeregt und gestärkt. Das Künstlerische, Ästhetische in den

Kursen war einerseits durch die Gestaltung des Ablaufes, wie dem Ort der Fortbildung gegeben (Schönes für das Auge, gut für die Seele – festigt das Gelernte erstes Jahrsiebt).

Somit kann gesagt werden, dass sich die Milch- und Personalhygienekurse aus dem Aspekt der Ganzheit und der vielfältigen Möglichkeiten der Festigung von Handlungsformen in weiterer Folge sehr gut als Fortbildungsangebot für Menschen mit Behinderung eignen. Auch aus der wichtigen Perspektive heraus, dass die Kursteilnehmer das Erlernte in der Praxis anwenden und täglich üben können, kann behauptet werden, dass dies zur Willensbildung führt. Hier konnten die erworbenen Kenntnisse gesteigert werden. Ein Beispiel dafür ist das Maß nehmen bei der Herstellung von Joghurt und Käse. Die Teilnehmer abstrahierten dies und wendeten es beispielsweise im Kontext der Essenszubereitung oder des Tischdeckens an.

Anhand der Beobachtungen der Betreuer sowie in den Feedback-Runden bestätigte sich, dass in durchgeführten Kursen das Kohärenzgefühl der Teilnehmer angesprochen sowie der Selbstwert gesteigert wurde. Auch der Aspekt des künstlerischen Tuns ist bei allen Tätigkeiten gegeben und wirkt sich so stärkend auf das Seelenleben aus. Daher wurde und wird immer wieder der Schaffensprozess in den Vordergrund gestellt und nicht alleine das Endprodukt. Unbestritten ist, dass aus pädagogischer Sicht das Arbeiten mit den Tieren und mit den Pflanzen wie die täglichen Tätigkeiten in der Landwirtschaft die Motorik und die Wahrnehmung fördern und das Gemüt stärken. Die Beobachtungsgabe wird geschult, ebenso Konzentration, Motivation, Neugierde und das Eintauchen und Durchhalten von Prozessen, das sich in weiterer Folge in der täglichen Arbeit bemerkbar macht. Weiteres hat es sich in den Kursen und der Praxis bestätigt, dass sich ein Lernen und Arbeiten in heterogenen Gruppen auf die Teilnehmer positiv auswirkt.

Aufgrund der Rückmeldungen in der Umfrage, kann davon ausgegangen werden, dass sich das non-formale Lernen und die soziale Landwirtschaft als Fortbildungsort mit den Landwirten als Lehrende auch aus pädagogischer Sicht ideal eignete. Aus den Evaluierungen kann geschlussfolgert werden, dass sich der gewählte Ablauf für alle Gruppen und Teilnehmer als adäquat erweist. Angeregt durch die heterogenen Gruppen waren die Lehrenden in ihrer Phantasiefähigkeit gefordert. Die Unterrichtsmaterialien konnten gut angewendet werden. Auch hier wurde je nach Kurs das Material individuell verwendet. Für die sehbehinderten Teilnehmer wurden die wichtigsten Teile der Kursunterlage in Brailleschrift geschrieben. Es wurden auch Piktogramme für Teilnehmer mit Leseschwäche gestaltet.

Durch die Möglichkeit einer Schulung direkt auf einem Bauernhof eröffnet sich zudem ein neues Feld für Menschen mit Behinderung, die als Mitarbeiter in der Landwirtschaft tätig sind. Mit Schulungen und Fortbildungen in ihren Tätigkeitsfeldern können sie den Landwirt nicht nur durch die Arbeitsleistung, sondern auch durch ihre erworbene Qualifikation eine Unterstützung sein. Dies entspricht einer Win-Win Situation, der Mensch mit Behinderung bekommt nicht nur die Möglichkeit einer sinnstiftenden Tätigkeit, sondern durch die Möglichkeit einer Aus- und Fortbildung auch einen gesteigerten Selbstwert zusätzlich zu den positiven Wirkungen im Allgemeinen, beim Arbeiten in und mit der Natur. Für den Landwirt kann das in weiterer Folge zu einer Entlastung führen. Der gesamte Hoforganismus erfährt dadurch eine Stärkung im Sozialen.

Auch die Trägereinrichtungen profitieren von diesem Angebot der „Qualifizierung“ im Rahmen der FoA unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorlagen (Oö.ChG). Es ermöglicht weitere Kooperationen mit Betrieben. Die positive Wirkung auf das Seelenleben der Menschen sowie das körperliche Wohlbefinden tragen zu einem harmonischen Arbeiten und Zusammenleben in der Werkstätte und im Wohnbereich bei. Diese Wirkung bereichert sowohl Menschen mit Beeinträchtigung wie auch die Betreuer.

Das Konzeptmodell, Menschen mit Beeinträchtigungen Fortbildungen im beruflichen Bereich zu ermöglichen, sollte nicht nur im Bereich der landwirtschaftlichen Fortbildung zur Wirkung kommen, sondern generell als Möglichkeit dienen, am Fortbildungsangebotssektor eine Teilnahme zu ermöglichen. Durch das non-formale Lernen ist diese Möglichkeit gegeben und in der Umsetzung unter dem Aspekt der Waldorfpädagogik realistisch. Eine Vorreiterrolle können hier die Soziale Landwirtschaft wie die Waldorfpädagogik übernehmen. In diesen Strukturen bedarf es keiner großen Umstellung, maximal die der Anerkennung. Diese Themen werden hier bereits seit hundert Jahren mit gutem Erfolg gelebt und der Zeitgeist fordert eine Umsetzung dieser Ansätze.

6. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Bednar M. et. al (2009). Bericht der Bundesregierung über die Lage von Menschen mit Behinderungen in Österreich 2008. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Wien

[2] Van Elsen, T. (2011). Landwirtschaft kann mehr sein als Landbau. Pädagogische Perspektiven der „Sozialen Landwirtschaft“. Erziehungskunst 75 (1)

[3] Steiner R. (1924). Vortrag: Die Bedingungen zum Gedeihen der Landwirtschaft. Koberwitz, 10.06.1924. URL: http://fvn-rs.net/PDF/GA/GA327/GA327-042.html [Stand 12.09.2013]

[4] Limbrunner A. (2010). Landbau und Sozialarbeit. Wegzeichen zu einer Sozialen Landwirtschaft. In: König, K. (2010). Landwirtschaft und Gemeinschaft. Heilende Impulse für Mensch und Erde, Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart, 52

[5] Scholl, S. et.al.(2016) Tiergestützte Intervention mit landwirtschaftlichen Nutztieren, Grundlagen, Methoden und Beispiele aus der Praxis Bauernhoftiere als Balsam für die Seele, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik & Landentwicklung, Wien Verlag Kunstschrift.at, Salzburg 17

[6] Loebell, P. (2017). Bildung und Erkenntnis der Lehrerpersonalität in der Waldorfpädagogik: Zur Überwindung der Subjekt-Objekt-Spaltung in der Bildung, In: Hübner / Weiss, 2017, Verlag Barbara Budrich, 165

[7] Goebel, W. & Glöckler, M. (2010). Kindersprechstunde ein medizinisch –pädagogischer Ratgeber, 18. erneuerte überarbeitete Auflage, Verlag Urachhaus

[8] Wiechert, Ch. (2011). Lust auf Lehrersein?! Eine Ermutigung zu (Waldorf-) Lehrerberuf, Verlag am Goetheanum, Dornach, 2. Auflage

[9] Hüther G. (2014), Erfahrungsräume für gelingende Lernprozesse – Neure-biologische Rückenstärkung für eine handlungsorientierte Pädagogik, In: Hartkemayer T.et.al. (2014), Das pflügende Klassenzimmer. Handlungspädagogik und Gemeinschaftsgetragene Landwirtschaft. München, oekom verlag

Optimierung der Arbeitsorganisation durch digitales Management

Theresa Schuller, Jörg Rühle
Universität Hohenheim – Institut für Agrartechnik und 365FarmNet, Berlin, Deutschland

DIE ARBEITSORGANISATION AUF LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN HAT SICH IN DEN LETZTEN JAHREN GRUNDLEGEND GEÄNDERT. VOR ALLEM DER DOKUMENTATIONSAUFWAND IST AUFGRUND VON FORDERUNGEN AUS POLITIK UND DURCH DIE VERBRAUCHER GESTIEGEN. DIGITALE LÖSUNGEN BIETEN DEN LANDWIRTEN UNTERSTÜTZUNG UND ERLEICHTERN DIE ARBEITS- ORGANISATION. UM DIE BEDÜRFNISSE VON LANDWIRTEN BESSER BERÜCKSICHTIGEN ZU KÖNNEN, ERFOLGTE EINE ONLINEBEFRAGUNG VON LANDWIRTEN UND LOHNUNTERNEHMERN. DADURCH KÖNNEN ZUKÜNFTIGE ANFORDERUNGEN AN AGRAR-SOFTWARELÖSUNGEN ABGELEITET WERDEN. AUCH EIN AUSBAU ZUR INTEGRATION VON ALARMSYSTEMEN, VON DIENSTLEISTERN ODER DAS SCHAFFEN VON TRANSPARENZ FÜR DEN ENDVERBRAUCHER KANN IN ZUKUNFT NOCH BESSER ERZIELT WERDEN.

1. EINLEITUNG

Die Aufgaben von Landwirten im Alltag auf den Betrieben haben sich in den letzten Jahren geändert. Vor einigen Jahren stand vielmehr noch die tatsächliche Arbeit im Vordergrund – sei es in der Pflanzenproduktion oder in der Tierhaltung. Derzeit steigen vor allem der Aufwand der Dokumentation der Tätigkeiten und die Nachweispflicht. Es findet eine Verschiebung der Arbeitszeit vom Feld und im Stall hin ins Büro statt. Dies zeigen auch die Umfrageergebnisse, die agrarheute am 11.08.2017 online veröffentlicht hat. Landwirte müssen rund 32 Stunden im Monat aufwenden, um die bürokratischen Pflichten zu erfüllen. Dadurch verbringen sie im Vergleich zum Jahr 2014 rund vier Stunden mehr im Büro als 2017 [1].

Die zunehmende Büroarbeit liegt vor allem an der steigenden Nachweispflicht gegenüber offiziellen Behörden. In der Pflanzenproduktion umfasst Pflichtdokumentation vor allem die Erfassung der Pflanzenschutzmaßnahmen. Die Mindestaufzeichnungen umfassen den Namen des Anwenders, die jeweilige Anwendungsfläche, das Anwendungsdatum, das verwendete Pflanzenschutzmittel, die Aufwandmenge und die Kulturpflanze, die behandelt wird [2]. Aber auch die Düngung rückt immer mehr in den Vordergrund. Eine lückenlose Dokumentation ist bei behördlichen Kontrollen unumgänglich. Fehler werden mit Kürzungen von Agrarzahlungen bestraft. Aber auch für die Teilnahme an länderspezifischen Förderprogrammen müssen Landwirte Nachweise erbringen. In der Tierproduktion hingegen ist unter anderem das Melden von sämtlichen Tierbewegungen auf dem Betrieb notwendig, ebenso wie beispielsweise die Dokumentation von medizinischen Behandlungen. Aber auch der Druck aus der Öffentlichkeit und Lebensmittelindustrie nimmt stetig zu. Die Landwirtschaft ist häufig mit negativen Schlagzeilen in den Medien vertreten. Die Verbraucher wünschen eine Transparenz in der Lebensmittelproduktion, die vom Acker bis zum Teller reichen kann.

Mit den herkömmlichen Methoden, in den meisten Fällen mit Zettel und Stift, lässt sich dieser Dokumentationsaufwand in den Arbeitsalltag nur noch schwer integrieren. Die Arbeitsorganisation auf den landwirtschaftlichen Betrieben wird durch die voranschreitende Digitalisierung grundlegend verändert. Durch cloudbasierte Farmmanagementprogramme, oft in Kombination mit Smartphone-Apps, haben die Landwirte die Möglichkeit, die Dokumentation vor Ort und während der Arbeit durchzuführen. Die Arbeitszeit im Büro wird reduziert. Ebenso werden weniger Informationen vergessen oder müssen nicht im Nachhinein gesucht werden.

Den Bedarf und das Potential von digitalen Lösungen zur Unterstützung der Landwirte in der Arbeitsorganisation auf landwirtschaftlichen Betrieben haben viele Unternehmen erkannt. Es sind zahlreiche Agrar-Software-Lösungen auf dem Markt, die sich zum Beispiel im Leistungsumfang oder den Anschaffungskosten unterscheiden. Die Anforderungen, die Landwirte an Farmmanagementprogramme stellen, sind allerding sehr ähnlich.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Onlinebefragung von Landwirten, Lohnunternehmern und Personen in der Agrarbranche

Um die Anforderungen der Landwirte an Farmmanagementprogramme definieren zu können, wurden Landwirte, Lohnunternehmer und Beschäftigte in der Agrarbranche zu Dokumentationssystemen im landwirtschaftlichen Pflanzenbau befragt. Der Themenschwerpunkt lag auf Dokumentationssystemen, da viele Farmmanagementprogramme ebenfalls darauf ihren Fokus ausgerichtet haben. Für Landwirte bildet die Dokumentation den Einstieg in die digitale Arbeitsorganisation auf den Betrieben.

Die Befragung wurde mit Hilfe eines Onlinefragebogens durchgeführt. Dieser Fragebogen wurde per Email und über soziale Medien (Facebook, Xing) veröffentlicht. Die Umfrage fand im Zeitraum vom 27.07.2017 bis zum 13.09.2017 statt. Insgesamt haben 171 Teilnehmer den Fragebogen beendet. Von dieser Stichprobe waren unter anderem 66,7 Prozent Landwirte und Entscheidungsträger auf den Betrieben.

Die Umfrage umfasste verschiedene Themenschwerpunkte. Unter anderem handelte es sich um die Themen Dokumentationsaufwand und Umfang auf den landwirtschaftlichen Betrieben, die Erfahrungen und der Einsatz von digitalen Lösungen. Die Landwirte wurden aber auch nach den Hemmnissen für den Start der Dokumentation mit Farmmanagementprogrammen gefragt. Einige der Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

3. ERGEBNISSE

3.1 Dokumentationsaufwand und Umfang auf landwirtschaftlichen Betrieben

Der Dokumentationsaufwand auf landwirtschaftlichen Betrieben nimmt stetig zu. Deshalb sollten die Umfrageteilnehmer angeben, wie sie den Aufwand derzeit einschätzen.

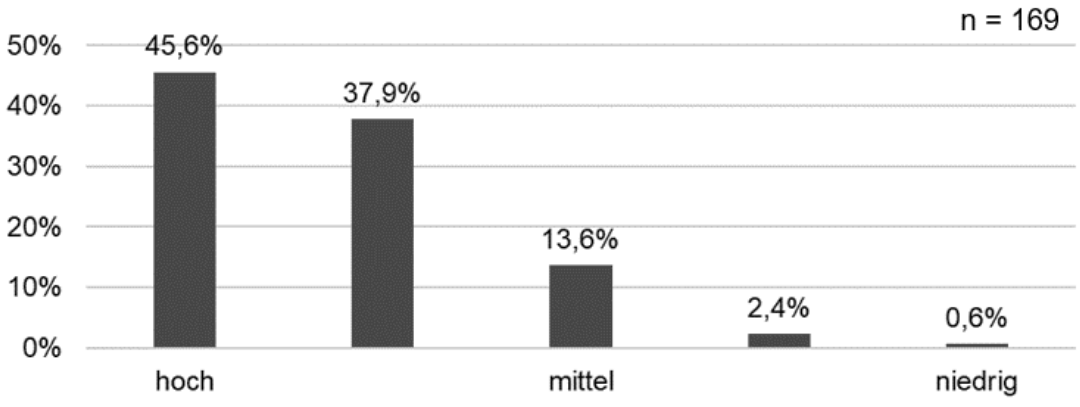


Abbildung 1: Einschätzung zum Dokumentationsaufwand auf landwirtschaftlichen Betrieben

Für 45,6 Prozent der Befragten ist der Dokumentationsaufwand derzeit bereits hoch. 37,9 Prozent schätzen den Dokumentationsaufwand zwischen hoch und mittel ein und für 13,6 Prozent liegt der Aufwand im mittleren Bereich. Nur rund 3,0 Prozent der Umfrageteilnehmer schätzen ihn eher niedrig bis niedrig ein.

Die Landwirte und Lohnunternehmer wurden zudem gefragt, in welchem Umfang die Tätigkeiten dokumentiert werden. Für 83,7 Prozent ist die Dokumentation der wichtigsten CC-relevanten Daten am bedeutendsten. Dies ist nachvollziehbar, weil die Agrarzahlungen an die Nachweispflichten bei behördlichen Kontrollen geknüpft sind. Am zweitwichtigsten ist für die Umfrageteilnehmer das Erfassen der Kosten für beispielsweise Pacht und Versicherungen. Diese Daten können in den meisten Farmmanagementprogrammen neben den pflanzenbaulichen Kosten in der Deckungsbeitragsrechnung berücksichtigt werden. Dadurch können die einzelnen Produktionsverfahren verglichen werden. Schwachstellen in der Arbeitsorganisation können aufgedeckt und optimiert werden.

3.2 Digitale Dokumentation

Die Umfrageteilnehmer wurden zudem gefragt, ob sie bereits digital dokumentieren. 57,1 Prozent der Landwirte und Lohnunternehmer haben angegeben, dass sie bereits ihre Arbeiten digital dokumentieren. 28,6 Prozent hingegen dokumentieren noch nicht digital und 14,3 Prozent haben keine Angabe dazu gemacht. Dadurch wird ehrsichtlich, dass bereits eine Vielzahl von Landwirten bereit ist, für die Arbeitsorganisation digitale Lösungen zu nutzen.

Wichtig für die Anbieter von Farmmanagementsystemen ist zudem, auf welchen Weg Landwirte ihre Tätigkeiten dokumentieren und die Programme nutzen wollen. Von den Landwirten, die bereits digitale Lösungen nutzen, haben mit 59,3 Prozent die meisten angegeben, dass sie dafür eine App auf einem Smartphone oder Tablet nutzen. Ein Smartphone haben die meisten Landwirte bereits immer bei sich. Die Tätigkeit kann am Arbeitsort im Handumdrehen notiert werden. Der lästige Gang ins Büro kann vermieden werden.

Die Landwirte, die noch keine Farmmanagementsysteme nutzen, wurden nach den Hemmnissen gegenüber digitalen Lösungen für die Arbeitsorganisation gefragt.

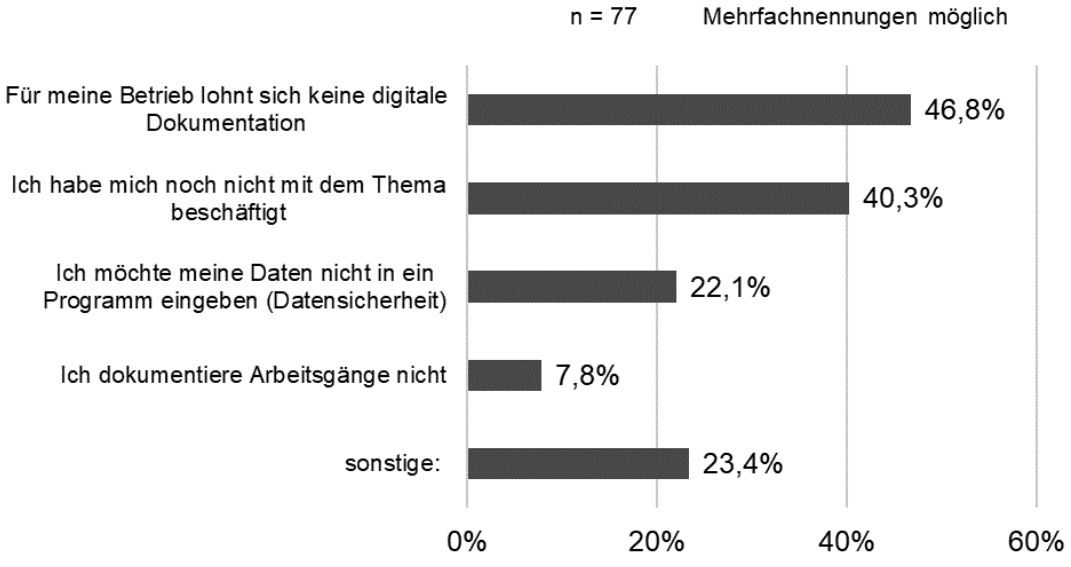


Abbildung 2: Hemmnisse für die Nutzung von digitalen Systemen

Knapp die Hälfte der Befragten hat angegeben, dass sich für die Betriebe keine digitale Dokumentation lohnt. Wenn Landwirte nicht den Einstieg in die Digitalisierung der Arbeitsorganisation wagen, werden sie auch eher keine Farmmanagementsysteme nutzen. 40,3 Prozent haben angegeben, dass sie sich noch nicht mit dem Thema beschäftigt haben. Die beiden genannten Argumente zeigen, dass bei Landwirten noch eine bestimmte Unwissenheit über digitale Lösungen besteht. Auch für kleinere Betriebe lohnt sich der Schritt in die Digitalisierung für die Arbeitsorganisation. Durch Aufklärung und Schulungen können den Landwirten die Erleichterungen im Arbeitsalltag aufgezeigt werden.

3.3 Anforderungen an Farmmanagementsysteme

Anhand der Anforderungen an Dokumentationssysteme können auch die Anforderungen an Farmmanagementsysteme abgeleitet werden.

Wichtig sind vor allem der einfache Einstieg und die Integration in den Arbeitsalltag. Wenn die Systeme nur schwer auf den landwirtschaftlichen Betrieben integriert werden können, erleichtern sie nicht die Arbeitsorganisation, sondern stellen vielmehr ein Hindernis dar. Die Systeme sollen für die Betriebe einen Mehrwert bieten und unterstützend zur Seite stehen.

Die Landwirte wollen durch den Einsatz von Farmmanagementsystemen vor allem in der Dokumentations- und Nachweispflicht unterstützt werden.

Viele Betriebe sind auf die Agrarzahlungen angewiesen, um erfolgreich wirtschaften zu können. Die Auflagen haben in den letzten Jahren aber immer mehr zugenommen und werden auch in Zukunft ausgeweitet. Digitale Lösungen bieten hier Unterstützung.

Zudem wollen die Landwirte aus den dokumentierten Daten einen Mehrwert ziehen, um ihr Betriebsmanagement zu optimieren. Aus den Daten lassen sich einfach Kosten- und Effizienzanalyse erstellen, um Schwachstellen zu erkennen. Die Auswertungen, Vergleiche und Ergebnisse müssen den Landwirten aber einfach und anschaulich zur Verfügung gestellt werden.

Weiterhin fordern die Landwirte ein angemessenes Preis-Leistungs-Verhältnis. Es gibt bereits Softwarelösungen, die den Landwirten kostenlos zur Verfügung stehen. Sehr umfangreiche Programme kosten eine jährliche Jahresgebühr. Je nach geforderten Funktionsumfang und Zahlungsbereitschaft lässt sich für jeden Betrieb eine passende Lösung finden, um in der Arbeitsorganisation unterstützt zu werden.

4. DISKUSSION

4.1 Alarmsysteme

Die Auflagen steigen immer weiter in der Landwirtschaft und es wird für Landwirte immer schwieriger, einen Überblick über beispielsweise Grenzwerte im Pflanzenschutz einzuhalten. Deshalb wäre es für Landwirte sehr hilfreich, wenn die Farmmanagementprogramme vermehrt Alarmsysteme anbieten würden, um kostspielige Schäden frühzeitig zu erkennen und abzuwenden. Die Alarmsysteme sollten themenabhängig mit den verschiedenen Teilbereichen in der Farmmanagementsoftware verknüpft sein.

Beispielsweise müssen bei Pflanzenschutzmaßnahmen zahlreiche Richtlinien berücksichtigt werden, wie Ausbringmenge, Abstandsregelungen oder Mittelwahl. Landwirte können ihre Tätigkeiten mit Hilfe der Software planen und werden gewarnt, wenn ihre Planung nicht CC-konform ist. Auch Düngemaßnahmen müssen genau geplant werden. Die Programme können den Landwirten aufgrund der vorliegenden Daten Empfehlungen und Düngestrategien vorgeben, die innerhalb der vorgegebenen Rahmenbedingungen liegen. Das Alarmsystem ist so in die pflanzenbaulichen Tätigkeiten integriert.

Mit den Farmmanagementprogrammen können auch betriebliche Auswertungen durchgeführt werden. Die Auswertungen basieren beispielsweise auf den dokumentierten Arbeitszeiten, dem Verbrauchsmitteleinsatz oder den Einsatzzeiten von Maschinen und Anbaugeräten. Die Dokumentation der personenbezogenen Arbeitszeiten bietet dem Landwirt eine Grundlage für den effizienten Arbeitseinsatz.

4.2 Integration von Dienstleistern

Zukünftig ist es ebenfalls sinnvoll, dass externe Dienstleister in die Farmmanagementprogramme integriert werden können. Dazu gehören beispielsweise Lohnunternehmer, Tierärzte, Berater oder Labore. Der Landwirt hat die Möglichkeit, Zugangsberechtigungen im Programm zu vergeben. So können Rollen und Rechte, sowie der Bereich der Freischaltung individuell vergeben werden. Die Arbeitsorganisation von externen Dienstleistern wie beispielsweise für Tierbehandlungen kann flexibler und einfacher gestaltet werden. Wichtige Betriebskenndaten können bereits vorab online eingesehen werden. Der Landwirt wird durch weniger Absprachen und Terminvereinbarungen entlastet.

So erhalten Dienstleister wie beispielsweise Tierärzte Zugang in ausgewählte Bereiche der Herdenmanagementsoftware, wie den Stammdaten, der Milchmengenerfassung oder der Aktivitätsstatistik. Auffällige Tiere können frühzeitig erkannt und behandelt werden. Zudem können die Daten für eine umfassende Diagnostik herangezogen werden.

Pflanzenbauberatern können im Programm beispielsweise die Anbaudaten oder die einzelnen Schlagkarteien einsehen. Anhand dieser Daten kann die Beratung aufgebaut werden. Je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto umfangreicher wird die gesamtbetriebliche Betrachtung. Dadurch kann die Fruchtfolge optimiert und Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen reduziert werden. Finanzielle Daten hingegen werden komplett ausgeblendet. Diese haben keinen Einfluss auf die pflanzenbauliche Beratung und sind nur für den Betriebsleiter relevant.

4.3 Transparenz für den Verbraucher

Die Verbraucher fordern zudem immer mehr Transparenz in der Lebensmittelerzeugung. Das zeigt eine Forsa-Umfrage, die das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in Auftrag gegeben hat. 97 Prozent der Befragten ist der Verbraucherschutz bei Lebensmitteln sehr wichtig beziehungsweise wichtig. Auch der deutsche Bundesernährungsminister sieht darin seine Bestrebungen für mehr Transparenz in der Landwirtschaft bestätigt. „Das ist ein starkes Signal und eine Bestätigung unseres Bestrebens nach mehr Transparenz und Information", kommentiert er die Umfrageergebnisse [3].

Die Erzeugung der Produkte muss rückverfolgbar sein. Die Vision lautet hier: Vom Vorlieferanten über den Betrieb bis hin zur Ladentheke. Um die umfangreichen Daten einer vertikalen Produktionskette zur Verfügung stellen zu können, müssen die Daten zentral gesammelt und für die jeweilige Zielgruppe innerhalb der vertikalen Produktionskette aufbereitet werden. Jede Zielgruppe hat einen anderen Informationsbedarf.

Der Landwirt wird mit Produkten aus dem vorgelagerten Bereich beliefert, zum Beispiel mit Saatgut. Für ihn sind die Informationen zur Züchtung und möglichen Resistenzen von Bedeutung. Ebenso interessiert ihn, ob sich das Saatgut für seinen Standort eignet und ob es Empfehlungen für den optimalen Aussaattermin gibt. Diese Informationen spielen für den Endverbraucher erst einmal keine Rolle. In der Tierhaltung sind hingegen die Informationen über die Futtermittel von Bedeutung. Dazu gehören unter anderem die Qualität, die Zusammensetzung und die enthalten Nährstoffwerte. Anhand dieser Informationen kann der Landwirt die Futterration optimal zusammenstellen beziehungsweise sich Empfehlungen von der Software generieren lassen. Für den Betriebserfolg sind die letztgenannten Informationen von großer Bedeutung, jedoch für den Verbraucher weniger bedeutsam.

Der Lebensmitteleinzelhandel und die Kunden hingegen möchten Informationen haben, wie beispielsweise das Fleisch, die Milch oder Eier erzeugt wurden. Über das Scannen eines Codes auf der Verpackung der Lebensmittel können die Verbraucher Informationen zu den landwirtschaftlichen Betrieben abrufen, auf denen die Produkte erzeugt wurden. Informationen wie beispielsweise über die Haltung, die Fütterungsart und die Bewegungsmöglichkeiten sind entscheidend, um einer bestimmten Qualität oder einem bestimmten Gütesiegel entsprechen zu können.

Einerseits ist es sinnvoll zu differenzieren, welche Informationen innerhalb der vertikalen Produktion von Lebensmitteln von wem eingesehen werden können. Die Verbraucher haben in der Regel wenig fachspezifische Kenntnisse. Sie könnten manche Informationen sogar missverstehen. Verunsicherungen könnten entstehen, verbunden mit falschen Schlussfolgerungen bis hin zu unverhältnismäßigen Forderungen nach Veränderungen.

Andererseits bietet die transparente Einsicht in die vertikale Produktion von Lebensmitteln auch Chancen. Sie kann das Verständnis und das Vertrauen in die landwirtschaftliche Produktion stärken. Verständliche Begleiterklärungen der Produktionsprozesse sind dabei hilfreich.

4.4 Mitarbeitermanagement

Lebensmittelhersteller und landwirtschaftliche Betriebe mit hoher Arbeitsintensität wie beispielsweise Gemüseanbaubetriebe, müssen auf die Einhaltung von arbeitsrechtlichen Bestimmungen achten. Missstände im Umgang mit Mitarbeitern können zu einem empfindlichen Vertrauensverlust beim Verbraucher führen. Eine Änderung des Konsumverhaltens kann daraus resultieren. Die softwarebasierte Dokumentation von Arbeitsprozessen kann helfen, mögliche Missstände von Arbeitsbedingungen zu vermeiden. Dadurch wird einerseits den Arbeitgeber vor möglichen Anschuldigungen und andererseits den Arbeitnehmer vor schlechten Arbeitsbedingungen bewahrt. Mitarbeiter, Lehrlinge oder Saisonarbeitskräfte werden so vor unverhältnismäßig langen Arbeitseinsätzen geschützt. Arbeitsrechtliche Bestimmungen können so eingehalten werden.

Mit den höheren Verbraucherschutzanforderungen nehmen auch die Qualifikationen zu, die Landwirte und Mitarbeiter auf den landwirtschaftlichen Betrieben vorweisen müssen. Dazu gehören unter andrem Sachkundenachweise für den Tiertransport oder für die Pflanzenschutzausbringung. Die Zertifikate über die erfolgreiche Teilnahme an den Lehrgängen könnten ebenfalls in der Farmmanagementsoftware hinterlegt werden. Bei behördlichen Kontrollen stehen die Daten einfach zur Verfügung.

Bei der Arbeitszeiterfassung und dem Hinterlegen von Qualifikationsnachweisen ist allerdings zu beachten, dass die Datenschutzrichtlinien berücksichtigt werden. Mit der neuen EU-Datenschutz-Grundverordnung EU-DSGVO werden die personengebundenen Daten EU-einheitlich stärker geschützt als bisher. Die Dokumentation von personengebundenen Daten setzt das Einverständnis der entsprechenden Person zwingend voraus. Vergehen können mit empfindlichen Geldbußen geahndet werden. Die neue EU-Datenschutz-Grundverordnung gilt ab Mai 2018 [4].

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Katharina Krenn: Bürokratie: Landwirte sitzen immer länger am Schreibtisch. agrarheute, https://www.agrarheute.com/management/buerokratie-landwirte-sitzen-immer-laenger-schreibtisch-537312, 04.01.2018

[2] Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Cross Compliance 2017. Informationsbroschüre über die einzuhaltenden Verpflichtungen, StMELF und StMUV, München, 2017

[3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Umfrage zeigt: Lebensmittelsicherheit ist für Deutsche wichtigster Aspekt des Verbraucherschutzes. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, https://www.bmel.de/DE/Presse/Infografiken/TNS-Umfage-Dez2014/TNS-Umfrage-Dez2014_node.html, 04.01.207

[4] Rechtliche Situation; Bieten die gesetzlichen Rahmenbedingungen ausreichend Schutz für meine Daten?. Eisenberger. Workshop auf der Konferenz der Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Wieselburg: Herausforderungen und Chancen für die Landwirtschaft in der digitalisierten Welt – LW 4.0, 2017

Big Data – Der Nutzen für Gesundheitsschutz in der Tierhaltung

Peter Muckenhuber
Peter Muckenhuber Consulting, Linz, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung von automatisierten Systemen in der Tierhaltung ist schon längere Zeit Standard. Die neuen Technologien rund um den Begriff Big Data stellen auch neue Möglichkeiten in der betrieblichen Organisation dar. Diese Potenziale werden im Bericht beleuchtet. Dann folgt der Ausblick auf mögliche Anwendungsfälle sowie deren Rahmenbedingungen, damit Big Data für den Gesundheitsschutz in der Tierhaltung nutzbar wird.

1. EINLEITUNG

Mit der digitalen Transformation steht ein Strukturwandel bevor, der die Art und Weise, wie Menschen leben, arbeiten und wirtschaften fundamental verändern wird. Für die Landwirtschaft bedeutet das eine Optimierung der zukünftigen landwirtschaftlichen Produktion, die durch das Zusammenwachsen der virtuellen Welt und der realen Welt charakterisiert ist. Die neuen technischen Möglichkeiten werden auch zu einer verstärkten Interaktion zwischen komplexen Landmaschinen und dem biologischen System (Pflanze, Tier) führen. Während der technische Aspekt der digitalen Transformation große Aufmerksamkeit in der Fachwelt genießt, werden deren Auswirkung auf den Menschen in der (landwirtschaftlichen) Produktion oft wenig betrachtet oder gar idealisiert dargestellt. Eine intensivere Beschäftigung mit dem Faktor „Arbeit“ in der digitalen Transformation scheint daher geboten. Diese Herausforderungen müssen die Arbeitswissenschaften aufgreifen und Lösungen erarbeiten.

Dieser Bericht fokussiert den Aspekt, wie Daten, Tierhaltung und Gesundheitsschutz für die zukünftigen Aufgabenstellungen hinsichtlich digitaler Transformation entsprechend in Einklang gebracht werden können und welcher mögliche Forschungsbedarf gegeben ist. Die abstrakte Betrachtung soll helfen, viele Faktoren und Einflussgrößen zu identifizieren. Die Diskussion wird mit ganzheitlichen Ansätzen verfolgt. Eine detaillierte Analyse von einzelnen Fragestellungen sind mögliche Ergebnisse, die aus den Überblickserkenntnissen folgen können.

Ein abschließender Gedanke zur Einleitung ist, welches Ziel verfolgt die digitale Transformation im Kontext der Lebensmittelproduktion von (Welt-)Ernährung, Umwelt- und Tierschutz sowie Gesundheit des Menschen. Die Veränderung der Herstellungsvorgänge für pflanzliche und tierische Lebensmittel werden in jeder Veredelungsstufe von dieser Transformation betroffen sein. Durch diese Veränderung wird erwartet, dass die Effizienz zunimmt. Die Ausprägungen können Qualität, Verfügbarkeit, Ressourceneinsatz, Gesundheitsaspekte oder auch ökonomische Aspekte betreffen.

2. BIG DATA - DEFINTIONEN

2.1 Begriffsklärung

Damit die Definition der digitalen Transformation verständlich wird, ist eine Abklärung von Fachbegriffe bzw. das Verständnis für deren Methodiken notwendig. Die Begriffsklärung geht stark auf Definitionen des industriellen Sektors zurück, wobei vieles bereits auf den Agrarsektor übernommen wurde.

Big Data

Sämtliche Überlegungen zur digitalen Transformation basieren auf Daten. Die Grundlagen für Daten haben sich angesichts des technischen Wandels von schriftlichen Unterlagen wie Büchern hin zum Einsatz von Computern, die immer leistungsfähiger wurden, vervielfacht. Die Geschwindigkeit, wie heute Daten generiert werden, nimmt immer mehr zu. Verantwortlich hierfür sind in den letzten Jahren eine Vielzahl von Faktoren wie beispielsweise Plattformen, die zur Datengenerierung prädestiniert sind: mobile devices (u. a. Smartphones und Apps), software as a service, cloud services, internet of things, social media, aber genauso auch die Automatisierung von Prozessen. Die Datenerfassung durch Sensoren, Kommunikation zwischen Maschinen, Robotik, Industrie/Landwirtschaft 4.0 usw. führt dazu, dass auch ohne menschliches Zutun, Datenbanken befüllt werden und somit riesige Datenmengen durch den täglichen Produktionsverlauf generiert werden [11].

Die Welt der Daten lässt sich durch vier Megatrends charakterisieren [22]:

- digitale Konvergenz,
- ubiquitäre intelligente Systeme,
- nutzererzeugte Inhalte und
- verknüpfte Daten.

Digitale Konvergenz beschreibt das Zusammenwachsen unterschiedlichster Bereiche, Ebenen und Systeme. Beispielhaft sind die gleichzeitige Handhabung bzw. die allgegenwärtige Nutzung des gleichen Computers oder gleichen Smartphones im Beruf, in der Freizeit oder beim Einkaufen. Es kommt zur sogenannten Entgrenzung [10]. **Ubiquitär intelligente Systeme** sind intelligent vernetzte Dinge, die mit vielfältiger Sensorik und Aktorik ausgestattet sind und Teil unseres täglichen Lebens geworden sind. Die Sensorik ermöglicht den intelligenten Dingen die Wahrnehmung der Umwelt und die Aktorik das aktive Beeinflussen der Umwelt. Verkehrstechnikanlagen, Autos, Smartphones, bereits viele Haustechnikgeräte und natürlich Maschinen, Werkzeuge und Anlagen der Industrie sind Beispiele dieser intelligenten vernetzten Daten. **Nutzererzeugte Daten** beschreiben teilweise sehr detaillierte Aspekte des Lebens (privat als auch beruflich), das Freizeitverhalten, das Konsumverhalten, die Erfahrung mit einem Produkt, die Zufriedenheit mit einer Dienstleistung, den Aufenthaltsort oder andere häufig für Dritte relevante und verwertbare Gegebenheiten. Dies wurde durch die Internetnutzung erst möglich [11]. Erst **verknüpfte Daten** führen in vielen Anwendungen zum erhofften Mehrwert. Felddaten aus dem Produkteinsatz richtig kombiniert mit Wetter-, Standort- oder Daten aus sozialen Medien können zu einem besseren Verständnis der Vergangenheit, zu treffsichereren Prognosen und zu besseren Entscheidungen führen, als wenn isoliert nur die Felddaten herangezogen werden. Dabei ist die sinnvolle Verknüpfung, und damit der semantische Zusammenhang unterschiedlicher Daten, zentraler Punkt [4].

Big Data ist seit 1998 in der einschlägigen Literatur ein Begriff und beschreibt sich als ein Ansatz, mit dessen Hilfe Daten mit:

- hohem Volumen (Volume),
- hoher Geschwindigkeit (Velocity),
- hoher Mannigfaltigkeit (Variety) und
- hoher Unsicherheit (Veracity)

gesammelt, gespeichert, verarbeitet, kommuniziert, ausgewertet, bereitgestellt und zielgerichtet genutzt werden können [3]. Zusätzlich wurden die Merkmale erweitert um [8]:

- Visualisierung (Visualisation),
- Bedeutungswandel (Variability),
- Wert (Value).

Die **zentralen Ziele von Big Data** sind, die Realität auf Basis umfangreicher Daten besser zu verstehen, datengestützte Aussagen zu formulieren und damit fundierte Entscheidungen zu treffen. Wesentliche Themen von Big Data sind die Beschaffung, Bereitstellung, Bereinigung, Vervollständigung, Zusammenführung, Analyse, Interpretation, Visualisierung und Nutzung von umfangreichen Daten aus unterschiedlichen Quellen [11].

Daten sind zunächst nur Zeichen, die erst durch einen Kontext oder auch das Anwendungsfeld eine bestimmte Bedeutung erlangen. Die Semantik gibt den (kombinierten) Daten eine vom Kontext abhängige Bedeutung. Ordnet man Datenstrukturen eine Bedeutung zu, entsteht Information. Ohne Kenntnis über Semantik und Kontext der Daten kann keine Veredelung der Daten in Richtung Information erfolgen. Informationen sind Aussagen oder Beschreibungen von Sachverhalten. Informationen sind jedoch nicht handlungsorientiert. Durch die Vorgabe von Zielen oder Aufgabenstellungen werden Informationen zu Wissen verknüpft. Die sinnvolle Verknüpfung von Informationen wird durch Wissen und Erfahrung ermöglicht und kann mit Methoden der **Advanced Analytics** unterstützt werden [11]. Hier spricht man auch von Business Analytics bzw. auch deren Vorläufer Business Intelligence (BI). Der idealtypische **Prozess der BI** beinhaltet folgende Aufgaben: Datenselektion und -extraktion, Datenbereinigung, Datentransformation bzw. -reduktion, Data Mining (z. B. Regression, Klassifikation, Clustering,...), Visualisierung und Interpretation sowie Umsetzung bzw. Anwendung der gewonnen neuen Erkenntnisse (Wissen) in Form von Entscheidungen treffen, Maßnahmen setzen, Kennzahlensysteme anpassen sowie die neuen Erkenntnisse dokumentieren, publizieren und kommunizieren.

Zusammengefasst basieren die Methoden der Advanced Analytics auf Statistik, Mathematik, Signalverarbeitung, Data Mining, **Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz (KI)**. Unter Maschinellem Lernen versteht man das automatische datenbasierte Lernen [1]. Die Algorithmen des Maschinellen Lernens zeichnen sich durch ein ständiges Trainieren, Anpassen und Validieren sowie das Auffinden neuer Regeln aus, jeweils basierend auf aktuellen Daten. Typische Anwendungen des Maschinellen Lernens sind die Mustererkennung, die Entscheidungsunterstützung und die Automatisierung von Aufgaben und Vorgängen. Das Maschinelle Lernen kann als Weiterentwicklung der KI gesehen werden [14].

Intelligent verbundene Dinge (Smart Connected Things), sind die Dingen, aus denen sich das Internet der Dinge (**Internet of Things – IoT**) und das Cyber Physische System zusammensetzen. Drei Komponenten sind notwendig, damit die Definition erfüllt ist: Physische Komponente, intelligente Komponente und Vernetzungskomponenten [17]. Typische physische Komponenten sind mechanische und elektrische Teile wie z. B. Motor, Hydraulikzylinder oder Batterie. Die intelligenten Komponenten sind für die Sammlung, Verarbeitung und Verwertung der Daten verantwortlich. Sensoren (z. B. Temperaturfühler, Kamera, uvm.), User-Interfaces, Mikroprozessoren, Datenträger, Software oder Betriebssystem sind typische intelligente Komponenten. Die Vernetzungskomponente ermöglicht den Datenaustausch mit anderen Dingen und mit Computersystemen. Sie umfassen Schnittstellen, Antennen, Protokolle und kabelgebundene oder kabellose Verbindungen. All dies zusammen zeichnet die intelligent verbundenen Dinge aus [11]:

- Identifizierbarkeit,
- Lokalisierbarkeit,
- Rechenfähigkeit,
- Speicherfähigkeit,
- Wahrnehmungsfähigkeit (Sensoren),
- Änderungsfähigkeit (Aktoren) und
- Kommunikationsfähigkeit (Connectivity).

Viele der verbundenen intelligenten Dinge sind Mobilgeräte oder **Mobile Devices**. Mobile Devices zeichnen sich durch geringe Baugröße und geringes Gewicht aus, damit sie leicht transportierbar sind, sowie durch die ortsunabhängige Bereitstellung der technischen Fähigkeiten, insbesondere im Bereich der Connectivity. Beispiele für Mobile Devices sind das Smartphone, mobile Geräte für bestimmte Aufgaben (z. B. Buchungsgeräte) oder sogenannte Wearables.

Ein **intelligentes Produkt** ist ein verbundenes intelligentes Ding, das als Produkt für den Kunden vorgesehen ist. Intelligente Produkte erlauben eine hohe Variabilität zu geringen Kosten, weil die Variabilität nicht durch Hardwarekomponenten, sondern durch die Software angeboten wird. Der Softwarefokus erleichtert die Anpassungsfähigkeit der Produkte, die (kontinuierliche) Weiterentwicklung der Produkte durch regelmäßige Upgrades und Updates und die (kontinuierliche)

Überwachung der Umgebung, Qualität sowie der Leistung. Die Verknüpfung intelligenter Produkte führt zur weiteren Verstärkung der Dienstleitungsorientierung und zu neuen Geschäftsmodellen. Wird ein neues intelligentes Produkt entwickelt, so sind folgende Kriterien zu beachten [17]:

- Kosten,
- Reaktionszeit,
- Automatisierungsgrad des Produktes,
- Netzwerkqualität,
- Einsatzort des Produktes,
- Benutzerschnittstelle,
- Häufigkeit der Upgrades.

Intelligente Produkte beeinflussen die gesamte Wertschöpfungskette und bieten umfangreiche neue Möglichkeiten für Wertschöpfung und Wachstum. Ebenso werden durch Vernetzung und Verbindung mit dem Internet der Dinge und Dienste vermehrt zusätzliche Services zur Schaffung von Kundenmehrwert angereichert. Im Fokus des Kundenmehrwerts steht die Erfüllung einer Aufgabe, die Lösung eines Problems, die Übernahme von Verantwortung und die Schaffung von Mehrwert für den Anwender durch Bereitstellung von virtuellen oder auch digitalen Services. Dahinter verbirgt sich die **Digitalisierung** oder auch die Digitalization, deren Vorteile sich wie folgt beschreiben [11]:

- Die Einbringung von remote Expertise,
- Bereitstellung datenbasierter Dienstleistung,
- Verwenden von intelligenter Algorithmen zur Entscheidungsunterstützung und Automatisierung von Dienstleistungen,
- reaktive und vorbeugende Services,
- das weltweite Zusammenwirken unterschiedlicher Ressourcen,
- Skalierbarkeit z. B. durch Cloud-Systeme,
- Personalisierung, Individualisierung, Situationsbezug.

Dieser Aspekt wird in den nachfolgenden Kapiteln immer wieder Eingang mit Fokus der gesamten Wertschöpfungskette für die tierische Produktion finden.

Smart Farming

Die Digitalisierung hat nicht erst gestern Einzug in die Agrarwirtschaft gehalten. Diese Entwicklung wird mit den Konzepten Precision Agriculture und Smart Farming beschrieben. Precision Agriculture steht für den Einsatz von automatisch gesteuerten Landmaschinen, Ertragsmonitoring und variabler Dünger- und Saatgutausbringung. Smart Farming integriert Pflanzenbauwissenschaft, Personalwesen, Personaleinsatz, Einkauf, Risikomanagement, Lagerhaltung, Logistik, Wartung, Marketing und Ertragsberechnung in ein einheitliches System. Die Digitalisierung ist nicht auf traditionelle landwirtschaftliche Bereiche begrenzt, sondern findet sich in Form von Sensortechnologien und Robotik (z. B. Melkroboter) zunehmend auch in der Viehwirtschaft wieder [5]. Die vorgestellten Konzepte greifen dabei auf Daten aus verschiedensten Quellen zurück und werden mit unterschiedlichen Technologien erhoben, gesammelt, aufbereitet und verknüpft. Das Zusammenführen der durch Digitalisierung gewonnenen Daten ist kennzeichnend für Big Data im Smart Farming [20].

Technologien für Smart Farming

Besonders anschaulich lässt sich dies in der Viehwirtschaft, hier unter dem Begriff Precision Livestock Farming detailliert, illustrieren: Chips und Sensoren in Halsbändern zeichnen Körpertemperatur, Vitaldaten und Bewegungsmuster u. a. von Kühen auf und erlauben so nicht nur die kontinuierliche Kontrolle der Gesundheit, sondern auch die Bestimmung geeigneter Zeitpunkte für die Besamung [16]. Per softwaregesteuerter App werden Bauer und Tierarzt verständigt [9]. Das Melken von Kühen wird bereits heute vollständig von Robotern übernommen, die gleichzeitig die Milchmenge kontrollieren und auch die Pflege des Euters übernehmen [5]. Die effektive und sinnvolle Nutzung von Big Data für Smart

Farming erfordert langfristig gesehen den Aufbau einer flächendeckenden digitalen Infrastruktur, insbesondere in ländlichen Regionen.

2.2 Fokus Nutztierhaltung

Die Nutztierhaltung wird hier unter dem aktuellen Aspekt von Digitalisierung, Transformation und Big Data näher betrachtet. Einleitend ist festzuhalten, dass die fortschreitende Entwicklung eine Vielzahl von Neuerungen in der Tierhaltung allgemein gebracht hat. In früheren Zeiten lag der Fokus auf Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, welche durch Maßnahmen zum Wachsen der Betriebsgröße und höhere Arbeitseffizienz gekennzeichnet waren. Betriebliche Mechanisierung und Automatisierung waren und sind ständige Begleiter der Landwirte. Neu kommt hinzu, dass durch den Einsatz von intelligenter Automatisierungstechnik eine Vielzahl von Betriebsdaten generiert wird, die nun im Fokus der Überlegungen stehen. Genau hier setzt die digitale Transformation an, deren Grundlage die Big Data sind.

Einführend dazu ein konkretes Beispiel anhand eines Milchviehbetriebs. Auch in der Tierhaltung macht die Digitalisierung der Produktionsprozesse große Fortschritte. Im Stall sind autonome Komponenten, aber auch komplett automatisierte Systeme schon weit verbreitet. Dazu gehören Melkroboter, Spaltenreiniger oder Fütterungsautomaten. Das Melken über Automatische Melksysteme (AMS) hat dabei eine rasante Entwicklung erfahren. 2015 dürften in schätzungsweise 3.500 Milchviehbetrieben in Deutschland Melkroboter im Einsatz gewesen sein. AMS gehören seit Jahren zum Stand der Technik, bei einem Neukauf entscheidet sich mittlerweile mehr als jeder zweite Milchviehhalter für ein AMS. Immer mehr Arbeiten im Stall werden letztlich auch zum Wohl der Tiere automatisiert. Heute werden auch Roboter zur Vorlage des Grundfutters, zum Reinigen der Laufflächen und zum Umsetzen von Weidezäunen angeboten. Gerade bei der Grundfuttervorlage zeichnet sich eine der AMS vergleichbare Entwicklung ab. Die Wirtschaftlichkeit digitaler Technik wird von dem häufig höherem Investitionsbedarf und den geringeren Kosten für die Arbeit bestimmt. Sie ist aber auch durch höhere Erträge gekennzeichnet. Nach einer Analyse des KTBL führt der Einsatz Automatischer Melksysteme zu einer höheren Milchmenge von durchschnittlich 7 Prozent [6].

Was die digitale Welt über die Tiere verrät – zum Wohle der Tiere?

Die moderne Milcherzeugung ist ohne den Einsatz vielfältiger Sensorsysteme heute nicht mehr vorstellbar. Die Entwicklung von Sensortechniken, die Messwerte über die individuelle Milchkuh liefern, ist eng mit der Einführung von drahtlosen Erkennungstechniken (RFID) verbunden, die zunächst keine Energiequelle am Tier benötigten, heute aber so energiesparend ausgeführt werden, dass eine Energieversorgung über Jahre hinweg sichergestellt werden kann. Die Hersteller von Sensorsystemen benennen Zielmerkmale, deren Erfassung das Management der Milchvieherden erleichtern soll. Es werden Kennwerte über die Produktionsleistung, über Fruchtbarkeits- und Gesundheitswerte erfasst oder aber der Tierverkehr und andere technische Prozesse gesteuert. In letzter Zeit werden vermehrt Systeme zur Überwachung des Tierverhaltens sowie Techniken der Bildverarbeitung eingesetzt. Alle Sensorsysteme sollen die Entscheidungsprozesse im Herdenmanagement erleichtern, objektivieren und somit zu einer besseren Tiergesundheit, höherer Produktionseffizienz und schließlich zu einer steigenden Wertschöpfung auf der Produktionsstufe führen. Die ökonomischen Vorteile von Betrieben mit Sensorsystemen sind jedoch bisher nicht nachweisbar [18]. Weiterhin werden Kennwerte des Tierverhaltens (Liegedauer, Abliege- und Aufstehvorgänge, zurückgelegte Wegstrecke, Futteraufnahmedauer über Kopfhaltung und Bewegung) durch die elektronische Bestimmung der Position der Kuh im Stall und den Einsatz von Beschleunigungssensoren am Tier bestimmt. Breiten Raum in der Sensortechnik nimmt die Überwachung der Tiergesundheit ein. Neben den schon genannten Werten aus der Produktionsüberwachung, den Brunsterkennungssystemen und der Kennwerte des Tierverhaltens werden auch direkte Messwerte wie die Körpertemperatur, die Wiederkaudauer oder der pH-Wert im Pansen durch einen Bolus bestimmt. Drucksensoren oder optische Systeme detektieren Lahmheit. Außerdem werden 3-D Kameras zur Erfassung von Veränderungen in der Körperkondition oder zur Vermessung des Exterieurs der Kühe entwickelt. Die Akzeptanz von Sensorsystemen ist stark abhängig von der Genauigkeit der Vorhersage einer Abweichung und deren Verknüpfung mit Zielereignissen wie beispielsweise Erkrankungen [15]. Eine Reihe von Sensorsystemen werden in der

Milchproduktion für Überwachungs- und Managementzwecke genutzt. Weitverbreitet sind die Brunsterkennung über Aktivitätsmessungen, die tierindividuelle Milchmengenmessung sowie Kraftfutterabrufanlagen. Sowohl Prozessdaten der technischen Anlagen im Stall (z. B. Melkanlage, Fütterungs- und Lüftungsanlage) als auch tierspezifische Daten (z. B. Bewegung, Fress- und Tieraktivität, Vokalisation) können mittlerweile mit einer Vielzahl von Sensoren erfasst werden. Das Tier selbst rückt bei verschiedenen Gesundheits- und Verhaltensmonitoring-Ansätzen in den Vordergrund. Mit Sensoren werden immer detailliertere und genauere Informationen über die Tiere geliefert [6]. Die ökonomischen Auswirkungen solcher Systeme für die Betriebe sind nicht einfach zu ermitteln. Vorteilhaft für die Auswertung der Sensordaten ist eine Zusammenführung aller vorhandenen Informationen in einer Datenbasis. Es existieren heute Herdenmanagementsysteme auf Betrieben. Milchleistungsprüforganisationen und kommerzielle Anbieter nutzen internetbasierte „Cloud"-Lösungen. Durch die Zusammenführung von Sensordaten auf überbetrieblicher Ebene werden Fragen der Datensicherheit, der Datennutzung und der Datenweitergabe verstärkt in den Fokus der Diskussion stehen [12].

Die aktuellen Herausforderungen im Precision Livestock Farming liegen weniger in der reinen technischen Entwicklung von Sensorik, sondern in der Aufbereitung und Nutzbarkeit der anfallenden Massendaten. Intelligente Dateninfrastrukturen sowie aussagekräftige Auswertungsalgorithmen sind in der Entwicklung zu Wissenssystemen, die das Tierwohl weiter verbessern. Mit permanent erfassten und ausgewerteten Gesundheitsparametern wird der Tierhalter in die Lage versetzt, im Bedarfsfall (per Smartphone) informiert zu werden, um darauf sofort reagieren zu können. Damit wachsen die Managementaufgaben für die Tierhalter. Dies bedeutet auch steigende Qualifikationsanforderungen an den Landwirt [6].

2.3 Fokus Arbeitsplatz Tierhaltungsanlage

Neben technischem Fortschritt ist auch der Arbeitsplatz des Tierhalters an sich genauer zu betrachten. So hat sich das Arbeitsbild des Tierbetreuers über die Jahre stark verändert. Dies betrifft alle Formen der Tierhaltung, ganz gleich ob dies Milchviehbetriebe, Ferkelerzeuger oder Geflügelmäster sind. Das Optimieren der Arbeitsabläufe zur Produktionssteigerung war lange Zeit das zentrale Ziel. Dies ist auch in Zeiten der digitalen Transformation nicht anders geworden. Neben rein wirtschaftlichen Aspekten wird die tierische Produktion unter einem ganzheitlichen Fokus betrachtet: Wirtschaftlichkeit – Effizienz der Tierproduktion, Tiergesundheit/-wohl, Nachhaltigkeit im Sinne Ressourcenschonung, Gesundheitsschutz in der Produktion oder Regionalität. Dies alles zieht eine Veränderung der Produktionsfaktoren nach sich.

Das geänderte physische Tätigkeitsfeld der Tierbetreuung lässt sich generell folgendermaßen beschreiben:

- Verringerung der manuellen Tätigkeiten durch einen höheren Grad der Mechanisierung und Automatisierung
- Steigerung der Bestandsgrößen, wobei dies wiederum in
- höherer Verweilzeiten in den Tierhaltungsanlagen mündet.

Die veränderten Anforderungen für die inhaltlichen Aufgaben sind im Allgemeinen wie folgt erkennbar:

- Zunahme der Überwachungs- und Kontrollaufgaben
- Strukturierung der Informationen
- Berücksichtigung sämtlicher Unterstützungssysteme
- Entscheidungsgrundlagen sammeln und bewerten
- Erfahrungswissen aufbauen und nutzbar machen

Dieser Transformationsprozess führt auch zu neuen Problemfeldern, die vorher für Tierhalter nicht bekannt waren. Die Informationsdichte nimmt mit jedem zusätzlichen Automatisierungsschritt zu. D. h. um den vollen Umfang der technischen Möglichkeiten auszunutzen, ist eine intensive Auseinandersetzung mit der verfügbaren Technik und deren Anforderungen unumgänglich.

Aktueller Stand – ein Schlaglicht auf Precision Livestock Farming in der Praxis

Precision Livestock Farming nimmt dem Landwirt Arbeit ab und hilft ihm, seiner immer höheren Arbeitsbelastung überhaupt gerecht zu werden. Ein Geflügelhalter schätzt, dass er ohne seine elektronischen Helfer fast doppelt so viel Zeit für die Kontrollgänge durch seinen Hähnchenstall einsetzen müsste – Zeit, die er heute dringend für andere Aufgaben braucht. Hohe Einsparpotenziale gibt es auch in Milchviehbetrieben, die in vielen Fällen als Vorreiter der Digitalisierung gelten. Ein Melkroboter verringert die Arbeitsbelastung für den Landwirt um etwa 25 % gegenüber herkömmlicher Melktechnik, so die Aussage eines Experten der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), jedoch mit der Einschränkung, der Melkroboter kann alle Arbeiten nicht selbstständig erledigen. Das gelte auch für die anderen neuen smarten Techniken. Sie benötigten regelmäßige Betreuung. Die Anforderungen an den Landwirt seien dadurch höher: Störmeldungen und Neujustierungen erforderten ein hohes Maß an technischem Verständnis und IT-Know-how. Auch die Bereitschaft und Fähigkeit, sich regelmäßig mit den gewonnenen Daten zu beschäftigen und Erkenntnisse daraus zu gewinnen, sei absolut erforderlich. Ein Prinzip gilt trotz aller Sensoren noch immer: „Das Auge des Herrn mästet das Vieh“. So meint der Praktiker: „Wenn ich in den Stall gehe, das Tierverhalten beobachte und die Luft rieche, weiß ich, was Sache ist.“ Somit wird klar, Tiere sind auch in Zeit von Precision Livestock Farming immer noch mehr als sich stetig aktualisierende Datensätze. Allerdings kann mit der modernen Technik die Tierbeobachtung erheblich erleichtert werden [21].

Abschließender Aspekt ist, die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Hier sind zwei Ebenen zu betrachten. Einerseits ist die Arbeitsumgebung als täglicher Einflussfaktor entsprechend zu berücksichtigen, andererseits ist der mentale Stress durch die Informationsfülle, z. B. die richtigen Entscheidungen zum richtigen Zeitpunkt zu treffen, eine relevante Betrachtungsgröße für die nachfolgenden Schlüsse zur digitale Transformation in der Tierhaltung.

3. ERKENNTNISSE ZU BIG DATA IN DER TIERHALTUNG

Die generelle Frage, welchen Nutzen Big Data in der Tierhaltung bringen kann – steht hier im Mittelpunkt. Einleitend ein kurzer Überblick, wie das Thema von Experten eingeordnet wird.

Digitalisierung nimmt immer mehr Fahrt auf. Das Angebot für digitale Technologien wird immer umfangreicher, ebenso die steigt die Akzeptanz bei Landwirten. Der Trend zu größeren Betrieben und die Tatsache, dass immer mehr Landwirte Betriebsleiter werden, die mit Smartphone und Tablet aufgewachsen sind, spielen hierbei eine große Rolle. Die Beratungsgesellschaft Roland Berger sieht in der digitalen Agrartechnik bis 2020 einen Weltmarkt von 4,5 Milliarden Euro bei jährlichen Wachstumsraten von durchschnittlich 12 %. Dabei kommt die Digitalisierung nicht nur dem einzelnen Betrieb zugute. Nach Meinung von Experten am Institut für Landtechnik und Tierhaltung an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, bietet der technische Fortschritt der gesamten Branche Chancen. Die Digitalisierung trägt dazu bei, Ressourcen wie Futter effizienter einzusetzen, die Tiergesundheit und das Tierwohl zu verbessern sowie Emissionen zu verringern. Gerade die Emissionsfrage werde zukünftig an Bedeutung gewinnen, weil die gesellschaftliche Akzeptanz moderner Tierhaltung auch von diesem Parameter abhänge. Damit meint der Wissenschaftler umwelt- und klimarelevante Gase wie Ammoniak oder Methan sowie Phosphat und Stickstoff in Stallmist und Gülle. Bei optimal gefütterten Tieren seien die Emissionen bezogen auf das Kilogramm erzeugtes Fleisch oder den Liter Milch am niedrigsten [21].

3.1 Nutzen von Big Data – technische Sichtweise

Neben den Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von Sensorik usw. ergibt, wurde bereits festgestellt, dass die gesammelten Daten einer entsprechenden weiteren Verarbeitung zugeführt werden müssen. An dieser Stelle wird an die technische Definition von Big Data verwiesen: digitale Transformation – Information – Wissen. Dieser Prozess besteht aus zusammenhängenden Tätigkeiten, Aufgaben oder Aktivitäten. Der Prozess hat bestimmte Inputs (z. B. Informationen zum Tierhaltungsprozess). Damit der Nutzen der Digitalisierung anwendbar wird, sind durch die Transformation Entwicklungsstufen der Prozesse zu durchlaufen und gliedern sich wie folgt [17]:

- Digitale Überwachung (Monitor),
- Digitale Steuerung (Control),
- Digitale Optimierung (Opitimize),
- Digitale Autonomie (Autonomy).

Durch den Einsatz intelligenter verbundener Dinge insbesondere Sensoren können Maschinen, Werkzeuge, Betriebsmittel, Prozessinputs und -outputs und weitere Dinge bezüglich Status, Nutzung, Verfügbarkeit, Sicherheitsaspekte und viele weitere Eigenschaften digital überwacht werden, man spricht von **Monitoring oder digitaler Überwachung**.

Die **digitale Steuerung (Control)** baut auf die Überwachung auf. Steuerung bezeichnet die digitale Abarbeitung von Regeln (Algorithmen), die Reaktionen auf bestimmte Veränderungen beschreiben. Der Prozessablauf wird vermehrt über Smartphones als Steuerungselement und als Schnittstelle zum menschlichen Nutzer verwendet. Die Steuerung kann auch aufbauend auf Nutzerprofilen eine nutzerspezifische Parametrisierung des Prozesses oder User-Interfaces vornehmen.

Überwachung und Steuerung sind die Basis für die **digitale Optimierung**. Die Optimierung ist die auf Software basierte Weiterentwicklung oder Anpassung eines Prozesses mit dem Ziel, die Qualität, Effizienz, Transparenz, Kostenstruktur oder Leistung des Prozesses zu verbessern. Methoden der Advanced Analytics (insbesondere Predictive oder Prescriptive Analytics) sind die Bausteine der Optimierungsalgorithmen. Der Unterschied zwischen Optimierung und Steuerung ist, dass die Steuerung auf vorher fixe Regeln der Form „Wenn Zustand A eintritt, dann aktivere Methode B“ basiert. Die Optimierung arbeitet keine im Vorhinein bekannten Regeln ab, sondern errechnet durch Vorhersagemethoden, Foresightmethoden und Methoden zur Maximierung von Kennzahlen eine Maßnahme zur Optimierung und setzt diese um. Die Umsetzung erfolgt analog zur Steuerung durch die Aktoren der im Prozess involvierten intelligenten Dinge oder Computersysteme. Je nach Ausrichtung der Optimierung können historische Daten, Echtzeitdaten oder eine Kombination daraus für die Optimierung verwendet werden.

Die **digitale Autonomie** stellt die höchste Entwicklungsstufe von Prozessen oder maschinellen Systemen dar. Ein autonomer Prozess kann ohne direktes menschliches Zutun selbstständig ablaufen und interagiert mit anderen Prozessen, Systemen sowie Menschen. Autonome Prozesse stellen selbst sicher, dass betriebswirtschaftliche, technische oder gesellschaftliche Ziele erreicht werden und können selbst Ziele vorgeben bzw. setzen. Ein autonomer Prozess ist durch fünf zwingende Autonomieeigenschaften, die aufeinander aufbauend sind, charakterisiert [11]:

- Selbstständigkeit,
- Reaktionsfähigkeit,
- Anpassungsfähigkeit,
- Wandlungsfähigkeit und
- Fähigkeit zur Kollaboration.

Endstufe ist nun die **Anwendung intelligenter Dinge (z. B. Sensorik) in intelligenten Prozessen**, basierend auf den oben genannten Prozessausprägungen. Hier tritt der Nutzen von Big Data in den Mittelpunkt. Nachfolgend eine allgemeine Auflistung, welche **intelligenten Prozesse** zur Anwendung kommen können [11]:

- Diagnose
- Prozessoptimierung
- Preemtive „Maintenance“
- Mensch-Maschinen-Kollaboration
- Mixed Reality
- Assistenzsysteme sowie
- Smarte Steuerung und Gestaltung.

Diagnoseprozesse werden verwendet, um Abweichungen festzustellen, Fehler zu erkennen, drohende Gefahren abzuschätzen oder die Performance zu messen. **Prozessoptimierung** ist ein weites Anwendungsfeld von intelligenten Prozessen und fokussiert dabei die Produktionsprozesse. Neben der Verbesserung von Zielgrößen ist auch die Beurteilung von Stabilität und Robustheit zur Sicherstellung der Prozessfähigkeit der erhaltenen Lösungen von Bedeutung. **Preemtive „Maintenance“** zielt als intelligenter Prozess auf die Instandhaltung bzw. Wartung von Prozessen ab. Diese können je nach Wissen: reaktive, proaktive oder präemtiv sein. Für alle drei Arten ist eine Zustandsüberwachung nötig, um reaktiv (Fehler ist passiert, Handlung notwendig), proaktiv (jeden Montag wird eine Wartung durchgeführt) oder präemtiv (rechtzeitige Wartung, jedoch zu einem idealen Zeitpunkt) zu handeln. Bei den **Mensch-Maschinen-Kollaborationsprozessen** ist die Interaktion zwischen Menschen und Dingen wie Maschinen, Werkzeug, Transportmittel oder Roboter gemeint. Die Dinge sind nicht mehr einseitig Befehlsempfänger, die Menschen nicht mehr einseitig dem Takt der Maschinen ausgesetzt, sondern in Symbiose erledigen Menschen und Maschinen gemeinsam die Aufgaben und erreichen abgestimmt die vorgegebenen Ziele – man spricht hier von Mensch-Maschinen-Kollaboration. Die nächste Stufe der Mensch-Maschinen-Kollaboration ist die **Zusammenführung der realen und der virtuellen Welt**. Augmented Reality (**AR**) ist eine Anreicherung der realen Welt mit kontextsensitiven Zusatzinformationen in Form von virtuellen Daten. Zum Beispiel die Überblendung des Kamerabildes, das live die reale aktuelle Situation einfängt, mit zusätzlichen Informationen, beispielsweise Prozessdaten, Bewegungs- oder Stammdaten. Datenbrillen sind wohl derzeit die bekanntesten Geräte für AR. Augmented Virtuality (**AV**) ist die Anreicherung der virtuellen Welt mit realen Objekten. Ein mit realen Gegenständen (z. B. techn. Vorrichtung) ausgestatteter Cave (virtuelle Welt) ist ein Beispiel für AV. Dem Betrachter kann mit AV der Sachverhalt umfassender und realitätsnäher als mit reiner Virtual Reality (**VR**) dargeboten werden. AV kann die Basis für neue Dienstleistungen (z. B. Produktpräsentation bevor das Produkt physisch existiert) sein und Entwicklungsprozesse (z. B. Früherkennung von Problemen oder Fehlern) beschleunigen. AR und AV werden auch als Mixed Reality (**MR**) bezeichnet. **Assistenzsysteme** sind Systeme, die einen Menschen situationsabhängig bzw. kontextsensitiv bei der Erledigung einer bestimmten Aufgabe unterstützen. Diese Assistenzsysteme bauen auf künstlicher Intelligenz, auf menschliches Expertenwissen oder auf einer Kombination aus beiden auf. Beispiel eines auf künstlicher Intelligenz aufbauenden Assistenzsystems ist, wenn ein Auto über Kommunikation mit anderen Autos und die Nutzung der Sensoren (zwei Autos parken in der Nähe und der Parkplatz dazwischen ist frei) den nächstgelegenen freien Parkplatz finden kann und dem Fahrer vorschlägt, diesen anzufahren. Das Internet der Dinge und Dienste sowie intelligente Dinge und Prozesse ermöglichen neue Konzepte in der Planung und Steuerung. Smart Connected Things stellen dezentral, direkt am Ort der operativen Verrichtung drei entscheiden Fähigkeiten für neue Planungsansätze bereit: Wahrnehmungsfähigkeit, verteilte Intelligenz und Gestaltungsfähigkeit. Maschinen, Werkzeuge, Transportmittel bis hin zum interessierten Objekt werden vermehrt mit Sensoren zur Wahrnehmung des eigenen und des Umgebungszustandes ausgestattet. In Echtzeit können diese gewonnenen Informationen an andere Teilnehmer (Menschen, Dinge, Systeme, Services) weitergeben bzw. bereitgestellt werden. Gleichzeitig verfügen die Dinge über Rechenfähigkeit und intelligente Algorithmen. Durch einen lokalen Interessensausgleich bzw. die Festlegung der gemeinsamen nächsten Schritte kann dezentral und autonom von den Beteiligten eine Vereinbarung getroffen werden, was, wann und wie erledigt wird. Maschinelle Verarbeitung von Abarbeitungsregeln kann diese dezentralen Entscheidungsfindungen unterstützen. **Smarte Steuerung und Gestaltung** kann eng mit Vorhersagen und Prognosen in Verbindung gebracht werden. D. h. es wird nicht versucht werden die Zukunft vorherzusagen, sondern vielmehr angestrebt, die Zukunft aktiv zu gestalten. Die Frage ist nicht „Wie wird die Zukunft sein“, sondern „Was muss jetzt gemacht werden, damit die Zukunft so wird, wie wir es wollen“.

3.2 Nutzen in der zukünftigen Tierhaltungspraxis

Die technischen Möglichkeiten zur Nutzung von Big Data sind nun eingehend beschrieben. An dieser Stelle wird die Anwendung dieser Technologien näher betrachtet.

Aufbauend auf den vorhandenen und gesammelten Daten ist die zentrale Frage, wie kann für den Tierhalter die Transformation von Information zu Wissen gelingen – nicht nur im Einzelfall, sondern auch für das Gesamtsystem, wie beispielsweise für einen vollständigen Tierhaltungsbetrieb in Form eines Milchviehbetriebes oder Schweinemastbetriebes.

Management der Tierhaltungsanlage

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass je nach Betriebsgröße und -struktur, die Datenerfassung von bestimmten betrieblichen Informationen (z. B. Milchleistungsdaten, Gesundheitsstatus usw.) auf analoger und in den vergangenen Jahren auch auf digitaler Basis stattgefunden hat. Was beide Arten jedoch nicht unterscheidet, ist, dass die Information nur soweit Wissen war, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt die Vergangenheit abgebildet wurde und dann im Idealfall daraus eine Prognose für die Zukunft geschlossen wurde. Dem Betriebsführer stehen durch diese Form der Datenaufbereitung ad-hoc Informationen zur Verfügung, daneben sein Erfahrungswissen, dieses mit der Länge seiner beruflichen Aktivität anwächst. Die Vorgehensweise für zukünftige Entscheidungen, die den Tierproduktionsprozess betreffen, können vom Tierhalter nur auf Basis der Daten der Vergangenheit und zusätzlich der analysierten Daten, sofern dies die Daten aufgrund kausaler Zusammenhänge erlauben, getroffen werden. Gute Entscheidungsgrundlagen ergeben sich bei abgeschlossenen Systemen wie z. B. Fütterungs- oder Lüftungsanlagen. Dort können mit definierten Vorgabewerten bestimmte Zustände, wie z. B. definierte Futterrationen aufgrund des Wachstumsfortschritts von Mastschweinen oder deren notwendige klimatischen Anforderungen im Stall, vorgegeben werden. Wenn im Ist-Zustand Abweichungen auftreten, ist dies mit geringem Aufwand feststellbar. Je größer die Tierhaltungsanlage, desto eher helfen zentrale Datenhaltung und Anzeigen, damit auf mögliche Abweichungen reagiert werden kann. Dieses Beispiel zeigt, wie im täglichen Betrieb eine Vielzahl von Entscheidungen aufgrund von Daten – Informationen – oder im besten Fall Wissen getroffen wird. Das Ziel kann jedoch nur sein, dass jede Entscheidung für den Betriebsablauf fundiert ist, also eine bewusste Entscheidung aufgrund entsprechender Grundlagen.

Ein anderes praktisches Beispiel ist der mehrmals täglich durchgeführte Betriebsrundgang in den Stallungen. Mit geübten Blick des Tierhalters werden Abweichungen (z. B. Lahmheiten, Krankheitsbilder, usw.) festgestellt – im Idealfall mit einer 100%igen Trefferquote. Dennoch kann ein Mensch nicht immer jedes Tier überwachen. Der Faktor Zufall ist für einen professionellen landwirtschaftlichen Betrieb keine Option mehr. Der wirtschaftliche wie tiergesundheitliche Aspekt, dass ein krankes Tier, welches zu spät entdeckt wird, eine Kette von weiteren negativen kausalen Faktoren, wie z. B. Infektion weiterer Tiere, aktiviert, ist ebenso problematisch.

In den obigen Beispielen zeigt sich das große Potential, wie die vorhandenen Daten mit den Methoden von intelligenten Prozessen nutzbar gemacht werden können. Der Ansatz zur Verwendung von Big Data mit den beschriebenen Technologien führt zu neuen Möglichkeiten, wie qualitativ bessere Entscheidungen durch den Betriebsführer getroffen werden können. D. h. vom sogenannten „Damage-Reporting“ wird abgegangen. Darunter versteht man, dass Entscheidungen nur aufgrund Vergangenem getroffen werden. Die zukünftigen Managementtools werden intelligente Prozesse beinhalten. Dies bedeutet, dass eine Vielzahl von Faktoren in den Entscheidungen einfließt, auch Vergangenes und (maschinell) erlerntes Wissen. Dieser Schwenk von rein vergangenheitsorientierten Systemen hin zu predicitive Analytics bzw. intelligenten Prozessen wird viele Voraussetzungen benötigen. Vieles ist aus heutiger Sicht noch gar nicht entsprechend aufgebaut. Beispielsweise sind hier die Überwachungsprozesse von Tieren gemeint, hier steht die Technik noch am Beginn vieler neuer Verfahren.

Ein nächster großer Punkt ist die Datensammlung, -strukturierung und -analyse. Viele Systeme müssen über Schnittstellen und Datenformate in eine verarbeitbare Struktur gebracht werden. Das Integrieren der gesamtheitlichen Datenwelt im Tierhaltungsprozess ist die große Aufgabe, um dann den Nutzen von Big Data wirklich zu realisieren. Beispielhaft sind hier einige ausgewählte Datenquellen für die Schweinemast genannt (Einzeltierbetrachtung sowie gesamten Zeitraum einer Mastperiode): Genetik sowie Herkunft, Gesundheitsstatus, Körperkondition, tierärztliche Eingriffe, verhaltensrelevante Daten, Fütterungsdaten, Schlachtdaten, Futterqualität und -rezepturen, stallklimatische Parameter sowie Witterungsdaten, Krankheitsvektoren usw.; Damit diese beispielhafte Aufzählung zu erfassbaren und interpretierbaren Wissen führt, kann dies nur mit Methoden der Analyse von Big Data (u. a. Aufbau von Erfahrungswissen mittels maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz) und der darauf folgenden intelligenten Prozesse erfolgen, damit dieses Wissen gleich in der aktuell laufenden Mastperiode angewendet werden kann. Bisher überwiegen noch Offline-Systeme. Systeme, die Daten in Echtzeit übertragen und einen zeitlich optimalen Ablauf erlauben, finden jedoch zunehmend Verbreitung. In

diesen Systemen zeichnet sich der Einsatz von Clouds ab [16]. Hier setzen auch sogenannte Enterprise Agriculture-Konzepte an. Dabei werden alle Daten, die Berührungspunkte zu einem spezifischen Produkt aufweisen, auf einer Plattform zusammengeführt. Entsprechende Plattformen befinden sich derzeit allerdings noch in der Entwicklungsphase. Neben Präzision und Effizienz geht es bei Smart Farming im Kern um die Optimierung von Abläufen und vorausschauende Planung. Aus heutiger Sicht stehen die Technologien rund um Big Data in der Tierhaltung erst am Anfang und zeigen den Forschungsbedarf für die nächsten Jahre. Auf diesem Fachgebiet wird auch eine umfangreiche technologische Weiterentwicklung stattfinden.

3.3 Nutzen für Mensch und Tier

Der Nutzen von Big Data kann hier in zwei wesentliche Bereiche getrennt werden. Einerseits wird der mögliche tierbezogene Nutzen dargestellt, andererseits jener für den Tierhalter. Für beide Gruppen gilt, dass gesundheitsrelevante Effekte aus der Anwendung von Wissen basierend auf Grundlagen von Big Data auch beide Gruppen betreffen.

Tierbezogener Nutzen

Viele technische Entwicklungen zielen auf sensorgesteuerte, automatisierte Verfahren in der Tierhaltung ab. Neben Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Mensch, Tier und Maschine bietet das sogenannte Precision Livestock Farming Potenziale für effiziente, emissionsmindernde und ressourcenschonende Verfahren in der Innenwirtschaft.

Beispiele an technischen Neuheiten sind u. a. [7]:

- Drahtlose Kommunikation: Parameter der Tiergesundheit und des Tierwohls können sprachbasiert erfasst werden. Bluetooth-fähige Messgeräte, wie Tierwaagen und Temperaturthermometer, beliefern die App mit ihren Messwerten. Maschinen und Geräte können per Spracheingabe gesteuert werden. Die Hände bleiben dank Headsets frei.
- Multifunktionale Rinder-Ohrmarke, die gleichzeitig zur offiziellen Tierkennzeichnung, zur Ortung in Echtzeit und zum Gesundheitsmonitoring verwendet werden kann. Das geringe Gewicht ermöglicht den Einsatz bereits ab der Geburt des Kalbes.
- Berührungslose Gewichts- und Körperbestimmung: die Software kann auf handelsüblichen Smartphones oder Tablets mit 3-D-Kamera das Gesamtgewicht und den Anteil einzelner Köperteile (z. B. Schinken) ermitteln. Damit können Tiere stressfrei gewogen und zum optimalen Zeitpunkt vermarktet werden.
- Automatisches Gerät zum Einstreuen von Liegeboxen: Sensoren erkennen, ob die Box belegt ist. Ersetzt körperlich anstrengende, eintönige Tätigkeit, die zusätzlich Stress für die Tiere bedeutet.
- Schlauchloser Sensor zur Ammoniakmessung: funktionssicherer und langzeitstabiler elektrochemischer Sensor zur kontinuierlichen Messung der Ammoniakkonzentration in der Stallluft. Lüftung kann damit auf Ammoniakkonzentration reagieren.
- Kälbererkennung: ein Sensorhalsband und Tiererkennung an Wasser- und Milchtränke liefern wichtige Daten zum Gesundheitsmonitoring. Tierbehandlungen können am Halsband bestätigt und an das übergeordnete Managementsystem gesendet werden.
- Wasserüberwachung: Sensoren überwachen permanent die Qualität des Tränkwassers. Darüber hinaus werden die Messwerte und Analysen der Wasserqualität und Wassertemperatur beim Reinigen der Melkanlage (Milchleitung, Milchtank) kontinuierlich gespeichert und dokumentiert.

All die genannten Beispiele zeigen, wie diese technischen Neuerungen, ob Sensor oder Software aufzeigen, wie neue Daten beitragen können, dass die Tiergesundheit und das Tierwohl entsprechend gefördert wird. Bei weiterer konsequenter Betrachtung dieser Aspekte, führt dies zu folgender Annahme: Big Data hat das Ziel, große Datenmengen zu Verbesserung des Tierwohls zu nutzen – hierauf hat sich der Fokus vieler Milchqualitätssicherungsprogramme verschoben. Schlüsselschwerpunkte sind Erkrankungen wie Lahmheit, Mastitis oder auch Verletzungen. Eine frühere Erkennung und Intervention

von Lahmheit und klinischer Mastitis könnte nicht nur dazu dienen, das Tierwohl und den Tierschutz zu erhöhen, sondern es bieten sich weitere Vorteile, wie eine Verringerung der Verwendung von Antibiotikabehandlungen. Die Erkennung des Lahmens könnte durch die Verwendung von Kraftmessplatten, Beschleunigungsmessern, Kameras und Melkintervallen (in automatische Melksysteme) erreicht werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Lösungen für diese Probleme nicht aus der Sensoren-Entwicklung kommen, sondern von Eingaben vieler verwendeten Sensoren mit kombinierten Entscheidungsalgorithmen entstehen werden, d. h. es werden intelligente Prozesse im Sinne von Big Data geschaffen [13].

Gesundheit für Tier und Mensch in Tierhaltungsanlagen kann durch die neuen Methoden von intelligenten Prozessen und Big Data verbessert werden. Gesamtheitliche Produktionsfaktoren wie das gesamte Stallklima (Temperatur, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Lichtstärke, Schadgase, Bioaerosole uvm.), die Emissionsbelastungen und die Krankheitsvektoren sind derzeit ein noch gering berücksichtigter Bereich, der neben weiteren technischen Entwicklungen (u. a. Sensorik) auch in der Prozessgestaltung hohen Forschungsbedarf hat, damit die praxisweite Anwendung erfolgen kann. Der Aspekt, dass die Daten für den Gesundheitsschutz der Tierhalter verwendet werden können, ist derzeit noch gering bis nicht ausgeprägt. Momentan fokussieren sich die Entwicklungsarbeit nahezu alleinig auf die Tiergesundheit bzw. das Tierwohl.

Eine andere Anwendung die zukünftig genutzt werden wird ist, dass Instrumente der Mixed Reality für Neugestaltung von Arbeitsabläufen und Sicherstellung von effizienten Abläufen, neue Haltungsformen bzw. Aufstallungssysteme vorab mit diesen Methoden auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden können. Dies betrifft Neubauten wie Um- und Nachrüstungen. Dabei können sämtliche Betriebszustände simuliert und auch kontrolliert werden, damit eine möglichst geringe Gesundheitsbelastung für Mensch und Tier gegeben ist. Ebenso sind können dabei auch Aspekte der Arbeitssicherheit berücksichtigt bzw. überprüft werden.

Neben den innerbetrieblichen Überlegungen zu Gesundheit für Tier und Mensch kommt, kommt der Aspekt, dass von außen auf die Tierhaltungsanlage eintreffende Krankheitsvektoren mittels Big Data erkennbar gemacht werden könnten. Beispielhaft sei hier auf die Datenanalyse von Google verwiesen [23]. Die Korrelation der regionalen Suche nach Diagnosen und Therapieansätzen für die Grippe (Influenza) über die Internetsuchmaschine hat ergeben, dass durch gezielte Informationsweitergabe eine weitere Ausbreitung der Grippe hin zur Epidemie zumindest vorausgesagt werden konnte. Der Schluss lässt zu, dass auch Tierseuchen mittels Sensorik und Datenanalyse noch schneller als bisher eingedämmt und auf einen lokalen Ausbreitungsherd beschränkt werden könnten sowie mögliche Abwehrstrategien bzw. Maßnahmen der Prophylaxe für die im Nahebereich betroffenen Tierhaltungsanlagen zeitgerecht, weil die Ausbreitung einer Seuche prognostizierbar wird, gesetzt werden könnten.

Nutzen für Tierhalter

Die Vorteile für eine umfassende Unterstützung des Tierhalters durch den Einsatz von Methoden für Big Data und intelligente Prozesse sind unter anderem:

- Erhöhung des Erfahrungswissen für den Tierbetreuer durch Einsatz der intelligenten Prozesse (z. B. maschinelles Lernen)
- Unterstützung in Überwachungsaufgaben
- Verbesserung der Entscheidungsqualität („Trennung von Zufall und echtem Anlassfalls“ für das Setzen von Managemententscheidungen, wie z. B. Quarantäne für krankes Tier festlegen)
- Prognose, Planung und Gestaltung im laufenden Betrieb mit laufender Rückmeldung der täglichen Erkenntnisse (z. B. mit künstlicher Intelligenz)

Nachteile sind durch den Einsatz von Big Data auch ebenso denkbar. So ist die Gefahr gegeben, dass die Informationsflut, wenn diese nicht idealtypisch, kompakt und komplexitätsreduzierend aufbereitet wird, zu einem Stressfaktor in der täglichen Anwendung gerät. Dies gilt es beim Design der intelligenten Prozesse bereits zu berücksichtigen. Dies betrifft beispielsweise die User-Interfaces, die Usability oder die präsentierte Datenmenge. Sobald die geschaffenen Instrumente nicht den gewünschten Komfort sowie Erfolg an Wissen, Effizienz und letztlich Wirtschaftlichkeit bringen, werden sich diese Methoden nicht in der Praxis durchsetzen.

4. DISKUSSION

4.1 Big Data – Beginn einer Entwicklung

Big Data und dessen Methoden werden die Tierhaltung in den nächsten Jahren massiv verändern. Aus heutiger Sicht sind erste Schritte gesetzt. Die technologischen Grundlagen stehen fest, wobei die jeweiligen Ausprägungen noch nicht bekannt sind. Zu erwarten ist, dass die nächsten Stufen der Forschung sowie Entwicklung viele neue praxisrelevante Anwendungen bringen wird. Bei aller Euphorie darf nicht übersehen werden, dass dennoch einige Rahmenbedingungen erfüllt werden müssen, damit eine effiziente, nachhaltige und dauerhafte Nutzung dieser Konzepte möglich wird. Hierzu gehören:

- IT-Know-how: eine unabdingbare Forderung ist, dass der Benutzer von Methoden für Big Data und intelligente Prozesse die notwendige Kenntnis darüber hat.
- Datensicherheit: Rechtssicherheit bei der Verwendung bzw. Weitergabe von Massendaten und deren Ergebnisse, die einerseits Betriebsgeheimnisse darstellen, aber auch öffentlichen Stellen bekanntgegeben werden müssen. Ebenso trifft diese Überlegung sämtliche Unternehmen, die hier als Dienstleister für Big Data am Markt tätig werden.
- Technischen Voraussetzung für Datenerfassung, -übertragung und -speicherung aufgrund der Datenvolumina müssen sichergestellt werden (Stichwort: Breitbandausbau im ländlichen Raum).

Abschließend bleibt festzuhalten, dass zukünftig ein starker Fokus auf die intelligenten Prozesse (u. a. Diagnose, Prozessoptimierung, Preemtive „Maintenance“, Mensch-Maschinen-Kollaboration, Mixed Reality, Assistenzsysteme sowie Smarte Steuerung und Gestaltung) liegt. Die intelligenten Prozesse werden bereits heute durch die Industrie in der Praxis umgesetzt. Für den Bereich der Tierhaltung, mit speziellem Fokus Gesundheit und Arbeitsschutz, kann der Ausblick erfolgen, dass hier noch viele Entwicklungen folgen werden.

4.2 Big Data – Leitlinien für Precision Livestock Farming

Damit der Einsatz von Methoden wie Big Data und intelligente Prozesse zielgerichtet und umsichtig in der Tierhaltung Anwendung findet, können nachfolgende Gedanke beitragen, die obigen Überlegungen in einem nachhaltigen und ganzheitlichen Kontext zu sehen [19]:

- Das Berufsfeld der Landwirtschaft ist durch eine gesunde Mischung von körperlicher und geistiger Arbeit charakterisiert. Beide Aspekte sind für den Landwirt (oder die Landwirtin) fordernd, aber nicht überfordernd.
- Landwirtschaft wird von vielen Personen betrieben – auch in Teilzeit, während kurzen Zeitabschnitten oder in der Freizeit, in der realen wie in der virtuellen Welt.
- Die Nachhaltigkeit einer bestimmten Produktionsform wird immer wieder auf den Prüfstand gestellt und sie spiegelt sich im Preis des Produkts wider.

Ausblick

Menschen sind fasziniert von Neuerungen. Die technologischen Möglichkeiten der Digitalisierung bieten enorme Chancen, aber auch das Risiko, die Landwirtschaft weiter vom Menschen und der Natur zu entfremden. Ohne eine Diskussion, was Landwirtschaft in unseren Gesellschaften zukünftig leisten soll, wird es zu einer Fortschreibung der bisherigen Entwicklungsmuster kommen. Das würde bedeuten, dass die große Mehrheit der Konsumenten billigere Produkte bevorzugen wird. Dass die Möglichkeiten der Digitalisierung lediglich dazu eingesetzt werden, um Lebensmittel ökonomisch effizienter herzustellen und dass die Innovation vor allem durch wenige große Unternehmen realisiert wird. Diese Gefahr zu erkennen könnte eine Chance dafür sein, die Möglichkeiten der Digitalisierung so zu nutzen, dass Landwirtschaft insgesamt nachhaltiger wird und der Konsument bereit ist, mehr Geld für die Produktion von Lebensmitteln zu investieren, weil er dieser Produktion Wertschätzung entgegenbringt.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Alpaydin, E. (2008): Maschinelles Lernen, Oldenbourg Verlag

[2] Balzter, S. (2015): Big Data auf dem Bauernhof, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt

[3] Beyer, M. A., Laney, D. (2012): The importance of big data: A definition, Gartner, Stanford

[4] Bizer, C., Heath, R., Berners-Lee, R. (2009): Linked Data – the story so far, International Journal on Semantic Web and Information, 5 (3), 205-227

[5] Cox, S. (2002): Information technology, The global key to precision agriculture and sustainability, in: Computers and Electronics in Agriculture 36 (2-3), 93–111

[6] Deutscher Bauernverband e.V. (2015): Situationsbericht 2015/16, Trends und Fakten zur Landwirtschaft, ISBN 978-3-9812770-7-4, Berlin

[7] Deutscher Bauernverband e.V. (2016): Situationsbericht 2016/17, Trends und Fakten zur Landwirtschaft, ISBN 978-3-9812770-8-1, Berlin

[8] Fan W., Bifet A. (2012): Mining Big Data: Current Status, and Forecast to the Future, ACM SIGKDD Explorations Newsletter archive, 14 (2), 1-5

[9] Hemmerling, U., Pascher, P. (2015): Situationsbericht 2015/16. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. 1. Aufl. Berlin: Deutscher Bauernverband e.V.

[10] Jodlbauer, H. (2016): Die Datenspinne, Im Netz von Google, Facebook, Alibaba und Co!, Leykam

[11] Jodlbauer, H. (2017): Digitale Transformation der Wertschöpfung, Kohlhammer, Stuttgart

[12] Junge, W. (2016): Vom Sensor im Stall zum Facebook für Milchkühe, in: Digitale Landwirtschaft, Big Data – Smart Data – Datenmanagement, Tagungsband 7. Agrarwissenschaftliches Symposium, Freising, 22.9.2016 S. 19-21

[13] Kelton, D. (2016): Strategies for better welfare that improve animal health and farm economics, Can Big Data help improve animal welfare on dairy farms?, in: Farm Animal well-being, 9th expert conference, 3rd 4th June 2016, Montreal, 29-31

[14] Luger G. F. (2001): Künstliche Intelligenz, Addison Wesley Longman bei Pearson Education

[15] Mickley, B., Traulsen, I., Krieter, J. (2012): Detection of mastitis and lameness in dairy cows using wavelet analysis. Livestock Science, 148, 227-248

[16] Poppe, K.; Wolfert, S.; Verdouw, C. (2015): A European Perspective on the Economics of Big Data A European Perspective on the Economics of Big Data, in: Farm Policy Journal 12 (1)

[17] Porter, M. E., Heppelmann, J. E. (2014): How Smart Connected Products Are Transforming Competition, Harvard Business Review, 92 (11), 64-88

[18] Steenveld, W., Hogeveen, H., Oude Lansink, M. (2015): Economic consequences of investing in senso systems on dairy farms, in: Computers and Electronics in Agriculture, 119, 33-39

[19] Walter, A. (2016): Digitale Landwirtschaft – wohin wollen wir?, in: Digitale Landwirtschaft, Big Data – Smart Data – Datenmanagement, Tagungsband 7. Agrarwissenschaftliches Symposium, Freising, 22.9.2016 S. 9-12

[20] Whitacre, B., E., Mark, T., B., Griffin, T., W. (2014): How Connected are Our Farms?, in: Choices 29 (3)

[21] Wiedenau, M. (2017): Digitale Tierhaltung, Die richtige Strategie für jeden Betrieb, in: Agribizz, Ausgabe 1, 2017, Frankfurt/Main

[22] Wrobel, S., Voss, H., Köhler, J. Beyer, U., Auer, S. (2014): Big Data, Big Opportunities, Springer

[23] https://www.google.org/flutrends/about/ [5.1.2018]

Methode zur Ermittlung relevanter Maschinenzusammenstellungen für landwirtschaftliche Betriebe im Ackerbau

Steffen Hanke, Ludger Frerichs
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Beitrages wird eine Vorgehensweise beschrieben, mit der betriebsspezifische Maschinenzusammenstellungen, bestehend aus Traktoren und Anbaugeräten, für einen ackerbaulichen Betrieb ermittelt werden können. Ausgehend von einem Betrieb mit seinen Verfahrensketten, einschließlich der Verfahrensschritte und den Bearbeitungszeiträumen, den Feldern und der Region werden die durchzuführenden Arbeiten auf den Feldern über das Jahr ermittelt. In einer Datenbank sind nach den KTBL-Klassen mögliche Traktor- und Anbaugeräteklassen, die Energiebedarfe für die Verfahrensschritte, Feldarbeitstage und Kosten (Anschaffung, Abschreibung, Personal, Reparatur) hinterlegt. Alle möglichen Traktor- und Anbaugerätezusammenstellungen werden auf Basis der Vorgabe des Bedieners erstellt und mittels der Brute-Force-Methode durchlaufen. Für jede Zusammenstellung werden die Arbeiten über das Jahr unter Berücksichtigung der einzusetzenden Maschinen geplant und u. a. Kennzahlen zu Einsatzstunden der Traktoren/Anbaugeräte oder flächenspezifische Verfahrensschrittkosten berechnet. Zusammenstellungen bei denen alle Arbeiten fristgerecht durchgeführt werden und unter ermittelten Referenzkosten liegen, werden als Lösungsvorschlag abgelegt und dem Bediener als mögliche Lösungen vorgeschlagen. Anhand eines ausgewählten Beispielbetriebes wird die Funktionsweise des Vorgehens gezeigt, indem relevante Maschinenzusammenstellungen für den Beispielbetrieb ermittelt und vorgestellt werden.

1. EINLEITUNG

Die Frage nach der richtigen Maschinenzusammenstellung eines landwirtschaftlichen Betriebes in Form von Traktoren und Anbaugeräten beschäftigt neben Landwirten und Beratern auch Wissenschaftler. In den letzten 50 Jahren gab es verschiedene Ansätze wie eine passende Maschinenzusammenstellung eines Betriebes aus wissenschaftlicher Sicht ermittelt werden kann. Zu nennen sind an dieser Stelle auszugsweise Hell (1969, Braunschweig), Wolak (1981, Michigan) oder Butani (1994, Bangkok).

Eine optimale Maschinenzusammenstellung für einen landwirtschaftlichen Betrieb zu definieren, stellt den Anwender vor eine große Herausforderung. Einerseits gibt es eine sehr hohe Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten von Traktoren und Anbaugeräten für die durchzuführenden Arbeiten eines Betriebes, welche nicht auf den ersten oder zweiten Blick überschaut werden kann. Andererseits können kleinere Änderungen in der Maschinenzusammenstellung großen Einfluss auf die Gesamtbewertung der Maschinenzusammenstellung haben. Die Wahl eines kleineren Grubbers kann beispielsweise die nicht fristgerechte Abarbeitung von Aufträgen mit anderen Maschinen auf dem Betrieb zur Folge haben. Diese Wechselwirkungen sind nicht immer direkt oder mindestens schwer abschätzbar. Eine Einteilung von Betrieben, um allgemeingültige Aussagen zu Maschinenzusammenstellungen zu ermitteln und zu publizieren, ist aufgrund der sehr individuellen Betriebsstrukturen sowohl bei den Flächen als auch bei den Verfahrensketten nicht möglich. Erschwerend hinzukommend ist, dass sich ein Betrieb in seiner Struktur von Jahr zu Jahr ändern kann. Eine jährliche Anpassung der Maschinenzusammenstellung kann unter betriebswirtschaftlichen Aspekten meist als nicht sinnvoll erscheinen, wodurch die Traktoren und Anbaugeräte über mehrere Jahre eingesetzt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wird ein Ansatz aufgezeigt, mit der eine Vielzahl von möglichen Lösungen berechnet und bewertet werden. Die praxisrelevanten Lösungen werden ausgegeben und in einer Datei im EXCEL-Format abgespeichert. Die methodische Vorgehensweise mit den benötigten Eingangsdaten und erste Ergebnisse werden dargestellt.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Beschreibung des betrachteten Betriebes

Der betrachtete landwirtschaftliche Betrieb liegt im Norden Deutschlands, die Arbeiten beziehen sich auf die Verfahrenskette des Getreideanbaus. Die eingesetzten Anbaugeräte in den Verfahrensschritten sind in der Bodenbearbeitung die Scheibenegge, der Pflug und der Grubber, in der Aussaat die Drillmaschine und in der Pflege der Düngerstreuer und die Feldspritze.

Tabelle 1: Einsatz der Anbaugeräte nach Fläche und Monat

Anbaugeräte	Fläche [ha]							
	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Scheibenegge	-	-	-	-	-	150	150	150
Pflug	-	-	-	-	-	50	150	100
Grubber	-	-	-	-	-	50	50	50
Drillmaschine	200	-	-	-	-	50	200	200
Düngerstreuer	250	-	-	-	-	50	-	-
Feldspritze	350	200	650	-	100	300	200	200

Die Arbeiten des landwirtschaftlichen Betriebes sind in *Tabelle 1* aufgeführt. Die Hauptarbeiten fallen - wie es in einem Ackerbaubetrieb typisch ist- in den Monaten August, September und Oktober an. In diesem Zeitraum wird jedes Gerät eingesetzt. Die Arbeiten der Ernte für Mähdrescher oder Körnertransport sind an dieser Stelle nicht mitaufgeführt. Die Ballenkette mit dem Pressen der Ballen und der Transport vom Feld zum Lager wird nicht berücksichtigt, da das Stroh auf dem Feld verbleibt oder ggf. durch einen Lohnunternehmer bzw. dem Endabnehmer durchgeführt wird. Die angebauten Früchte des Betriebes sind Roggen, Triticale, Weizen und Raps.

2.2 Simulationsansatz

In *Abbildung 1* ist der prinzipielle Aufbau des Simulationsmodells dargestellt. Er gliedert sich in den eigentlichen Ablauf (mittig), den Ein- und Ausgabewerte (links) sowie den Datenbankwerten (rechts). Im Block der *Bedienereingabe* werden die notwendigen Eingaben vom Bediener vorgenommen. Unter Einstellungen können beispielsweise die maximale tägliche Arbeitszeit oder die maximal zulässige Anzahl an Traktoren für den Betrieb eingestellt werden. Unter Arbeiten sind die durchzuführenden Arbeiten des Betriebes für jedes Gerät (vgl. *Tabelle 1*) einzugeben. Die Arbeiten können im Modell je Halbmonat eingegeben werden. Im Block der *Datenbankwerte* sind u. a. die Maschinenklassen, die Kosten für unterschiedliche Traktoren sowie Geräte und die zur Verfügung stehenden Arbeitstage hinterlegt. Die Maschinenklassen sind in der Einheit kW hinterlegt. Für Traktoren und Geräte gibt es insgesamt 15 Klassen von 45 kW bis 450 kW. In den Kosten finden sich u. a. die Anschaffungskosten und Restwerte der Traktoren der Leistungsklasse oder die Reparaturkosten pro Hektar für ein Gerät wieder. Für unterschiedliche Regionen sind die zur Verfügung stehenden Arbeitstage je Halbmonat hinterlegt. Der Großteil der Angaben kann aus der Literatur entnommen werden [4]. Im Block *Ausgabewerte* werden die gefunden praxisgerechten Lösungen ausgegeben.

Wird ein Berechnungsdurchlauf gestartet, werden im Schritt *Erstellen der Traktor- und Geräte-Kombinationen* alle möglichen Traktor- und Geräte-Kombinationen berechnet. Auf Basis der maximal zulässigen Anzahl an Traktoren werden alle Kombinationsmöglichkeiten nach dem Berechnungsansatz

für Kombinationen mit Wiederholung ermittelt. Bei einer maximal zulässigen Anzahl von beispielsweise drei Traktoren und 15 Maschinenklassen entsteht als erste Kombination [45, -, -] und als letzte Kombination [450, 450, 450], d. h. als erste Kombination wird ein Traktor mit 45 kW verstanden. Bei den 3 Traktoren gibt es in Summe 680 unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten von Traktoren. Die Kombinationsmöglichkeiten der Geräte werden auf Basis des Berechnungsansatzes Variation mit Wiederholung ermittelt. An dieser Stelle findet keine Festlegung von Leistungsklassen bei den Geräten statt, sondern es wird die Anzahl der Geräte in Variationen definiert. Bei einer maximalen Anzahl von drei Geräten pro Gerätetyp und 6 Gerätetypen ergeben sich 729 Variationen. Die erste Variation lautet [1, 1, 1, 1, 1, 1] und die letzte Variation [3, 3, 3, 3, 3, 3], wobei bei der letzten Variation jeder Gerätetyp dreimal auf dem Betrieb vorhanden sein dürfte. Aus dem Zusammenführen aller Traktor- und Geräte-Kombinationen ergibt sich der zu untersuchenden Lösungsraum. Mittels der Brute-Force-Methode werden 680 * 729 = 495.720 Kombinationsmöglichkeiten untersucht.

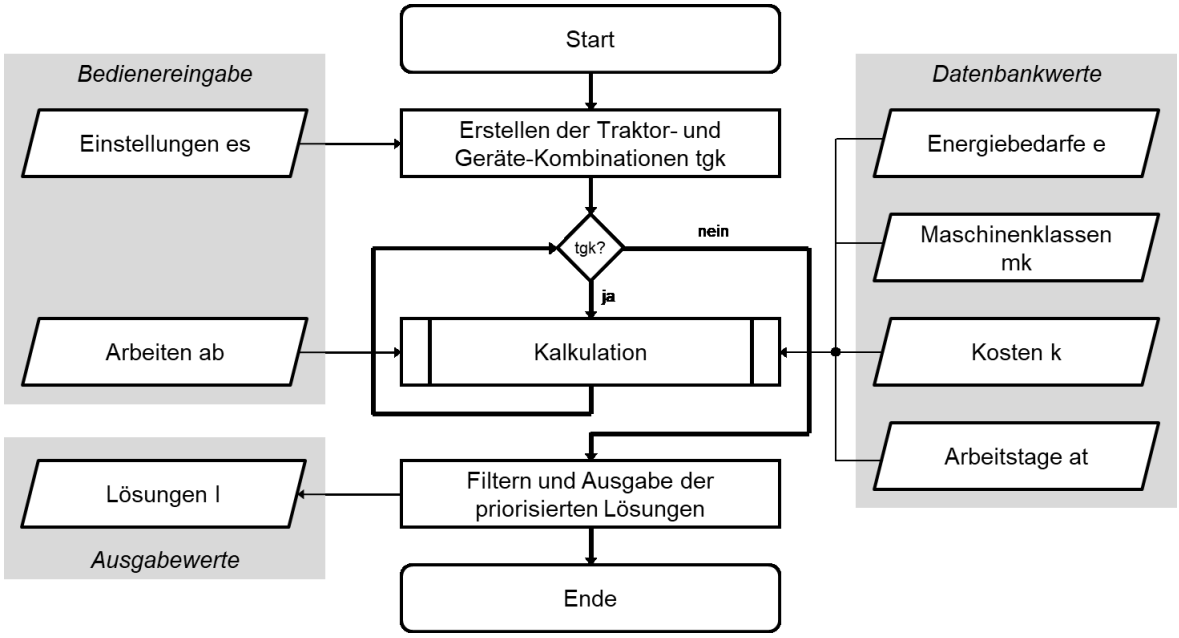


Abbildung 1: Übersicht des prinzipiellen Simulationsaufbaus

Im Rahmen der Abzweigung *tgk?* werden nacheinander alle 495.720 Kombinationsmöglichkeiten im Unterprogramm Kalkulation durchgerechnet. In der *Kalkulation* werden neben den durchzuführenden Arbeiten weitere Daten zu Kosten, Arbeitstagen oder Energiebedarfen eingeladen. Die Kombination aus Traktoren und Anbaugeräten stehen zur Verfügung. In der Kalkulation wird als erstes überprüft, ob die gewählte Kombination alle durchzuführenden Arbeiten fristgerecht abarbeiten kann. Aus den verfügbaren Arbeitstagen der einzelnen Halbmonate und der täglichen Arbeitszeit können die zur Verfügung stehenden Zeitfenster der Halbmonate errechnet werden. Beispielsweise stehen für den Halbmonat März1 fünf Arbeitstage mit je 12 Stunden zur Verfügung. Jedem Traktor stehen für den Halbmonat März1 jeweils 60 Arbeitsstunden zur Verfügung. Mittels einer Entscheidungslogik werden auf Basis aller anfallenden Arbeiten und der zur Verfügung stehenden Traktoren die Geräte bezüglich der Leistungsklasse dimensioniert. D. h. ein Gerät, welches primär von einem Traktor mit 157 kW betrieben wird, wird auf eine Leistungsklasse von 157 kW dimensioniert. Aus den Tabellenwerken des KTBL [4] oder einfachen Berechnungsgleichungen und den Kennzahlen können dem Gerät weitere Eigenschaften wie z. B. Flächenleistung oder Arbeitsbreite unter der Annahme einer definierten Arbeitsgeschwindigkeit und -tiefe hinterlegt werden. Nacheinander werden alle Arbeiten von allen Halbmonaten durchgegangen und einem Traktor zugeordnet. Da die Geräte bezüglich der Leistungsklasse dimensioniert sind, können die Arbeiten innerhalb des Halbmonats priorisiert werden. Den Arbeiten mit dem geringsten Leistungsbedarf wird der kleinste mögliche zur Verfügung stehende Traktor aus der Traktor-Kombination zugeordnet. Dem Traktor werden für den Halbmonat die entsprechenden Arbeitsstunden abgezogen, sodass ihm im März1 für die nächsten zu vergebene Arbeiten dementsprechend weniger Stunden zur Verfügung stehen. Der Vorgang wird solange wiederholt bis alle

Arbeiten des Halbmonats an einen Traktor vergeben sind. Bleiben die Arbeitsstunden der Traktoren unter den verfügbaren Stunden von 60, wird der Halbmonat als fristgerecht abgearbeitet markiert. Die weiteren Halbmonate werden analog zu dem Vorgehen abgearbeitet. Sind alle Halbmonat fristgerecht abgearbeitet, wird die Lösung im Zwischenspeicher abgelegt. Während des Prozesses werden verschiedene Kennzahlen berechnet und abgespeichert. Es stehen u. a. neben der Einsatzzeit der Traktoren und Geräte, die bearbeitete Fläche der Maschinen oder die Kosten der einzelnen Maschinen bereit. In die Gesamtkosten gehen die Maschinenkosten mit Abschreibung, Diesel sowie Reparatur und die Arbeitserledigungskosten mit dem Lohn für die Einsatzstunden ein. Eine Einordnung der Gesamtkosten wird mittels eines Referenzwertes durchgeführt. Der Referenzkosten beschreiben die Kosten für alle Arbeiten eines Jahres, wenn diese durch einen Lohnunternehmer ausgeführt sind. Die Kostensätze werden in Anlehnung an Literaturstellen ermittelt. [4, 5]

Im Schritt *Filtern und Ausgabe der priorisierten Lösungen* werden nicht praxisrelevante Lösungen aussortiert. Nicht praxisrelevante Lösungen sind z. B. Lösungen bei denen drei Traktoren vorhanden sind, letztendlich jedoch nur zwei zum Einsatz kommen würden und der dritte keine Betriebsstunde im Jahr macht. Nach der Filterung werden die Daten in eine lesbare EXCEL-Tabelle exportiert (vgl. *Abbildung 2*) und die kostengünstigste Lösung wird mit einem Maschineneinsatzplan für das gesamte Jahr dargestellt.

Durch den Aufbau einer Heuristik lässt sich die Zahl der Berechnungsdurchläufe drastisch reduzieren, was sich positiv auf die Rechenzeit auswirkt. Die Heuristik schließt vor dem Berechnungsdurchlauf eine Vielzahl an Traktor-Kombinationen aus. Als Entscheidungsgrundlage kommen verschiedene Regeln zum Einsatz. Ein erster Ansatz der Heuristik wird im Ergebniskapital getestet.

3. ERGEBNISSE

Für den in Kapitel 2.1 vorgestellten Betrieb wird die Vorgehensweise angewandt, um mögliche Maschinenzusammenstellungen zu ermitteln. Die Ausgangsbasis bilden die zu bearbeitenden Flächen in den entsprechenden Zeiträumen mit den jeweiligen Geräten. Die Abfrage beim Landwirt vor Ort wurde in einer vereinfachten Form mit ganzen Monaten als Zeiträume durchgeführt. Das Simulationsmodell berücksichtigt die zeitlichen Angaben in Halbmonaten, sodass die bearbeiteten Flächen eines Monats je zur Hälfte in den jeweiligen Halbmonaten eingehen.

Als Einstellungen für den Berechnungsdurchlauf werden eine maximale Anzahl von 3 Traktoren und maximal 3 Geräten je Gerätetyp angenommen. Für die tägliche Arbeitszeit werden 12 Stunden angenommen. Aus den zuvor genannten Randbedingungen und der Betrachtung der Traktoren sowie Geräten in bestimmten Leistungsklassen ergeben sich ca. 500.000 Kombinationsmöglichkeiten an unterschiedlichen Maschinenzusammenstellungen. Eine Vielzahl an Lösungskombinationen müssen nicht berücksichtigt werden, sodass das Simulationsmodell insgesamt 123 Berechnungen durchführt. Von den 123 Berechnungen können 28 Lösungen mit Maschinenzusammenstellungen die Arbeiten in den geforderten Zeiträumen durchführen. 17 Lösungen sind dabei kostengünstiger als der Referenzwert mittels Bearbeitung durch einen Lohnunternehmer und 11 Lösungen fallen höher als der Referenzwert aus.

Die Lösungen sind in *Abbildung 2* mit den Maschinenstunden, den Maschinen-, Arbeitserledigungs-, Gesamt- und Referenzkosten sowie den vorgeschlagenen Traktoren dargestellt. Im oberen Bereich der Abbildung sind die Lösungen zu finden, bei denen die Kosten pro Jahr kleiner als die Referenzkosten ausfallen. Im unteren Bereich sind die aus Kostensicht irrelevanten Lösungen abgebildet.

In den Lösungen finden sich Maschinenausstattungen wieder, bei denen ein, zwei oder auch drei Traktoren zum Einsatz kommen. Die Maschinenstunden im Jahr variieren zwischen 600 Stunden bei einem Traktor mit 275 kW und 2.507 Stunden bei drei Traktoren mit Leistungen zwischen 45 und 54 kW. Diese beiden Lösungen stellen zudem die minimalen und maximalen Arbeitserledigungskosten dar, da die Arbeitserledigungskosten direkt mit den Maschinenstunden zusammenhängen. Die ermittelten Referenzkosten für die Bearbeitung der Flächen durch einen Lohnunternehmer belaufen sich auf ca. 106.000 Euro. Die kostengünstige Maschinenzusammenstellung liegt bei ca. 90.000 Euro.

ID [-]	Maschinen-stunden [h]	Maschinenkosten pro Saison [€/a]	Arbeitserledigungskosten pro Saison [€/a]	Gesamtkosten pro Saison [€/a]	Referenz-kosten [€/a]	Traktor 1 [kW]	Traktor 2 [kW]	Traktor 3 [kW]
0	1.431	65.254	25.042	90.296	106.405	83	83	0
1	799	76.901	13.982	90.883	106.550	157	0	0
2	838	76.517	14.665	91.182	106.550	45	157	0
3	828	76.877	14.490	91.367	106.550	54	157	0
4	817	78.040	14.297	92.337	106.550	67	157	0
5	732	79.717	12.810	92.527	106.550	176	0	0
6	1.164	74.069	20.370	94.439	106.550	102	102	0
7	688	84.739	12.040	96.779	106.550	200	0	0
8	1.773	67.406	31.027	98.433	106.405	67	67	67
9	643	87.923	11.252	99.175	106.550	233	0	0
10	2.200	62.468	38.500	100.968	106.405	54	54	54
11	989	85.926	17.307	103.233	106.550	120	120	0
12	799	90.782	13.982	104.764	106.550	138	157	0
13	884	90.257	15.470	105.727	106.550	138	138	0
14	732	93.239	12.810	106.049	106.550	138	176	0
15	600	95.949	10.500	106.449	106.550	275	0	0
16	2.507	62.820	43.872	106.692	106.395	45	45	54
17	732	94.689	12.810	107.499	106.550	157	176	0
18	688	97.782	12.040	109.822	106.550	138	200	0
19	688	99.232	12.040	111.272	106.550	157	200	0
20	643	100.274	11.252	111.526	106.550	138	233	0
21	2.640	66.263	46.200	112.463	106.395	45	45	45
22	688	100.898	12.040	112.938	106.550	176	200	0
23	643	101.724	11.252	112.976	106.550	157	233	0
24	643	102.714	11.252	113.966	106.550	176	233	0
25	557	105.468	9.747	115.215	106.550	338	0	0
26	600	107.489	10.500	117.989	106.550	138	275	0
27	527	123.461	9.222	132.683	106.550	400	0	0

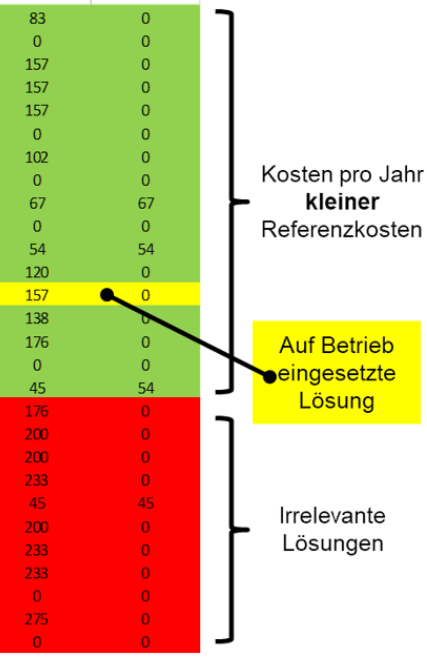


Abbildung 2: Priorisierte Lösung mit Maschinenausstattungen für den ausgewählten Betrieb

Die auf dem Betrieb eingesetzte Lösung findet sich mit der ID 12 in Gelb markiert wieder. Die Lösung befindet sich in den 17 Lösungen, welche kostengünstiger als die Referenzkosten sind. Im Vergleich zu der kostengünstigsten Lösung mit 90.296 Euro ist die auf dem Betrieb eingesetzte Lösung nach Berechnungen des Modells mit 104.764 Euro um ca. 14 % teurer. Der Lösungsvorschlag beinhaltet zwei Traktoren in den Leistungsklassen 138 kW und 157 kW. Die Wahl der teureren Lösung auf dem Betrieb hat mehrere Beweggründe. Der Landwirt möchte einen Zweittraktor für die Pflegearbeiten mit Düngerstreuer und Feldspritze einsetzen, wodurch die Lösungsvorschläge mit der ID 1, 5, 7, 9 und 15 entfallen. Eine weitere Voraussetzung ist, dass der Zweittraktor als Rückfallebene dienen soll. Es sollen möglichst alle Maschinen mit beiden Traktoren gefahren werden können. Es entfallen die Lösungsvorschläge mit der ID 2, 3 und 4. Die verbliebenen Vorschläge reduzieren sich um die Lösungen mit der ID 0, 6, 8, 10 und 16, da die Traktoren primär nicht parallel eingesetzt werden sollen, um mit einer Arbeitskraft die anfallenden Arbeiten durchzuführen. Weiterhin besteht die Möglichkeit den Betrieb auszubauen, da die Maschinenzusammenstellung durch der Einsatz eines zweiten Fahrers mehr Arbeiten erledigen kann. Unter den genannten Voraussetzungen verbleiben die Lösungsvorschläge mit der ID 11, 12, 13 und 14, von denen auf dem Betrieb die ID 12 eingesetzt wird. Unter diesen Gegebenheiten wird nach den Modellrechnungen auf dem Betrieb eine kostengünstige Lösung eingesetzt, wenn gleich die Kosten durch andere Voraussetzungen weiter reduziert werden können.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Maschinenausstattung aus der Simulation und auf dem Betrieb

Fuhrpark	Simulation	Betrieb
Traktor 1	138 kW	122 kW
Traktor 2	157 kW	154 kW
Scheibenegge	5,2 m	6,0 m
Pflug	2,6 m	2,5 m
Grubber	5,2 m	4,6 m
Drillmaschine	7,9 m	6,0 m
Düngerstreuer	36 m, 12.000 l	36 m, 2.500 l
Feldspritze	36 m, 5.000 l	36 m, 4.000 l

Eine Gegenüberstellung der ermittelten Maschinenausstattung aus Simulation und die auf dem Betrieb eingesetzten Maschinen ist in der *Tabelle 2* dargestellt. Bei den beiden Traktoren ermittelt das Simulationsmodell jeweils die nächst größere Leistungsklasse mit 138 kW bzw. 157 kW. Der leistungsstärkere Traktor ist der Primärtraktor, welcher für die Bodenbearbeitung und Aussaat im März, August, September und Oktober eingesetzt wird. Der Sekundärtraktor wird ganzjährig für die Pflegemaßnahmen eingesetzt und kann bei Arbeitsspitzen im August, September und Oktober in der Bodenbearbeitung auf den leichteren Böden des Betriebes unterstützen. Die Zuordnung der Traktoren und der Geräte stimmt aus der Simulation und Realität überein. Die vorgeschlagenen Anbaugeräte des Simulationsmodells weichen geringfügig von der Realität ab. Beim Pflug und der Feldspritze stimmen die Maschinenklassen überein, bei der Scheibenegge und Grubber wird die nächstkleinere bzw. -größere gewählt und bei der Drillmaschine weicht die Maschinenklasse um 2 Größenordnungen ab. Die größte Abweichung gibt es beim Düngerstreuer. Da im Modell eine möglichst gut geeignete Traktor-Geräte-Kombination ausgewählt wird und der Sekundärtraktor mit 138 kW festgelegt wurde, wird dem Sekundärtraktor ein dementsprechend großer Düngerstreuer zugeordnet. Der auf dem Betrieb eingesetzte Düngerstreuer ist im Modell für Traktoren mit einer Leistungsklasse von 83 kW hinterlegt. Zum Zeitpunkt der Anschaffung des Düngerstreuers wurde als Sekundärschlepper ein 102 kW Traktor eingesetzt, wodurch sich die Dimensionierung des Düngerstreuers erklären lässt.

4. FAZIT UND AUSBLICK

Aus den dargestellten Ergebnissen ist ersichtlich, dass praxisrelevante Maschinenzusammenstellungen für individuelle Betriebe berechnet werden können. Als Ergebnis liegt eine Liste mit priorisierten Lösungsvorschlägen vor, welche vom Anwender im Detail zu analysieren ist. Die Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen Lösungen sind vom Anwender abzuwägen und ggf. eigene Prioritäten zu setzen. Das gezeigte Vorgehen kann dem Landwirt bzw. Berater die Entscheidungsfindung für Neuanschaffungen von Maschinen erleichtern, in dem unterschiedlichste Maschinenzusammenstellungen ermittelt und vorgeschlagen werden. Die interessanten Lösungen können vom Anwender im Detail mit eigenen Kennzahlen des Betriebes und eigenen Berechnungsmethoden gegengerechnet werden, sodass die betriebswirtschaftlichen Aspekte für den Betrieb abgesichert sind.

Im nächsten Schritt werden weitere Betriebe in einen Testlauf eingebunden, um das Vorgehen weiter zu plausibilisieren und abzusichern. Den Betrieben werden die priorisierten Listen mit Maschinenzusammenstellungen zur Verfügung gestellt und in Diskussionen die Ergebnisqualität überprüft. Neue Erkenntnisse können ggf. ins Modell einfließen und eine Weiterentwicklung des heuristischen Ansatzes wird erfolgen.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Hell, K. W.: Die Ermittlung der optimalen technischen Ausstattung von Ackerbaubetrieben mit Hilfe der linearen Optimierung. Grundlagen der Landtechnik Band 19 (1969) Nr.1, S. 5-8.

[2] Wolak, F. J.: Development of a Field Machinery Selection Model. Ph. D. Thesis. Michigan State University. Department of Agricultural Engineering. 1981.

[3] Butani, K. M.; et al.: Decision support system for the selection of agricultural machinery with a case study in India. Computer and Electronics in Agriculture 10 (1994). S. 91-104.

[4] KTBL (2016): Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 25. Auflage, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., ISBN 978-3-945088-19-7.

[5] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Erfahrungssätze für überbetriebliche Maschinenarbeiten 2014. Broschüre.

Praktisches Management von Preisrisiken in der Getreidevermarktung

Martin Ziegelbäck
Saatbau Preisgut GmbH, Leonding, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

DAS MANAGEMENT VON PREISRISIKEN IST SOWOHL IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN AUSBILDUNG ALS AUCH IN DER ANGEWANDTEN PRAXIS UNTERREPRÄSENTIERT. DAS ZEIGEN SOWOHL UMFRAGEN ALS AUCH WISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN ZUR RISIKOSENSITIVIÄT BEI GETREIDEPRODUZENTEN. DURCH DIE ZUNEHMENDE DIGITALISIERUNG ENTSTEHEN MÖGLICHKEITEN, DIE EINE STEUERUNG DER UNTERNEHMERISCHEN (PREIS-)RISIKEN PRAKTIKABEL MACHEN. IN DIESEM BEITRAG WERDEN ZWEI LÖSUNGEN VORGESTELLT, DIE IN DIE GRUPPE DER ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGSSYSTEME EINGEORDNET WERDEN KÖNNEN. DIE FRAGE, OB DIESE SYSTEME DEN OPERATIVEN ERWARTUNGSWERT IN DER GETREIDEPRODUKTION ERHÖHEN KÖNNEN, KANN ABER NICHT ABSCHLIESSEND BEANTWORTET WERDEN.

1. EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren wurde in der landwirtschaftlichen Agrarproduktion das Risikomanagement als ein entscheidendes Fach der landwirtschaftlichen Unternehmensführung erkannt. Auch im deutschsprachigen Raum wurden dazu einige Arbeiten veröffentlicht. Geht es in einigen Publikation vordergründig darum, eine vollständige Klassifizierung vorzunehmen (Weiske, 2010; Hirschauer und Mußhoff, 2012), zielen andere wiederum auf die Evaluierung der verschiedenen Risikopotentiale in Verarbeitungsbetrieben ab (Scharner und Pöchtrager, 2012). Angepasst an die Österreichische Agrarstruktur wurde 2016 von der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft ein strukturierte Zusammenschau zu *Risiken und Risikomanagement in der Landwirtschaft* herausgegeben (Hambrusch, Heinschink, Tribl, 2016). Dieser Leitfaden für Beratungsgespräche hat aber nicht den Anspruch, betriebsspezifische Handlungsempfehlungen oder Risikomanagementpläne zu bieten.

Insgesamt scheint es vielen Arbeiten zu genügen, ihre Untersuchungen auf die Berechnung eines Risikowertes als Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß in einer Risikomatrix darzustellen. Dies mag zur Evaluierung von Risiken eine taugliche Methode sein, bietet aber nur wenig Unterstützung bei anstehenden betrieblichen Entscheidungen, vor allem weil dieser Risikowert selten objektiv ist und durch die Risikopräferenz des Schätzers in der Regel verzerrt wird.

Eine wichtige Klasse der Unternehmensrisiken in der Landwirtschaft sind die (Markt-)Preisrisiken auf den Produktmärkten bzw. auf Faktormärkten. Durch die hohe Eintrittswahrscheinlichkeit sind die Preisrisiken für Getreideproduktionsbetriebe jene mit dem höchsten Risikowert. Deshalb sind Untersuchungen über Strategien zur Erhöhung des Erwartungswertes des gesamtbetrieblichen Deckungsbeitrages von großer Relevanz.

Dieser Beitrag möchte die derzeitigen Möglichkeiten darstellen, ob und wie Preisrisiken mit praxistauglichen Lösungen gesteuert werden können und der Erwartungswert in getreideproduzierenden Betrieben erhöht werden kann.

2. MATERIAL UND METHODE

Getreideproduzenten beschäftigen sich zurzeit nur wenig oder überhaupt nicht mit Methoden und Strategien zur Entscheidungsfindung in riskanten Märkten.

2016 ergab eine Befragung von 191 Entscheidern zur Getreidevermarktung folgendes Bild zur Informationsbeschaffung als Grundlage zur Entscheidungsfindung beim Getreideverkauf:

Als Vermarktungsinstrumente nutzen die befragten Landwirte vor allem den sofortigen Verkauf (ex Ernte) (71 %) und Vorkontrakte (67 %). 15 % gaben an auch über Prämienkontrakte zu vermarkten. Nur 4,4 Prozent nutzen eine Preisabsicherung über Terminkontrakte oder eine Mindestpreisabsicherung über Optionen an der Matif.

Die meisten Landwirte gaben an, das Getreide ab ab Feld (42 %) in einem Umkreis bis 20 km zu vermarkten. 93 % der Probanden holen Angebote von Handelspartnern ein, bevor sie ihr Getreide vermarkten. Von diesen holen 45 % Angebote von mindestens drei Handelspartnern ein.

Um sich rund um das Thema Getreidevermarktung zu informieren, lesen 87 % der Probanden Fachartikel bzw. Fachzeitschriften. 82 % der Probanden recherchieren im Internet. 71 % der Probanden beobachten die Getreidepreisentwicklungen am Markt kontinuierlich.

Als wichtigste Informationsquelle geben die Probanden das Internet (47 %) an, gefolgt von Börsendaten (20 %). Als zweitwichtigste Informationsquelle bezeichnen sie den Handel (38 %) (agrarheute; 2016).

Diese Umfrage zeigt deutlich, dass Entscheidungen in der Regel ein subjektives Ergebnis von beschafften Meinungen und Einschätzungen sind, wobei die Quellen dieser Informationen wenig vielfältig sind. Erstaunlicherweise gibt es in dieser Befragung keinen Hinweis darauf, dass Entscheidungen einer systematische Strategie bzw. Taktik folgen, wie es zum Beispiel in Entscheidungsunterstützungssystemen geschieht. Entscheidungsunterstützungssysteme, oder engl. Decision Support Systems (DSS) werden allgemein als Softwaresysteme definiert, die für menschliche Entscheidungsträger für operative und strategische Aufgaben relevante Informationen ermitteln, aufbereiten, übersichtlich zusammenstellen und bei der Auswertung helfen.

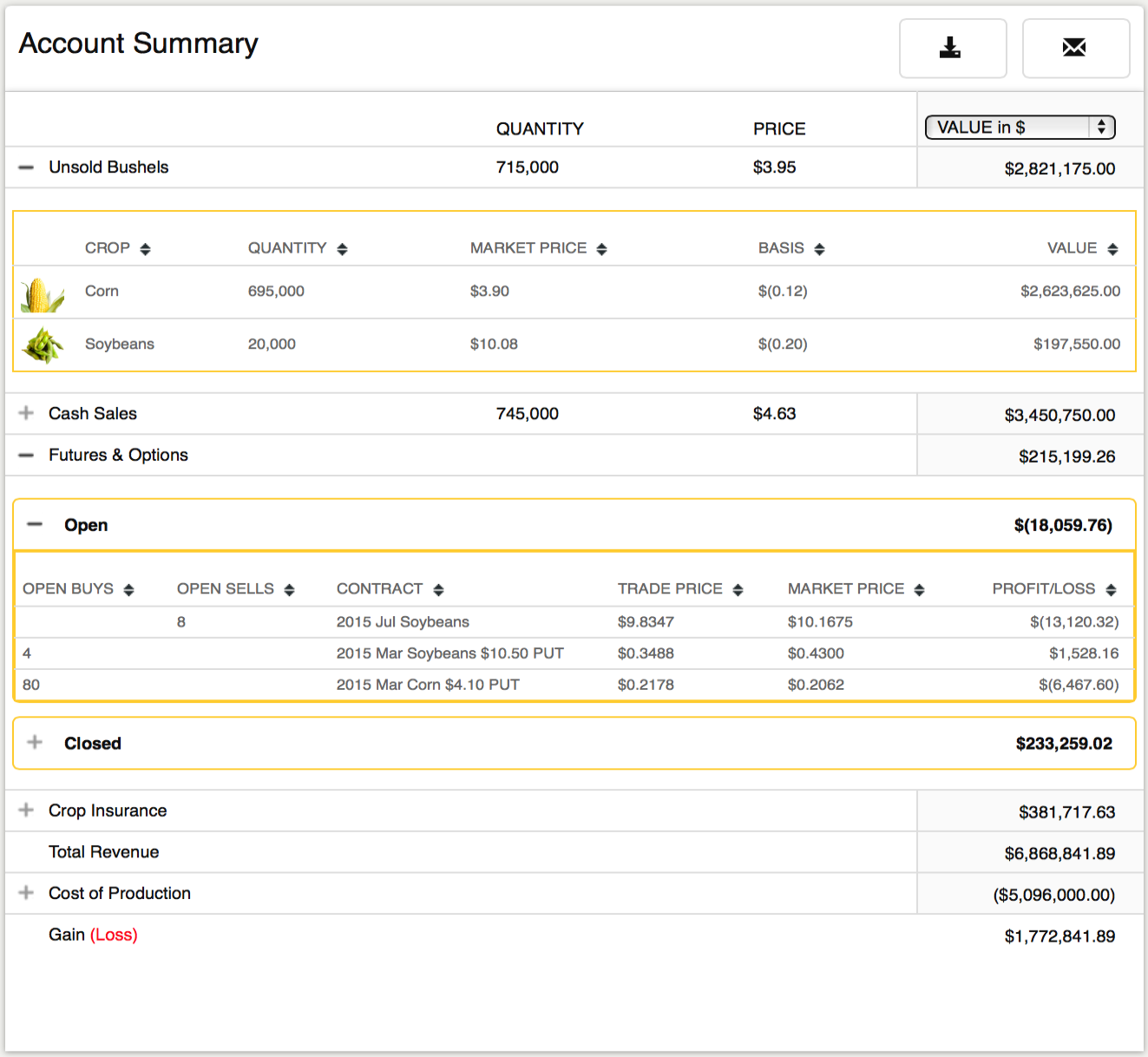
In den folgenden Kapiteln 2.1 und 2.2 werden zwei Softwarelösungen für Getreideproduzenten vorgestellt, die den Anspruch erheben, dem Anwender eine vollständige Zusammenstellung aller objektiven Informationen zur Steigerung der Entscheidungseffizienz in der Getreidevermarktung bereitstellen zu können, und so den Erwartungswert des Deckungsbeitrages erhöhen zu können.

2.1 AGYield Revenue Manager

Diese Lösung ist eine webbasierte Lösung für Getreideproduzenten mit der höchsten Verbreitung im angloamerikanischen Raum. Die Nutzer (Landwirte) sind in der Lage, tägliche Wertveränderungen ihres Lagerbestandes oder ihrer Terminmarktpositionen zu dokumentieren. www.agyield.com

Grundlage dafür ist die Berechnung des Deckungsbeitrages, wobei die Produktionskosten manuell auf die entsprechenden Kulturarten umgelegt und eingetragen werden müssen. Ebenso muss eine Bewertung der Lagerbestände und der Kassapreise vom Benutzer vorgenommen werden. Terminmarktpositionen werden automatisch importiert.

Des Weiteren erfolgt eine aktualisierte Berechnung der für die USA typischen Erlösversicherung „Crop insurance“.



Account Summary

	QUANTITY	PRICE	VALUE in $
− Unsold Bushels	715,000	$3.95	$2,821,175.00

CROP	QUANTITY	MARKET PRICE	BASIS	VALUE
Corn	695,000	$3.90	$(0.12)	$2,623,625.00
Soybeans	20,000	$10.08	$(0.20)	$197,550.00

+ Cash Sales	745,000	$4.63	$3,450,750.00
− Futures & Options			$215,199.26

− Open **$(18,059.76)**

OPEN BUYS	OPEN SELLS	CONTRACT	TRADE PRICE	MARKET PRICE	PROFIT/LOSS
	8	2015 Jul Soybeans	$9.8347	$10.1675	$(13,120.32)
4		2015 Mar Soybeans $10.50 PUT	$0.3488	$0.4300	$1,528.16
80		2015 Mar Corn $4.10 PUT	$0.2178	$0.2062	$(6,467.60)

+ Closed **$233,259.02**

+ Crop Insurance	$381,717.63
Total Revenue	$6,868,841.89
+ Cost of Production	($5,096,000.00)
Gain (Loss)	$1,772,841.89

Abbildung 1: Betriebszusammenfassung als Summe der Deckungsbeiträge aller Kulturarten

Neben einer Simulation von verschiedenen Vermarktungsschritten gibt es auch ein DSS (Decision Support System) – Modul. Dieses Modul erlaubt es dem Getreideproduzenten seine Ziele hinsichtlich Profitabilität, Preisrisiko, Kapitalbedarf zu definieren. Innerhalb dieser Vorgaben kann das DSS Modul durch eine lineare Optimierung den Erwartungswert maximieren. Durch eine ständige Bewertung des aktuellen Portfolios erfolgt eine sofortige Korrektur der Positionen sowohl am physischen Markt als auch am Terminmarkt.

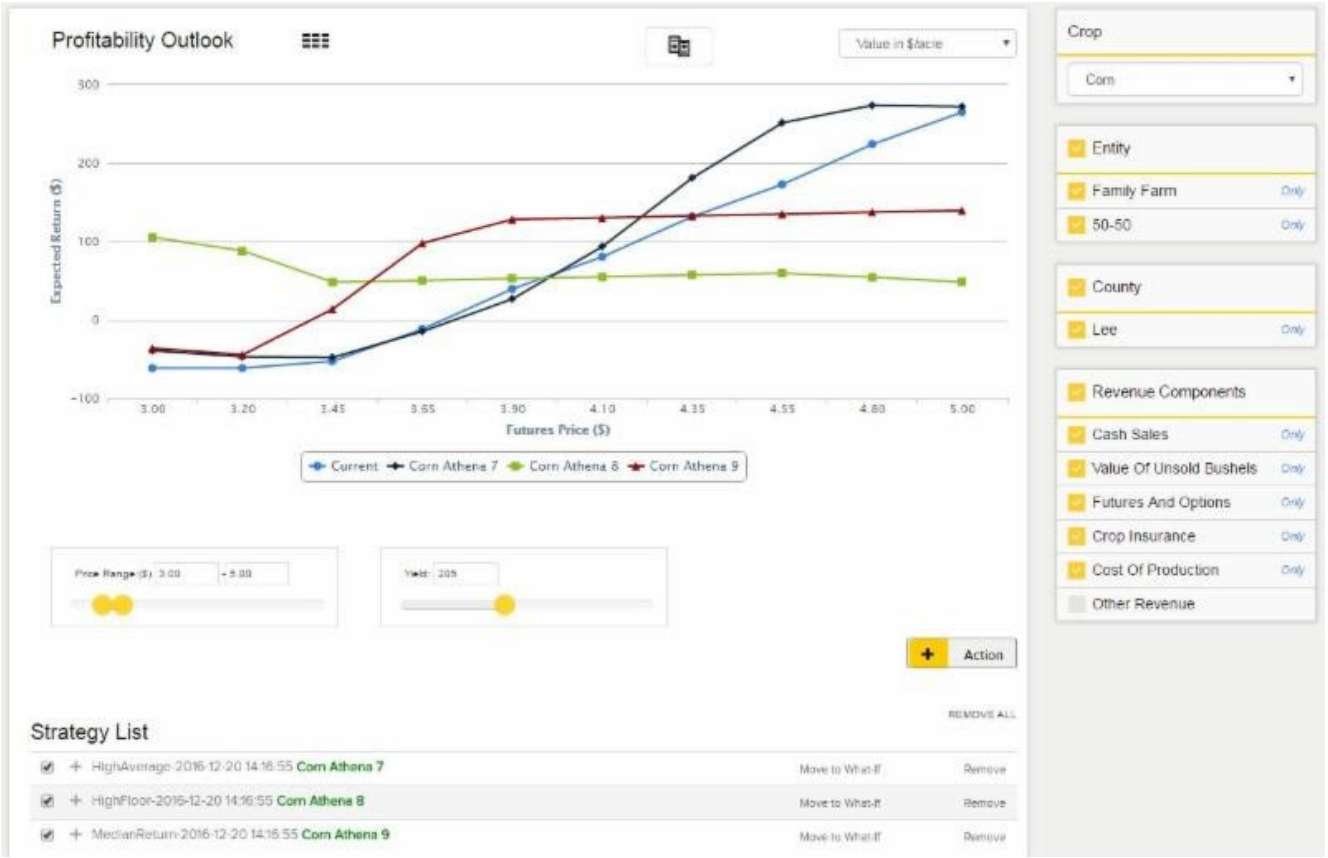


Abbildung 2: Profit pro Flächeneinheit für verschiedene Preisniveaus

Eine ebenfalls sehr interessante Funktion im Hinblick auf Entscheidungsunterstützungssysteme ist das sogenannte Benchmarking. Dabei wird die Portfolioeffizienz der betrieblichen Getreidevermarktung mit dem durchschnittlichem Marktverhalten verglichen. Das durchschnittliche Marktverhalten wird in diesem Fall durch den Preis eines bestimmten Agrargutes an einer Terminbörse beschrieben.

Diese Funktion ermöglicht es zumindest ex-post, die Effizient der getätigten Vermarktungsentscheidungen zu vergleichen. Somit entsteht die Möglichkeit, vergangene Entscheidungen qualitativ in die Überlegungen für kommende Vermarktungsschritte einzubeziehen.

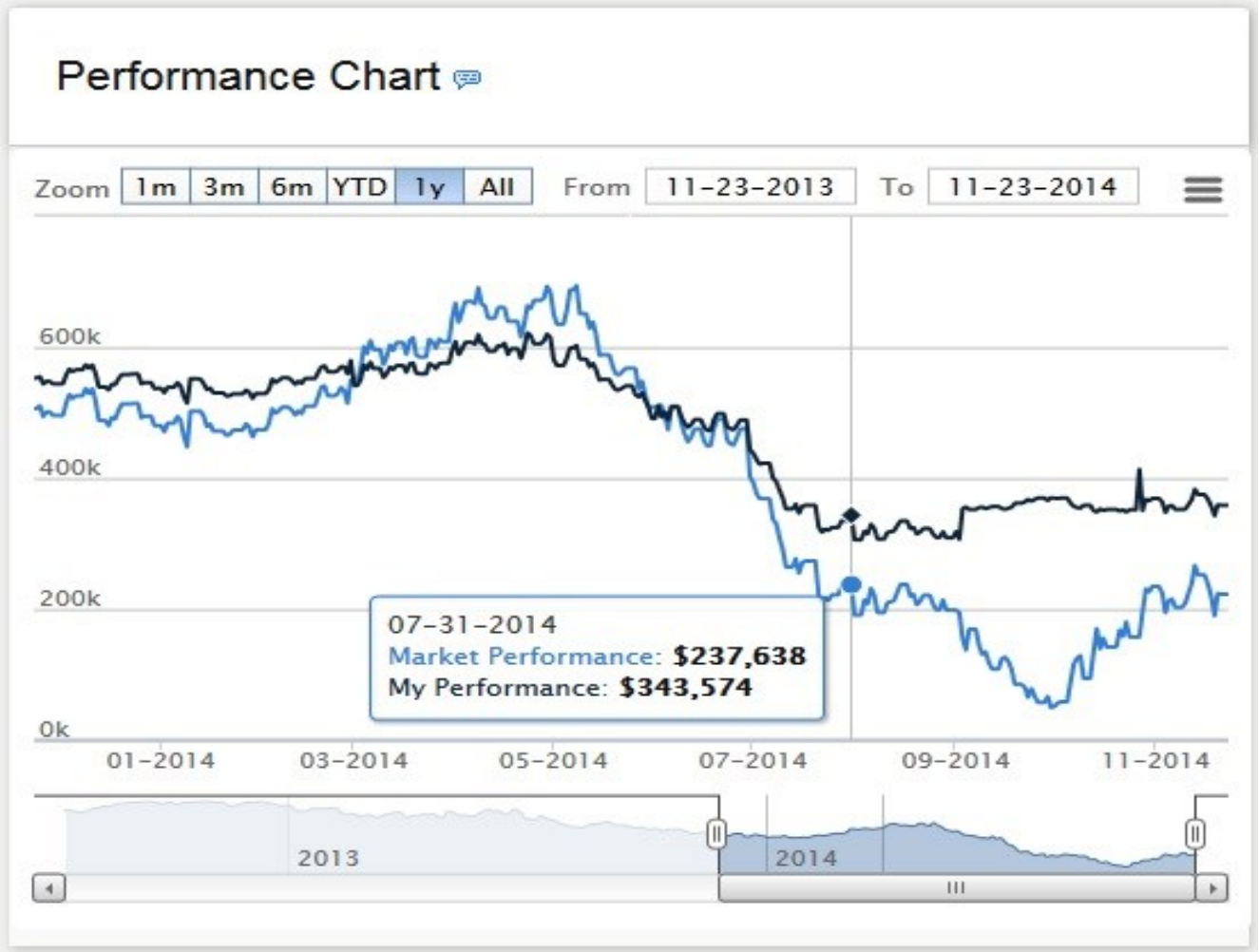


Abbildung 3: Effizienz der betrieblichen Getreidevermarktung

2.2 Saatbau Profit Manager

Ebenfalls als SAAS (Software as a Service) von der SAATBAU Preisgut GmbH konzipiert, wird diese Risikomanagementlösung als Erweiterung für bestehende Ackerschlagkarteien (field management program) verwendet. www.hedging.eu

Für den Nutzer ergibt sich daraus der Vorteil, dass sämtliche Stammdaten wie Schläge, Fruchtarten, variable Kosten etc. nicht wiederholt eingepflegt werden müssen. Zusätzlich werden Notierungen der Terminkontrakte, Kassapreise und für die aktuelle Bewertung des Portfolios herangezogen.

Ebenso wie bei seinem US-amerikanischem Gegenstück werden alle verfügbaren Informationen zum Markt und zum Vermarktungsstand ein einer Deckungsbeitragsrechnung zusammengeführt. Dabei wird die verbleibende Unsicherheit hinsichtlich der erwarteten Erntemenge und Verkaufspreis durch eine Dreiecksverteilung (min, max, most likely) beschrieben.

Im Ergebnis wird in einer sogenannten Profit-Matrix für jede Kulturart der Gewinn/Verlust pro Hektar dargestellt. So wird sowohl die Information über die Rentabilität einer Kulturart als auch die Risikosensitivität der Produktion grafisch dargestellt.

VERMARKTUNG > PROFIT-MATRIX

KULTURART: WINTERWEICHWEIZEN 12 - 13% RP

Profit-Matrix | Rechenwerte | Kontrakt-Chart

Profit-Matrix: Erwarteter Gewinn unter Berücksichtigung des aktuellen Vermarktungsstandes [€/ha]

Kurs des Terminkontraktes [€/t]
geschätzter Verkaufspreis [€/t]

Ertrag [t/ha]	116.00 101.00	126.00 111.00	136.00 121.00	146.00 131.00	156.00 141.00	166.00 151.00	176.00 161.00	186.00 171.00	196.00 181.00	206.00 191.00	216.00 201.00
7.1	-477	-406	-335	-264	-193	-122	-51	20	91	162	233
7.4	-447	-373	-299	-225	-151	-77	-3	71	145	219	293
7.7	-417	-340	-263	-186	-109	-31	46	123	200	277	354
8.0	-386	-306	-226	-146	-66	**14**	94	174	254	334	414
8.3	-356	-273	-190	-107	-24	59	142	225	308	391	474
8.6	-326	-240	-154	-68	18	104	191	277	363	449	535
8.9	-295	-206	-117	-28	61	150	239	328	417	506	595
9.2	-265	-173	-81	11	103	195	287	379	471	563	655
9.5	-235	-140	-45	50	145	240	335	431	526	621	716
9.8	-204	-106	-8	90	188	286	384	482	580	678	776
10.1	-174	-73	28	129	230	331	432	533	634	735	836

Abbildung 4: Profit Matrix mit Gewinn pro ha und Risikosensitivität

Im nächsten Schritt können über eine Was-wäre-wenn Analyse fünfzehn verschiedene Vermarktungsstrategien simuliert werden. Das wahrscheinlichste Ergebnis wird ebenfalls in einer Profit-Matrix dargestellt. So entsteht ein direkter Vergleich zwischen einer No-hedge Strategie und einer gewählten Alternative. Zu beachten ist, dass hier keine Strategien vorgeschlagen werden, aber die unterschiedlichen Möglichkeiten in vier verschieden Erwartungen gruppiert werden. Diese Erwartungen spiegeln in der Hauptsache das Verhältnis zwischen physischen Preisen und Terminnotierungen wieder.

GEWINNERWARTUNG > WAS-WÄRE-WENN ANALYSE

2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020

Erwartung: Terminnotierungen steigen stärker als die Kassapreise

- Prämien-Kontrakt & optionale Einlagerung
- Prämien Kontrakt mit Mindestpreisklausel & optionale Einlagerung
- Getreideverkauf vor oder während der Ernte & Kauf von Terminkontrakten
- Getreideverkauf vor oder während der Ernte & Kauf von CALL Optionen
- Getreideverkauf vor oder während der Ernte & Kauf eines CALL-Optionsspreads

Erwartung: Kassapreise steigen stärker als die Terminnotierungen

- Getreide einlagern ohne Absicherung - Eigenlager oder Fremdlager
- Abwarten

Erwartung: Kassapreise fallen stärker als die Terminnotierungen

- Getreideverkauf ab Lager oder als Vorkontrakt
- Kauf von PUT Optionen & Abschluss eines Prämien-Kontraktes
- Verkauf von Terminkontrakten & Abschluss eines Prämien-Kontraktes

Erwartung: Terminnotierungen fallen stärker als die Kassapreise

- Verkauf von Terminkontrakten & optionale Einlagerung
- Kauf von PUT Optionen & optionale Einlagerung
- Kauf von PUT Optionsspreads & optionale Einlagerung
- Kauf eines Bandbreitenmodells (Fence) & optionale Einlagerung
- Verkauf von gedeckten CALL Optionen & optionale Einlagerung

Legende:
grün = Reduktion des Preis-Risikos
blau = Reduktion des Basis-Risikos
orange = Spekulative Hedging-Alternative

Abbildung 5: Simulation von 15 verschiedenen Vermarktungsstrategien

In einer neuen Anwendung wird von sogenannten Zonenkarten (Darstellungskarten, die innerhalb eines Schlages Teilflächen mit ähnlichem „Normalized Diffence Vegetation Index, NDVI“ zu einer gewählten Anzahl von Zonen zusammenfassen), auf den erwarteten Gewinn oder Verlust [€/ha] einer bestimmten Zone geschlossen. So können Teilflächen bestimmt werden, die bei gegebener Ertragserwartung und signalisiertem Preisniveau einen negativen Deckungsbeitrag bzw. Gewinn pro Hektar erwarten lassen. So können zum Beispiel Flächen für Greening optimal zugeordnet werden.

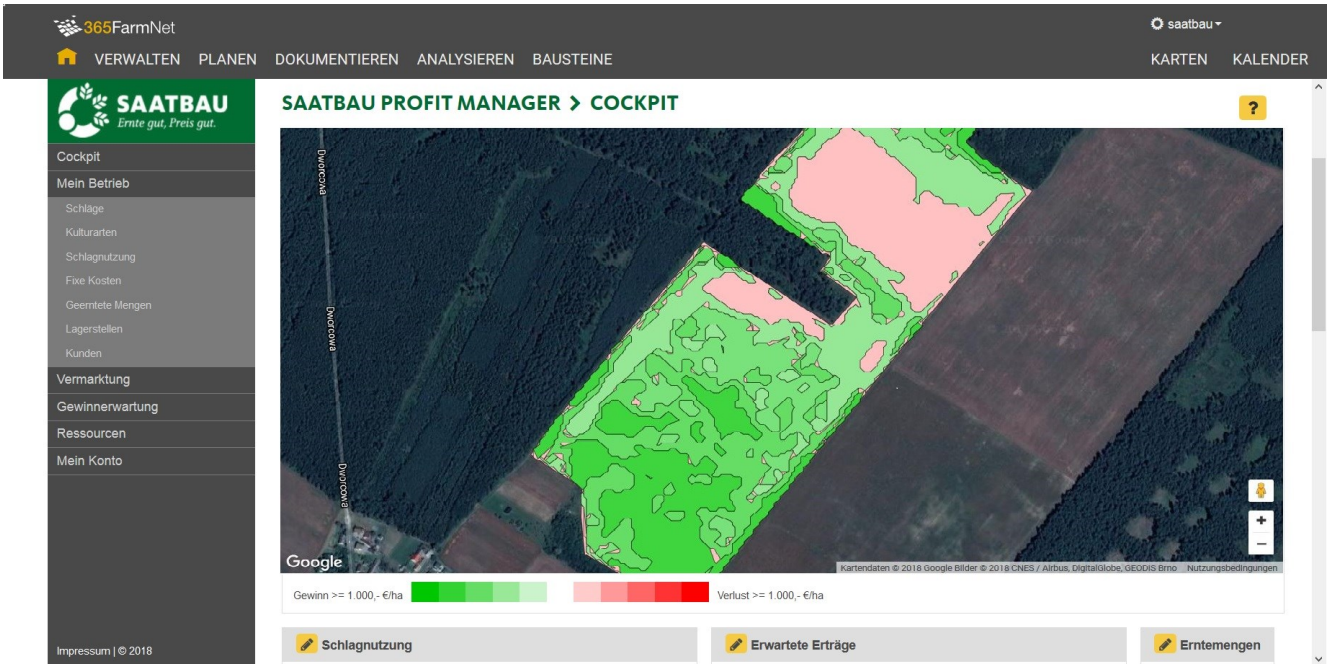


Abbildung 6: Identifikation von unrentablen Teilflächen

3. ERGEBNISSE

3.1 Betriebswirtschaftliche Digitalisierung des Ackerbaus

Viele wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich mit dem Thema „Digitalisierung in der Landwirtschaft“. Der Fokus wird dabei sehr oft auf die Produktion und der Einsatz von digitaler Datenverarbeitung im Bereich der Außenmechanisierung („precision farming“). In der Diskussion vernachlässigt wird jedoch oftmals, dass gleichzeitig auch eine Digitalisierung der Agrarmärkte erfolgt. Diese erlaubt es dem unternehmerischen Entscheider, Marktrisiken aktiv zu steuern und den Erwartungswert der Produktion zu optimieren.

In diesem Beitrag werden zwei Anwendungen vorgestellt, die eine Umsetzung der „Landwirtschaft 4.0“ in die Praxis unterstützen. Beide Lösungen verfolgen den Ansatz der Bündelung und Strukturierung aller vorhandenen Marktinformationen.

3.2 Möglichkeiten des Einsatzes von Entscheidungsunterstützungssystemen

Sie Software AGYield bietet eine Funktion, die laut Definition als Entscheidungsunterstützungssystem betrachtet werden kann. Innerhalb von vorgegebenen Restriktionen wird eine optimale Vermarktungsstrategie errechnet. Begrenzt wird diese Strategie durch die Risikosensitivität des Entscheiders. Die Lösung beinhaltet also keine Markterwartung. Der SAATBAU Profit Manager zielt hingegen auf Frage der ökonomisch sinnvollen Anlage von Greeningflächen ab. Unrentable Zonen können bildlich identifiziert werden und so die Allokation von Stilllegungsflächen unterstützen. Diese Funktion kann ebenfalls in die Kategorie DSS eingeordnet werden.

4. DISKUSSION

Ein Fortschreiten der Digitalisierung in der Landwirtschaft wird ausreichend diskutiert und ist hinlänglich bekannt. Abseits der digitalen Datenverarbeitung in der Pflanzen und Tierproduktion ist die Frage interessant, inwiefern eine Veränderung hin zu elektronischen Märkten Auswirkungen auf das Entscheidungsverhalten der Landwirte haben wird. Durchaus denkbar sind Szenarien, in denen Entscheidungen zum Risikomanagement und zur Getreidevermarktung durch einen Algorithmus bestimmt werden. Besonders in Einheiten, die nicht durch den Eigentümer geführt werden, können etwaige Zielvorgaben ohne Verzerrungen durch subjektives Risikoempfinden genauer umgesetzt werden. Findet dieser Trend statt, besteht aber die Gefahr von raschen und nicht erklärbaren Preisbewegungen, wie sie bereits jetzt durch automatisierten Handel bekannt sind. In weiteren Untersuchungen sollte empirisch bestimmt werden, ob und wie sehr sich der Erwartungswert des operativen Unternehmensgewinnes durch die Verwendung von Risikosteuerungssystemen verändert.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Weiske (2010): Die Nutzung von Warenterminkontrakten bei der Absicherung gegen. Preisänderungsrisiken.

[2] Hirschauer, Musshoff (2012): Risikomanagement in der Landwirtschaft, AgriMedia Verlag.

[3] Scharner, Pöchtrager (2014): Risikoeinstellung und Risikowahrnehmung von MilchproduzentInnen in Österreich, ÖGA Tagungsband 2014

[4] Hambrusch, Heinschink, Tribl (2016): Beratungsunerlage „Risiken und Risikomanagement in der Landwirtschaft“, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien

[5] Umfrage durchgeführt vom Deutschen Landwirtschaftsverlag (2016), einzusehen unter www.agrarheute.de

Analyse von Verfahren in der Streuwiesenpflege

Albert Stoll
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden mechanische Landschaftspflegeverfahren auf überwiegend klein strukturierten Streuwiesen dokumentiert und hinsichtlich ihrer Prozesszeiten analysiert. Damit sollten die Daten etablierter Verfahren aktualisiert und eine erste Datenbasis für neuere Verfahren geschaffen werden. Es wurden Mäharbeiten mit Doppelmesserbalken und Rotationsmähwerken, Schwadarbeiten mit Bandrechen und 2-Kreisel-Seitenschwader, Bergearbeiten mit Ladewagen und Rundballenpresse sowie kombinierte Mäh- und Bergeverfahren betrachtet. Als Antriebsmaschinen kamen Einachs- und Standardtraktoren sowie Raupenfahrzeuge zum Einsatz. Jeder Einsatz wurde zeitlich gegliedert und es wurden Kennwerte, z. B. für typische Fahrgeschwindigkeiten und Flächenleistungen ermittelt und in Bezug zur KTBL-Datensammlung gesetzt. Abschließend werden die Verfahren bewertet.

1. EINLEITUNG

Streuwiesen sind eine Grünlandform, die in der Vergangenheit durch eine besondere Art der Nutzung entstanden ist. So handelt es sich in der Regel um extensiv genutztes Feuchtgrünland, das einmal im Jahr im Zeitraum Spätsommer bis Winter gemäht wurde. Das Erntegut wurde als Einstreu benutzt. Streuwiesen sind im Voralpenraum und in Mittelgebirgslagen zu finden. Eine ausführliche Charakterisierung ist z. B. im Landschaftspflegekonzept Bayern gegeben [1]. Streuwiesen stellen einen wichtigen Lebensraum für seltene Pflanzen- aber auch für Tierarten dar. Durch die Strukturveränderungen der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten haben Streuwiesen als landwirtschaftliche Nutzfläche an Bedeutung verloren. Um sie aber als artenreichen Lebensraum zu bewahren, müssen diese gepflegt werden. Eine Möglichkeit ist die mechanische Landschaftspflege durch Landwirte, spezialisierte Betriebe in privater oder öffentlicher Hand und Naturschutzverbände. Die dabei typischerweise eingesetzten Maschinen und Geräte werden in [2] beschrieben.

Sollen Pflegemaßnahmen zum Beispiel aufgrund neuer naturschutzfachlicher Erkenntnisse eingeführt oder geändert werden, ist die Vertragsgestaltung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer nicht zuletzt aufgrund der sehr unterschiedlichen Einsatzbedingungen schwierig. Zwar liegen entsprechende Nachschlagewerke zur Abschätzung der Verfahrenskosten beispielsweise vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) vor [3], allerdings wurden die Maschinen und Geräte in den letzten Jahren weiter entwickelt und es sind neue Maschinenkonzepte hinzugekommen, zu denen es bis jetzt nur eingeschränkt Daten zur Abschätzung von Prozesszeiten gibt. Kenndaten für landwirtschaftliche Arbeiten, wie sie beispielsweise in [4] zusammengestellt sind, lassen sich nur eingeschränkt auf die Landschaftspflege übertragen. Unter anderem weichen die Fahrbahneigenschaften, die Parzellengrößen und -formen sowie die Aufwuchsmassen sehr von typischen landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen ab. Aus diesem Grund sollten die Prozesszeiten etablierter Landschaftspflegeverfahren aktualisiert werden und neuere Verfahren mit aufgenommen werden. Es wurden Mäh-, Schwad- und Bergeverfahren betrachtet. Das Ziel der Untersuchungen war es, den Arbeitszeitaufwand von Verfahren in der Streuwiesenpflege gegliedert in einzelne Teilzeiten bei regulär stattfindenden Einsätzen unter üblichen Randbedingungen zu ermitteln. Zusätzlich sollten weitere Merkmale wie zum Beispiel typische Fahrgeschwindigkeiten oder Rüstzeiten ermittelt werden. Diese Kennwerte sollen dazu dienen, Modellrechnungen durchzuführen oder konkrete neue Einsätze abzuschätzen.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Untersuchte Maschinen und Geräte

Die betrachteten Maschinen und Geräte sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Einachstraktoren mit Doppelmesserbalken wurden in verschiedenen Leistungs- und Ausstattungsklassen betrachtet. Alle waren mit Benzinmotoren ausgestattet, die leistungsstärkeren Modelle hatten einen stufenlos steuerbaren hydrostatischen Fahrantrieb. An den Standardtraktoren waren die ausschließlich hydraulisch betriebenen Doppelmesserbalken im Frontkraftheber oder Heckkraftheber entweder als Einzelgerät oder als Front-Heck-Kombination montiert. Alternativ dazu wurden auch Rotationsmähwerke betrachtet.

Neben den Bandrechen wurden auch 2-Kreisel-Seitenschwader ohne zusätzliches Transportfahrwerk analysiert. Ihre Bauform erlaubt eine variable Einstellung der Arbeitsbreite auch während der Arbeit. Aus diesem Grund wird hier nur die Breite der Kreisel angegeben. Die Bergeverfahren umfassen das Rundballenpressen, das Laden mit Ladewagen, sowie kombinierte Mäh- und Berge-Verfahren auf Basis eines Traktors oder Raupenfahrzeugs. Die Verfahren zum Verteilen oder Einlagern des Erntegutes waren nicht mehr Bestandteil der Untersuchungen.

Tabelle 1: Untersuchte Maschinen-Geräte-Kombinationen

Maschinen-Geräte Kombination	**Leistung**	**Arbeitsbreite / Ladevolumen**
Mähverfahren		
Einachstraktor mit Doppelmesserbalkenmähwerk	7 bis 12 kW	1,50 bis 2,00 m
Standardtraktor mit Doppelmesserbalkenmähwerk	37 bis 74 kW	2,40 bis 4,70 m
Standardtraktor mit Rotationsmähwerk (z. T. mit Förderband)	63 bis 100 kW	3,20 bis 8,70 m
Schwaden		
Einachstraktor mit Bandrechen	10 bis 13 kW	2,00 bis 2,40 m
Standardtraktor mit Bandrechen	48 bis 74 kW	2,10 bis 2,80 m
Standardtraktor mit 2-Kreisel-Seitenschwader	63 bis 74 kW	2x 2,80 bis 2x 3,00 m
Bergen		
Standardtraktor mit Ladewagen	37 bis 96 kW	19 bis 21 m³
Raupenfahrzeug mit Rotationsmähwerk und Ladebunker	125 bis 240 kW	2,00 bis 2,80 m / 10 m³
Rundballenpresse	73 bis 100 kW	∅1,25 bis ∅1,50 m

2.2 Vorgehen bei der Verfahrensbeobachtung

Der Arbeitszeitaufwand wurde bei regulär stattfindenden Einsätzen dokumentiert. Die Einsätze wurden in der Regel durch eine Beobachtungsperson begleitet. Die Fahrwege und Fahrgeschwindigkeiten der Maschinen wurden mit einem GPS-Empfänger erfasst. Die bearbeiteten Flächen wurden nach den Einsätzen mit einem GPS-Empfänger vermessen. Um die Einsatzzeit sekundengenau gliedern zu können, wurde eine Miniatur-Videokamera auf der Maschine montiert und auf das Arbeitsgerät gerichtet. Zusätzlich wurde der Einsatz mit einer Videokamera vom Feldrand gefilmt. Alle Geräte wurden auf die GPS-Zeit synchronisiert. Bei wenigen Einsätzen konnten aus organisatorischen Gründen die Aufzeichnungsgeräte nicht genutzt werden. In diesen Fällen wurden dann nur die nicht weiter aufgeschlüsselte Gesamtzeit und die bearbeitete Fläche erfasst. Ergänzend wurden die Maschinenführer zum Umgang mit den Maschinen und der Wartung befragt. Die Einsätze wurden von routinierten Maschinenführern aus landwirtschaftlichen Betrieben, spezialisierten privaten und öffentlichen Landschaftspflegebetrieben sowie Naturschutzverbänden durchgeführt.

Jeder Einsatz wurde anschließend in Anlehnung an die Zeitgliederung des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) analysiert [5]. Dazu wurden vorrangig die Videoaufnahmen der Miniaturkamera verwendet und vollständig gesichtet. Es wurden die Zeitabschnitte im Programm Excel in ein vorkonfiguriertes Tabellenblatt manuell eingetragen. Die GPS-Daten lagen als gpx-Datei vor und wurden in die Auswertedatei importiert. Durch einen automatisierten Abgleich mit jedem Zeitabschnitt wurden die dazugehörigen Fahrgeschwindigkeiten aus den GPS-Daten extrahiert. Für Situationen, in denen die Bilder der Miniaturkamera nicht aussagekräftig genug waren, wurde auf die Daten der Videokamera zurückgegriffen. *Tabelle 2* zeigt die verwendete Zeitgliederung mit einer kurzen Erklärung.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen zweier Projekte an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen durchgeführt und basieren teilweise auf Ergebnissen von Abschlussarbeiten [6-8].

Tabelle 2: Zeitgliederung

Kategorie[1]	**Beschreibung**[1]	**Beispielhaftes Ereignis bei den vorliegenden Untersuchungen**
Hauptzeit	planmäßige, unmittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit	Mähen, Schwaden, Erntegut aufnehmen
Wenden	i.d.R. das Wenden des Arbeitsgerätes am Feldende	Fahrtrichtungswechsel am Ende einer Arbeitsspur. Positionierung des Fahrzeugs innerhalb der bearbeiteten Fläche.
Versorgen	Befüllen des Arbeitsgerätes mit Betriebsmitteln und Entleeren des Behälters mit dem Erntegut	Zeit zum Entleeren des Ladebunkers (Ladewagen, Bunker auf Raupenfahrzeug). Binden und Auswerfen von Rundballen.
Verlustzeit	störungsbedingte Unterbrechungen	Blockierung von Werkzeugen oder Fördereinrichtungen, Beseitigen von Hindernissen, wie z. B. Äste.
Wartezeit	Arbeitsablaufbedingte Unterbrechung, z. B. bei Teilarbeiten in einer Prozesskette	Arbeitsorganisatorische Abstimmungsgespräche zwischen Prozessbeteiligten. Warten auf andere Prozessbeteiligte, z. B. beim Beschicken des Ladewagens mit Gabeln an sehr nassen Stellen.
Rüstzeit	Arbeitsgerät funktionsfähig machen und erhalten	Wiederkehrende Rüstarbeiten während einer Feldbearbeitung, z. B. Verschließen der Ladeklappe des Bunkers oder Entfernung von Verschmutzungen an der Maschine. An- und Abbauzeiten sowie Verladezeiten werden als absolute Größe angegeben.
Wegezeit	Zeiten für Fahrten zum Arbeitsort bzw. für Fahrten zum Ausgangsort	Zeitanteile für Fahrten zwischen Arbeitsort und Entladestelle außerhalb der zu bearbeitenden Fläche. Weitere An- und Abfahrten werden als Transportgeschwindigkeit angegeben.

[1] Definition gemäß [5]

3. ERGEBNISSE

3.1 Mähen

Tabelle 3 zeigt die Zeitanalyse der Einsätze mit Einachstraktor und Balkenmäher. Alle Mäher wurden auf insgesamt 7 sehr nassen Standorten eingesetzt. Der kleinste Mäher stand bereits an der Einsatzstelle bereit, so dass hier keine weiteren Rüstzeiten erfasst wurden. Es wurden vergleichsweise kleine, verwinkelte und unebene Flächen zwischen 400 und 900 m² gemäht. Aufgrund dieser Randbedingungen musste mit einer Fahrgeschwindigkeit von durchschnittlich 1,5 km/h gearbeitet werden. Die Mäher mit größerer Leistung und Arbeitsbreite sind auf größeren Parzellen zum Einsatz gekommen. Die Anteile der Wendezeiten in Bezug zur Hauptzeit sind daher kleiner. Verlustzeiten sind durch Störungen am Messerbalken entstanden.

Auf besser befahrbaren Flächen wurden Doppelmessermähwerke an Standardtraktoren eingesetzt (*Tabelle 4*). Der Einsatz von Messerbalken war auf diesen Flächen vorgeschrieben. Beim Heck-Mäher konnten keine Aufzeichnungsgeräte genutzt werden, so dass hierfür keine Zeitgliederung vorliegt. Insgesamt wurden 9 Flächen bearbeitet. Der Traktor mit 2,4 m breiten Mähwerk ist nur geringfügig leistungsfähiger als der 2 m breite Mäher am Einachstraktor, was auf die schlechtere Wendigkeit des Standardtraktors zurückzuführen ist. Bei größeren Flächen und Antriebsleistungen wurden Flächenleistungen von ca. 0,8 ha/h mit Einzelmähwerk und bis ca. 0,9 ha/h mit Front-Heck-Kombination erzielt. Bei wenig Aufwuchsmasse und rechtwinkligen, langgestreckten Parzellen wurden 2,4 ha/h erreicht.

Tabelle 3: Verfahrensanalyse Balkenmäher

Maschine		Einachstraktor mit Balkenmäher		
Arbeitsbreite	m	1,5	1,6	2,0
Einsatzbedingungen				
Flächengröße	ha	0,04…0,09	0,48…0,61	0,49…0,63
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	3,7	5,4	5,1
Zeitgliederung				
Hauptzeit	%	79	89	86
Wenden	%	14	9	14
Verlust	%	7	2	0
Kennwerte				
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	1,5	2,7	4,0
Zeit für einen Wendevorgang	s	12	7	8
Verladen, Rüsten am Feld	min	k. A. [1)]	5...10	5...10
Flächenleistung	ha/h	0,17	0,35	0,48

[1)] Maschine stand an der Einsatzfläche bereit

Die Messerbalken erfordern einen Wartungsaufwand für Richten, Schleifen und Schmieren. Der Zeitaufwand hierfür lag zwischen 10 und 18 min. Die Wartungsintervalle wurden je nach Flächenbeschaffenheit und Arbeitsbreite zwischen 1 und 8 ha angegeben.

Es wurden 6 Einsätze mit Rotationsmähwerken analysiert (*Tabelle 5*). Aufgrund des im Vergleich zum Messerbalken höheren Gerätegewichts, werden aber höhere Anforderungen an das Fahrwerk gestellt. Aus diesem Grund war der Traktor mit der Triple-Mähwerkskombination mit Raupenlaufwerken statt

mit Rädern bestückt. Der Aufwuchs wurde hier über Querförderbänder zusammengeführt, so dass das Schwaden als eigener Arbeitsschritt eingespart werden konnte. Die Wendevorgänge waren im Vergleich zum kleineren Standardtraktor durch dieses Fahrwerk mit durchschnittlich 30 s länger. Die Anzahl der Wendevorgänge war aber durch die größere Arbeitsbreite geringer.

Tabelle 4: Verfahrensanalyse Balkenmäher an Standardtraktor

Maschine		Front-Balkenmäher	Heck-Balkenmäher	Standardtraktor mit Front- und Heck-Balkenmäher	
Arbeitsbreite	m	2,4	2,7	4,7	
Einsatzbedingungen					
Flächengröße	ha	0,8	2,1…4,6	0,8...1,4	0,5...5,8
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	6,7	k. A.	3,1	0,9
Zeitgliederung					
Hauptzeit	%	70	k. A.	78	83
Wenden	%	27	k. A.	19	17
Verlust	%	3	k. A.	3	0
Kennwerte					
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	3,9	4,7	4,1	9,0
Zeit für einen Wendevorgang	s	21	k. A.	16	21
An- und Abbau am Hof	min	10	10	20	20
Flächenleistung	ha/h	0,53	0,81	0,94	2,4

Tabelle 5: Verfahrensanalyse Rotationsmähwerk an Standardtraktor

Maschine		Heck-Scheibenmähwerk	Triple-Scheibenmähwerk und Schwadzusammenführung
Arbeitsbreite	m	3,2	8,70
Einsatzbedingungen			
Flächengröße	ha	0,2…1,0	1,8…4,0
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	3,4	k. A.
Zeitgliederung			
Hauptzeit	%	81	84
Wenden	%	19	16
Kennwerte			
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	9,4	7,0
Zeit für einen Wendevorgang	s	10	30
An- und Abbau am Hof	min	10	25
Flächenleistung	ha/h	2,0	4,4

3.2 Schwaden

Bei 5 Einsätzen mit Bandrechen zeigte sich wie schon beim Mähen die hohe Wendigkeit des Einachstraktors. Die Wendezeitanteile lagen zwischen 6 und 12 %. Auffällig ist die vergleichsweise niedrige Flächenleistung beim breitesten Gerät (*Tabelle 6*). Die verfügbare Arbeitsbreite des Schwaders konnte aufgrund der sehr unregelmäßigen Flächenkontur nicht optimal genutzt werden. Schwade wurden mehrfach versetzt und zu geradlinigen Schwaden geformt, damit sie vom nachfolgenden Ladewagen gut aufgenommen werden konnten.

Tabelle 6: Verfahrensanalyse Schwaden mit Bandrechen an Einachstraktor

Maschine		Einachstraktor mit Bandrechen		
Arbeitsbreite inkl. Schwad	m	2,0	2,2	2,4
Einsatzbedingungen				
Flächengröße	ha	0,18…0,53	0,48	0,23…0,48
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	5,3	5,4	2,6
Zeitgliederung				
Hauptzeit	%	94	99	86
Wenden	%	6		12
Verlust	%	0	1	2
Kennwerte				
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	3,7	2,5	2,9
Zeit für einen Wendevorgang	s	7	k. A.	13
Verladen, Rüsten am Feld	min	8	9	8
Flächenleistung	ha/h	0,57	0,35	0,24

Zum Schwaden wurden weitere 16 Einsätze mit Standardtraktoren als Antriebsmaschine analysiert (*Tabelle 7*). Die Bandrechen-Einsätze mit Standardtraktor zeigten vor allem aufgrund höherer Antriebsleistungen und Fahrgeschwindigkeiten höhere Flächenleistungen als mit dem Einachstraktor. Die schlechtere Wendigkeit des Standardtraktors zeigt sich wie auch schon bei den Balkenmähern in höheren Wendezeitanteilen. Gezogene 2-Kreisel-Seitenschwader ohne zusätzliches Transportfahrwerk erzielten bei den Schwadverfahren die höchsten Flächenleistungen von ca. 3 ha/h bei größeren rechteckigen Parzellen.

Die Standardtraktoren, die mit Balkenmähern oder Schwadern arbeiteten, waren mit Zwillingsbereifung ausgerüstet. Für die Montage der Räder an der Vorderachse wurden 5 min und an der Hinterachse 10 min angegeben.

Tabelle 7: Verfahrensanalyse Schwaden mit Bandrechen oder 2-Kreisel-Seitenschwader an Standardtraktor

Maschine		Standardtraktor mit Bandrechen (Heck)	Standardtraktor mit Bandrechen (Front)	Standardtraktor mit 2-Kreisel-Seitenschwader	
Arbeitsbreite	m	2,1	2,8	2 x 2,80	2 x 3,0
Einsatzbedingungen					
Flächengröße	ha	0,8...4,5	0,4	0,8…1,4	0,12...1,2
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	k. A.	5,3	3,4	3,1
Zeitgliederung					
Hauptzeit	%	k. A.	79	72	77
Wenden	%	k. A.	19	27	23
Verlust	%	k. A.	2	1	0
Kennwerte					
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	7	5,3	5,3	8,7
Zeit für einen Wendevorgang	s	k. A.	15,4	26	22
An- und Abbau am Hof	min	10	10	10	10
Flächenleistung	ha/h	0,81	1,2	1,8	2,9

3.3 Laden

Das Bergen des gemähten Streuwiesenmaterials mit Standardtraktor und Ladewagen wurde bei 3 Einsätzen dokumentiert (*Tabelle 8*). Die Ladewagen hatten alle ca. 20 m³ Ladevolumen und waren mit Tandemachsen ausgestattet. Der Zeitaufwand wird entscheidend von der Entfernung zwischen Feld und Abladestelle bestimmt. Aus diesem Grund wurden die Einsätze mit diesen Transportfahrten analysiert. Die zusätzliche Zeitanalyse ohne Transportfahrten soll die Verteilung von Haupt- und Wendezeit bei der Arbeit auf der Fläche verdeutlichen. Diese wurde durch die Fahrbahnbeschaffenheit beeinflusst. Die Fahrer haben bei allen Einsätzen das Laden an den sehr nassen Flächenabschnitten mit noch geringem Gewicht des Gespanns begonnen. Das spiegelt sich besonders in den Wendezeitanteilen von 34 % bzw. 30 % bei den Einsätzen mit Gespann 1 und 2 wider. Beim Einsatz mit Gespann 3 waren manche Stellen im Feld so nass, dass sie nicht befahren werden konnten. Hier wurde das Material mit Gabeln herausgetragen und der Ladewagen musste warten. Da eine Strecke von über 11 km zum Abladeplatz auf öffentlichen Straßen zurücklegen musste, wurde das Gespann vor Beginn jeder Transportfahrt gereinigt, was durch den Rüstzeitanteil deutlich wird.

Tabelle 8: Verfahrensanalyse Standardtraktor mit Ladewagen

Maschine		Gespann 1		Gespann 2		Gespann 3	
Ladevolumen	m³	19		21		19	
Einsatzbedingungen							
Flächengröße insgesamt	ha	1,15		2,24		1,31	
Entfernung zum Lagerplatz	km	4,9		0,7		11,4	
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	6,7		3,4		2,6	
Zeitgliederung							
		Mit Weg	Ohne Weg	Mit Weg	Ohne Weg	Mit Weg	Ohne Weg
Hauptzeit	%	23	55	28	48	15	44
Wenden	%	14	34	18	30	4	11
Versorgen	%	4	11	13	22	4	11
Verlust	%	0	0	0	0	4	13
Warten	%	0	0	0	0	2	5
Rüsten	%	0	1	0	0	4	13
Wegezeit zur/von Lagerpl.	%	59	-	40	-	66	-
Kennwerte							
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	3,2		4,3		2,7	
Transportgeschwindigkeit	km/h	20		13		34	
Zeit für einen Wendevorgang	s	43		37		26	
Zeit für einen Entladevorgang	s	181		131		160	
Flächenleistung	ha/h	0,34		1,57		0,22	

3.4 Kombiniertes Mähen und Laden

Es wurden 10 Einsätze mit kombiniertem Mähen und Laden analysiert. Die erste Fahrzeugkombination war ein Standardtraktor mit Front-Rotationsmähwerk und Ladewagen. Der Ladewagen hatte ein Ladevolumen von 20 m³, das aber nur zu 50 % genutzt wurde. Zusätzlich wurden zwei Raupenfahrzeuge betrachtet. Das Traktorgespann musste im Durchschnitt 850 m über öffentliche Straßen zum Abladeplatz fahren, die Raupenfahrzeuge zwischen 140 und 230 m über abgeerntete Wiesen und Feldwege. Im Vergleich der beiden Fahrzeugkonzepte fallen die bessere Wendigkeit und die leistungsfähigere Entladung der Raupenfahrzeuge auf. Um die Grasnarbe beim Wenden nicht zu beschädigen, werden die Raupenfahrzeuge mit großen Wenderadien oder durch mehrmaliges kurzes Vor- und Zurücksetzen neu positioniert. Dadurch ist der Wendezeitanteil verglichen mit reinen Mäharbeiten mit dem Standardtraktor (siehe *Tabelle 4* und *Tabelle 5*) höher.

Tabelle 9: Verfahrensanalyse kombinierte Mäh- und Bergeverfahren

Maschine		Standardtraktor mit Frontmähwerk und Ladewagen	Raupenfahrzeug 1	Raupenfahrzeug 2
Arbeitsbreite	m	3,0	2,0	2,8
Ladevolumen	m³	10 (20)	10	10
Einsatzbedingungen				
Flächengröße	ha	0,44	0,15…0,6	0,13…1,18
Entfernung zum Lagerplatz	m	850	230	140
Aufwuchsmasse (TM)	t/ha	3,6	3,6	1,5
Zeitgliederung				
Hauptzeit	%	23	32	58
Wenden	%	29	28	30
Versorgen	%	17	4	5
Verlust	%	1	3	0
Wegezeit zur/von Lagerpl.	%	30	33	7
Kennwerte				
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	4,8	3,4	4,3
Transportgeschwindigkeit	km/h	13,2	5,7	5,8
Zeit für einen Wendevorgang	s	38	25	34
Zeit für einen Entladevorgang	s	215	57	79
Ab-/Aufladen Rüsten am Feld	min	-	40	40
Flächenleistung	ha/h	0,2	0,2	0,5

3.5 Pressen

Als Alternative zum Ladewagen wurden 8 Einsätze mit Rundballenpressen analysiert. Der Schwadabstand bei den Einsätzen mit der variablen Presse lag zwischen 8 und 9 m und bei der Festkammer-Presse zwischen 10 und 12 m. Die Flächenleistungen waren bei großen Aufwuchsmassen 4,4 ha/h und bei niedrigen Aufwuchsmassen 7,9 ha/h. Beim Ballenladen und -abtransportieren mit einem Frontladertraktor und am Feldrand abgestellten Plattformanhänger wurde eine durchschnittliche Flächenleistung von 4 ha/h ermittelt.

Tabelle 10: Verfahrensanalyse Rundballen Pressen

Maschine		Standardtraktor mit Rundballenpresse mit variabler Kammer	Standardtraktor mit Rundballenpresse mit fester Kammer	
Ballendurchmesser	m	1,5	1,25	1,25
Einsatzbedingungen				
Gesamt-Flächengröße	ha	7,7	5,8	2,2
Ballen pro Fläche	Stk./ha	11	5	9
Zeitgliederung				
Hauptzeit	%	78	75	53
Wenden	%	15	10	25
Versorgen (Binden)	%	7	15	17
Verlust	%	0	0	1
Rüsten	%	0	0	4
Kennwerte				
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	9	13	8
Zeit für einen Wendevorgang	s	27	18	28
Zeit für einen Bindevorgang	s	25	15	20
An- und Abbau am Hof	min	k. A.	10	10
Flächenleistung	ha/h	4,4	7,9	4,4

4. DISKUSSION

Auch wenn in der KTBL-Datensammlung Landschaftspflege pauschale Zuschläge u. a. für Rüst- und Wegezeiten in den Arbeitszeitbedarf eingerechnet sind, sollen hier die Ergebnisse verglichen werden. Die KTBL-Daten stützen sich überwiegend auf Untersuchungen aus den Jahren 1995 und 1996 [3]. Dort werden für einen Einachstraktor mit 1,6 m breitem Doppelmessermähwerk bei unebener Fläche ohne Hangneigung zwischen 6,7 und 21,0 AKh/ha angegeben. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben mit einem 1,5 m breitem Gerät 5,9 Akh/ha (0,17 ha/h) und für 1,6 m breite Geräte 2,9 AKh/ha (0,35 ha/h). Es ist also von einer Steigerung der Leistungsfähigkeit bei Einachstraktoren auszugehen. Die Flächenleistung der 2 m breiten Mäher am Einachstraktor lag bei 0,48 ha/h. Ein Vergleichstest mit verschiedenen Einachstraktoren mit 1,90 m breiten Mähbalken zeigte beim Bergmähen ähnliche Flächenleistungen von 0,5 bis 0,7 ha/h [9]. Balkenmähwerke sowohl an Einachs- als auch an Standardtraktoren mit Arbeitsbreiten, die größer als 2 m sind, wurden in der KTBL-Datensammlung noch nicht berücksichtigt. Für 3 m breite Rotationsmähwerke gibt die KTBL-Datensammlung für geringe Aufwuchsmassen und ebene Flächen bis 2 ha 1,1 AKh/ha an. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben 0,5 Akh/ha, allerdings ohne pauschale Zeitzuschläge. Triple-Mähwerkskombinationen wurden bisher noch nicht im Zusammenhang mit der Landschaftspflege betrachtet. Sie haben eine sehr hohe Flächenleistung und durch die Materialzusammenführung mit Querförderbändern kann der Arbeitsschritt Schwaden eingespart werden. Es handelt sich hiermit um ein sehr schlagkräftiges Verfahren.

Für 1,8 m breite Bandrechen an Einachstraktoren werden in der KTBL-Datensammlung für Moorböden und 0,5 ha große Parzellen mit 7,8 AKh/ha angegeben. Die vorliegenden Untersuchungen mit 2 m Arbeitsbreite ergaben 1,8 AKh/ha (0,57 ha/h). Auch hier scheint sich die Weiterentwicklung der Einachstraktoren auf eine gestiegene Leistungsfähigkeit beim Schwaden auszuwirken. Die Arbeitszeiten

von 1,3 bis 1,8 AKh/ha bei Bandrechen im Heckanbau eines Standardtraktors konnten durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Die Daten zum Bandrechen im Frontanbau sind wegen unterschiedlicher Traktortypen und Hangneigungen nicht vergleichbar. 2-Kreisel-Seitenschwader werden in der KTBL-Datensammlung im Kontext der Landschaftspflege noch nicht aufgeführt.

Tabelle 11: Bewertung der untersuchten Maschinen-Geräte-Kombinationen

Maschinen-Geräte Kombination	**Vorteile**	**Nachteile**
Mähverfahren		
Einachstraktor mit Doppelmesserbalken-mähwerk	Sehr gute Wendigkeit Geringes Gewicht Fauna schonendes Mähen Geringer Leistungsbedarf Eignung für kleine Parzellen, für Flächen mit stark limitierter Tragfähigkeit und Hanglagen	Störungsanfälliger Messerbalken mit hohem Wartungsaufwand Arbeitsgeschwindigkeit durch Maschinenführer limitiert Transportfahrzeug nötig
Standardtraktor mit Doppelmesserbalken-mähwerk	Geringes Gewicht Fauna schonendes Mähen Geringer Leistungsbedarf Große Arbeitsbreiten möglich	Störungsanfälliger Messerbalken mit hohem Wartungsaufwand Arbeitsgeschwindigkeit u. U. durch Schnittfrequenz limitiert
Standardtraktor mit Rotationsmähwerk (z. T. mit Förderband)	Hohe Flächenleistungen Zuverlässigkeit Geringer Wartungsaufwand	Gewicht Leistungsbedarf Aus naturschutzfachlichen Gründen häufig nicht zugelassen
Schwaden		
Einachstraktor mit Bandrechen	Sehr gute Wendigkeit Geringes Gewicht Zuverlässig Eignung für kleine Parzellen, für Flächen mit stark limitierter Tragfähigkeit und Hanglagen	Arbeitsgeschwindigkeit durch Maschinenführer limitiert Transportfahrzeug nötig
Standardtraktor mit Bandrechen	Sehr gute Wendigkeit im Vergleich zu Kreiselschwadern Fahrtrichtung vorwärts und rückwärts möglich	Verfügbare Arbeitsbreiten
Standardtraktor mit 2-Kreisel-Seitenschwader	Hohe Flächenleistung bei geringem Gewicht Gute Bodenanpassung Flexibler Einsatz (variable Arbeitsbreite, 1- oder 2-Schwadablage) Gute Nutzbarkeit auch in der Landwirtschaft	Wendigkeit Rückwärtsfahren schwierig Abdriftneigung bei hohem Halmgutaufkommen
Bergen		
Standardtraktor mit Ladewagen	Vergleichsweise schnelles Räumen der Fläche. Straßentauglichkeit Gute Nutzbarkeit auch in der Landwirtschaft	Gewicht limitiert Leistungsfähigkeit auf wenig tragfähigen Flächen Wendigkeit
Raupenfahrzeug mit Mähwerk und Ladebunker	Fläche muss nur einmal befahren werden, damit hohe Gesamtflächenleistung. Geringer Bodendruck.	Transportfahrzeug nötig Fahrweg zur Abladestelle nur abseits öffentlicher Straßen. Gefahr der Grasnarbenschädigung beim Wenden. Teure Spezialmaschine.
Rundballenpresse	Gute Nutzbarkeit auch in der Landwirtschaft. Gute Zwischenlagerung des Mähgutes möglich. Hohe Flächenleistungen.	Zusätzlicher Arbeitsschritt für die Ballenbergung nötig.

Ein Vergleich der Daten für die Ladewageneinsätze ist nur eingeschränkt möglich, da hier Parzellengrößen vorgefunden wurden, die viel kleiner waren als 1 ha. Die KTBL-Datensammlung beginnt aber für Ladewageneinsätze bei 1 ha großen Parzellen.

Beim kombinierten Mähen und Bergen mit einem Raupenfahrzeug wurden bei den Untersuchungen Arbeitszeiten von 2 bis 5 AKh/ha (0,2 bis 0,5 ha/h) ermittelt und decken sich mit den Angaben der KTBL-Datensammlung (40 % TM, 0,5 ha Parzellen, Aufwuchs 1,5 bis 5 t TM/ha). Zur Variante mit Standardtraktor liegen keine Vergleichswerte vor.

Der ermittelte Arbeitszeitaufwand beim Rundballenpressen war mit 0,13 bis 0,23 AKh/ha deutlich niedriger als in der KTBL-Datensammlung. Dort werden im günstigsten Fall 1,2 AKh/ha angegeben.

Für die Landschaftspflege stehen vielfältige mechanische Verfahren zu Verfügung. In *Tabelle 11* werden einige Vorteile und Nachteile der untersuchten Maschinen und Geräte zusammengefasst. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere das Sammeln und Abtransportieren des Mähgutes eine große Herausforderung ist, da große Massen über nasse, wenig tragfähige Flächen transportiert werden müssen.

Die Rahmenbedingungen und damit der Arbeitszeitaufwand in der Landschaftspflege sind in der Regel sehr unterschiedlich. Die hier vorgestellten Ergebnisse können damit nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, stellen aber eine Ergänzung bereits dokumentierter Prozesszeiten dar. Dennoch können mit den ermittelten Kennwerten wie zum Beispiel Fahrgeschwindigkeiten, Wende- oder Entladezeiten neue Situationen modellhaft berechnet und abgeschätzt werden und dienen dann als Orientierung bei der Planung von neuen Einsätzen.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Quinger, B. et al.: Lebensraumtyp Streuwiesen – Landschaftspflegekonzept Bayern, Band Nr. 9. Hrsg. Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, München 1995.

[2] Jedicke, E., W. Frey, und M. Hundsdorfer: Praktische Landschaftspflege – Grundlagen und Maßnahmen. Ulmer Verlag, Stuttgart, 1996.

[3] Ackermann, I., C. Baals, M. Hundsdorfer, D. Kraut, W. Rothenburger und N. Sauer: Landschaftspflege 2005, KTBL Datensammlung, 5. überarbeitete Auflage, Darmstadt, 2006.

[4] Achilles, W. et al.: Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17, KTBL-Datensammlung, 25. Auflage, Darmstadt, 2016.

[5] Winkler, B. und J. Frisch: Weiterentwicklung der Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeiten. Bornimer Agrartechnische Berichte, H. 83, 2014, S. 14-21.

[6] Maikler, Th.: Arbeitszeitstudien in der Landschaftspflege. Bachelor-Thesis, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 2015, (unveröffentlicht).

[7] Müller, T.: Untersuchungen von Arbeitszeitabläufen im Bereich der kommunalen und der verbandstätigen Landschaftspflege. Bachelor-Thesis, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 2015, (unveröffentlicht).

[8] Bidlingmaier, D.: Streuwiesenpflege im Herbst – Verfahrenstechnische Untersuchungen. Bachelor-Thesis, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 2017, (unveröffentlicht).

[9] Paar, J. und J. Wippl: 4 Motormäher im Vergleich. Der Fortschrittliche Landwirt, H. 9, 2009, S. 50-56.

6. DANKSAGUNG

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Optimierung der Pflege artenschutzfachlich hochwertiger Streuwiesen“ von der Stiftung Naturschutzsfonds Baden-Württemberg aus zweckgebundenen Erträgen der Glücksspirale gefördert und im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms Kalkulationsunterlagen durchgeführt. Der Stiftung Naturschutzsfonds Baden-Württemberg und dem KTBL sei an dieser Stelle für die Förderung gedankt. Ein besonderer Dank geht auch an alle kooperierenden Betriebe, ohne die solche Untersuchungen nicht möglich wären.

Arbeitszeitbedarf bei der Automatisierung der biologischen Unkrautbekämpfung am Beispiel des Ampfers

Roy Latsch, Ruedi Stark
Agroscope, Tänikon, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Im Ökologischen Landbau sind die großblättrigen Ampferarten wie Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*) oder Krausser Ampfer (*Rumex crispus*) schwer zu bekämpfende Unkräuter. Die große Widerstandsfähigkeit der genannten Arten liegt im ausgeprägten Wurzelsystem der Pflanzen. Die Arten können mit ihren tiefreichenden Wurzeln ausgezeichnet Nährstoffe und Wasser erschließen und lagern zudem Reservestoffe ein, mit deren Hilfe sie sehr regenerationsfähig sind. Durch das Verbot von Herbiziden im Ökologischen Landbau sind die Landwirte bislang auf die mechanische Bekämpfung der Pflanzen beschränkt. Das bisherige Standardverfahren zur Bekämpfung ist das Ausstechen der Wurzeln in einer Tiefe von 12 - 15 cm. Die ausgestochenen Wurzeln werden dann von der Fläche entfernt. Dieses Vorgehen ist mit einer Erfolgsrate von 80 - 90 % sehr wirksam, aber auch zeitintensiv und körperlich anstrengend.

Agroscope hat in den letzten Jahren ein Alternativverfahren entwickelt, welches mittels Heißwasserbehandlung ebenso gute Erfolge bei der Bekämpfung erzielt. Bei diesem Verfahren werden die Ampferwurzeln im Mittel mit ca. 1,6 Liter heißem Wasser (> 80 °C) umgeben. Das heiße Wasser schädigt die äußeren Bereiche der Wurzel, welche die regenerationsfähigen Zellen enthalten. Die Wurzeln sterben ab und müssen auch nicht vom Feld abtransportiert werden. Der Arbeitszeitbedarf für die Heißwasserbehandlung wurde exemplarisch in zwei Untersuchungen ermittelt und Modellrechnungen zum Ausstechen der Pflanzen gegenübergestellt.

1. EINLEITUNG

Ein Hauptbewirtschaftungsproblem ökologisch ausgerichteter Grünlandbetriebe ist die Verunkrautung mit breitblättrigen Ampferarten [1]. In den Tallagen sind das hauptsächlich der Stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) und der Krause Ampfer (*Rumex crispus*), in den Höhenlagen kommt der Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*) hinzu [2]. Ampferpflanzen enthalten Oxalsäure und Oxalate, die den Tieren in höheren Dosen gesundheitliche Probleme bereiten können [3, 4]. Diese Inhaltsstoffe bleiben bei der Heu- und Silagebereitung erhalten und können auf dem Futtertisch von den Tieren nicht selektiert werden. Es gilt also, das Auftreten der Problempflanzen schon auf dem Grünland zu reduzieren.

Bei den Untersuchungen von Agroscope lag das Hauptaugenmerk auf dem Stumpfblättrigen Ampfer. Diese Ampferart bildet im ersten Jahr eine primäre Pfahlwurzel aus [5]. Im zweiten Jahr kommen sekundäre Pfahlwurzeln hinzu [6]. Mit zunehmendem Wachstum teilt sich das Wurzelsystem und es entstehen Ableger. Der obere Teil der unterirdischen Organe besteht aus dem Hypokotyl, einem Übergangsbereich zwischen Wurzel und Sprossachse. Aus den äußeren Zellschichten des Hypokotyls kann die Ampferpflanze austreiben [7]. Die dafür notwendige Energie bezieht die Pflanze aus Reservestoffen, die in die Wurzel eingelagert werden. Den Hypokotylbereich gilt es abzutöten oder komplett zu entfernen.

Die Standardbekämpfungsmethode von Ampferarten im Ökologischen Landbau ist das Ausstechen der Pflanzenwurzeln bis zu einer Tiefe von 10 - 15 cm [8] und das anschließende Entfernen der Wurzeln von der Fläche. Diese Vorgehensweise weißt eine sehr hohe Erfolgsquote von 80 – 90 % auf, ist aber sehr zeit- und arbeitsintensiv.

Als Alternative zum händischen Ausstechen entwickelte Agroscope das chemiefreie Heißwasserverfahren zur Ampferbekämpfung [1, 9]. Bei der Heißwasserbehandlung wird der Rindenbereich des Hypokotyls bis in eine Tiefe von zirka 10 - 15 cm erhitzt und durch die damit einhergehende Proteindenaturierung geschädigt. Hierfür ist es nötig, dass das heiße Wasser die Zielregion möglichst vollständig umschließt, so dass die Hitze überall auf die Zellen einwirken kann. Im Durchschnitt werden pro Pflanze 1,6 Liter Wasser mit einer Temperatur von 80 – 100 °C benötigt. Für die Wasserapplikation findet ein Heißwasser-Hochdruckreiniger mit Hartmetallrotationsdüse Verwendung (*Abbildung 1*). Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde der Arbeitszeitbedarf für diese zwei unterschiedlichen Arbeitsverfahren zur Ampferbekämpfung untersucht.

Abbildung 1: Gerät zur Heißwasserbehandlung von Ampfer, Fa. Hans Bachmann Hochdruck-Anlagen AG, Schweiz

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Arbeitszeitmessung Heißwasserbehandlung

Um die Modellierung durchzuführen, wurde die Arbeitselementmethode nach REFA herangezogen und das Modellkalkulationssystem PROOF [10] genutzt. Ein großer Teil der Planzeitwerte für die erforderlichen Arbeitselemente lag bereits vor. Daraus konnte das händische Arbeitsverfahren zum Ampferstechen modelliert werden. Für das neue Heißwasserverfahren wurden Zeitmessungen durchgeführt, um die noch fehlenden Planzeitwerte zu ergänzen. Die Messung der Arbeitszeiten erfolgte während zweier Arbeitsbeobachtungen mit unterschiedlichen Geräten in Form von direkten Messungen (*Tabelle 1*). Für die Durchführung der Zeitstudien wurde im Vorfeld ein Arbeitsablaufmodell erstellt. Dieses Arbeitsablaufmodell beruhte auf den Erfahrungen, die während der Entwicklung des Heißwasserverfahrens gemacht wurden. Die Zeitmessungen erfolgten mittels Pocket-PC (Dell Axim, Round Rock, USA) und der Software Ortim b3 (dmc-ortim, Kiel, Germany).

Tabelle 1: Kennwerte zu den Arbeitszeitstudien Heißwasserbehandlung

Parameter	Einheit	Studie 1	Studie 2
Behandlungsfläche	[m^2]	1305	1058
Anzahl behandelte Pflanzen	[Stk.]	236	288
Behandlungsdauer	[hh:mm:ss]	01:58:34	02:01:56
Unkrautdichte	[Pflanzen/ha]	1808	2722

2.2 Verfahrensbeschrieb

Der Arbeitsablauf der beiden Verfahren unterscheidet sich konkret in den Arbeitsschritten auf dem Feld. Während beim Ampferstechen die Wurzeln nach dem Ausstechen in Säcke gesteckt und diese später mit einem Traktor angefahren und aufgesammelt werden, verbleibt die Ampferwurzel beim Heißwasserverfahren an Ort und Stelle. Hier muss dagegen das Fahrzeug regelmäßig umgesetzt sowie für das Nachfüllen des Wasservorrates gesorgt werden. *Tabelle 2* gibt eine Übersicht zu den Arbeitsablaufabschnitten der beiden Verfahren.

Tabelle 2: Übersicht zu den Arbeitsablaufmodellen der beiden Verfahren Ampferstechen und Heißwasserbehandlung

Ampferstechen	Heißwasserbehandlung	Bezugsmenge BM [Einheit]
Gehen unbelastet		[m]
Gehen im Feld		[m]
Auf Traktor steigen und Starten		Vorgang
Traktor abstellen und absteigen		Vorgang
Auf Traktor mit laufendem Motor aufsteigen		Vorgang
Von Traktor mit laufendem Motor absteigen		Vorgang
Fahren mit Traktor auf Hofareal		[m]
Fahren mit Traktor auf Teerstraße		[m]
Fahren mit Traktor auf Feldweg		[m]
Fahren mit Traktor auf Feld		[m]
1-Achswagen anhängen		Vorgang
1-Achswagen abhängen		Vorgang
Handgerät aufnehmen		n
Handgerät wegstellen		n
Pflanze mit Stechgabel ausstecken	Tank aus Wasserhahn füllen	Vorgang
Pflanze in Sack stecken	Schalter betätigen	Vorgang
	Gerät aufheizen	Vorgang
	Pflanze mit Heißwasser behandeln	Vorgang
	Schlauch aufrollen	Vorgang
Störungen beheben		Vorgang
Persönliche Erholungszeit		Vorgang

2.3 Modellierung

Bei beiden Verfahren ist das Suchen der Ampferpflanzen ein erheblicher Zeitfaktor. Die Modellierung dieses Vorgangs wurde wie folgt durchgeführt: es wurde angenommen, dass die Ampferpflanzen gleichmäßig über die Gesamtfläche verteilt sind. Die Fläche wurde in 5 m breite Suchstreifen eingeteilt. Abhängig von der Anzahl der Pflanzen pro Gesamtfläche wurden dann die Entfernung von Pflanze zu Pflanze und dadurch die Wegstrecken und -zeiten errechnet.

Das manuelle Ampferstechen wurde komplett mit Planzeitwerten modelliert, die Agroscope 2003 bei einer Studie im Feldfruchtbau erhoben hat [12]. *Tabelle 3* zeigt eine Auswahl der getroffenen Modellannahmen.

Tabelle 3: Ausgewählte Modellannahmen

Parameter	**Einheit**	**Studie 1**
Entfernung Hof - Feld	[m]	1000
Größe Behandlungsfläche	[ha]	0,5-10
Anzahl Problempflanzen	[n/ha]	100-20000
Arbeitsbreite Stechen	[m]	5
Effektive Arbeitsbreite Heißwasserbehandlung	[m]	30
Wassermenge pro Heißwasserbehandlung	[l]	2
Fassinhalt Heißwasserbehandlung	[l]	500

Da das Ampferstechen von Hand eine körperlich sehr anstrengende Arbeit darstellt, wurde zu der normalen Modellierung des Arbeitszeitbedarfs ein zweites Modell mit einem zusätzlichen Arbeitszeitabschnitt „Persönliche Erholungszeit“ berechnet, der auf 15 Minuten pro Stunde festgelegt wurde. Dies hat Einfluss auf die Stundenleistung und somit auf die Kostenrechnung.

Beispielshaft wurde der Arbeitskraftbedarf matrizenartig für Flächengrößen von 0,5 - 10 ha sowie von 100 - 20000 Ampferpflanzen/ha modelliert. Zusätzlich wurden für die angegebenen Bereiche die Anzahl bekämpfter Pflanzen bestimmt.

2.4 Kostenberechnung

Die Anzahl bekämpfter Pflanzen aus den Modellberechnungen floss in die Kostenberechnung ein. Für beide Verfahren wurde ein Stundenlohn von 15,- EUR/h angenommen. Zudem wurde für beide Verfahren je ein 45 kW Traktor für das Abfahren der gefüllten Ampfersäcke bzw. für den Transport des Heißwassergeräts berechnet. Bei dem Heißwasserverfahren kommen die Kosten für einen Heißwasser-Hochdruckreiniger hinzu. Die Kostenschätzung erfolgte jeweils nach KTBL-Ansatz. Für die Heißwasserbehandlung werden im Durchschnitt 0,2 l Heizöl/Pflanze benötigt [1]. Der Heizölpreis wurde mit 1,45 EUR angenommen (durchschnittlicher Heizölpreis Österreich 2017; Quelle: http://www.vorarlberg.at/xls/heizoelpreis_extraleicht.xls).

3. ERGEBNISSE

3.1 Arbeitszeitbedarf

Unabhängig von der Flächengröße steigt der Arbeitszeitbedarf bei allen Varianten mit steigender Anzahl zu behandelnder Pflanzen schnell an (*Tabelle 3*). Erwartungsgemäß liegt dabei der Arbeitszeitbedarf der Variante Ampferstechen mit Erholungszeit über dem der Variante ohne Erholungszeit. Im Schnitt über alle Flächengrößen und Anzahl Pflanzen sind dies 22,4 %. Die Heißwasserbehandlung weißt hier dagegen einen zum Ampferstechen im Durchschnitt 23,8 % niedrigeren Arbeitszeitbedarf auf. Bei

gleichbleibend hoher Anzahl vorhandener Ampferpflanzen und zunehmender zu behandelnder Flächengröße ändert sich der Arbeitszeitbedarf nur marginal.

Tabelle 4: Mit PROOF kalkulierter Arbeitszeitbedarf für Ampferstechen ohne und mit Erholungszeit sowie Heißwasserbehandlung, abhängig von Pflanzenanzahl und behandelter Fläche

Anzahl Pfl.	Ampferstechen [AKh/ha]					Ampferstechen mit Erholungszeit [AKh/ha]					Heißwasserbehandlung [AKh/ha]				
	0.5 ha	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	0.5 ha	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	0.5 ha	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha
100	3,1	2,6	2,4	2,3	2,2	3,6	3,1	2,9	2,8	2,7	2,5	2,0	1,8	1,6	1,6
200	3,9	3,4	3,2	3,1	3,0	4,6	4,1	3,9	3,8	3,7	3,1	2,6	2,4	2,2	2,2
500	6,4	5,9	5,7	5,6	5,5	7,6	7,2	6,9	6,8	6,8	5,0	4,5	4,3	4,1	4,0
1000	10,5	10,0	9,8	9,7	9,6	12,7	12,2	12,0	11,9	11,8	8,5	8,0	7,8	7,6	7,5
2000	19,5	19,1	18,9	18,7	18,7	23,9	23,4	23,2	23,1	23,0	15,3	14,9	14,6	14,4	14,4
5000	46,6	46,1	45,9	45,8	45,7	57,3	56,9	56,7	56,6	56,5	35,7	35,3	35,0	34,8	34,8
10000	91,4	91,0	90,8	90,7	90,6	112,8	112,3	112,2	112,0	112,0	69,5	69,0	68,8	68,6	68,6
15000	136,2	135,8	135,6	135,5	135,4	168,1	167,7	167,5	167,4	167,3	103,2	102,7	102,5	102,3	102,2
20000	180,8	180,5	180,4	180,2	180,2	223,4	223,0	222,8	222,7	222,6	136,9	136,4	136,1	136,0	135,9

3.2 Verfahrenskosten

Abbildung 2 zeigt einen ausgewählten Vergleich zwischen der Bekämpfungsleistung der einzelnen Verfahren bei unterschiedlicher Anzahl von Ampferpflanzen/ha und unterschiedlicher Gesamtfläche. Bei steigender Pflanzenanzahl/ha nähert sich die mögliche Bekämpfungsleistung ab ca. 1000 Pfl./ha schnell einem Plateau, über das hinaus keine weitere Steigerung der Bekämpfungsleistung möglich ist. Nehmen innerhalb eines Verfahrens die zu behandelnden Flächengrößen zu (0,5 – 10 ha), so verringern sich die Unterschiede bei der Bekämpfungsleistung immer mehr. Liegt beispielsweise beim Heißwasserverfahren die Bekämpfungsleistung bei 100 Pflanzen auf einer Fläche von 0,5 ha bei 40 Pflanzen/h und bei einer Fläche von 10 ha bei 65 Pflanzen/h, so unterscheidet sich die Bekämpfungsleistung dieser Varianten bei 20000 Pflanzen/ha praktisch nicht mehr.

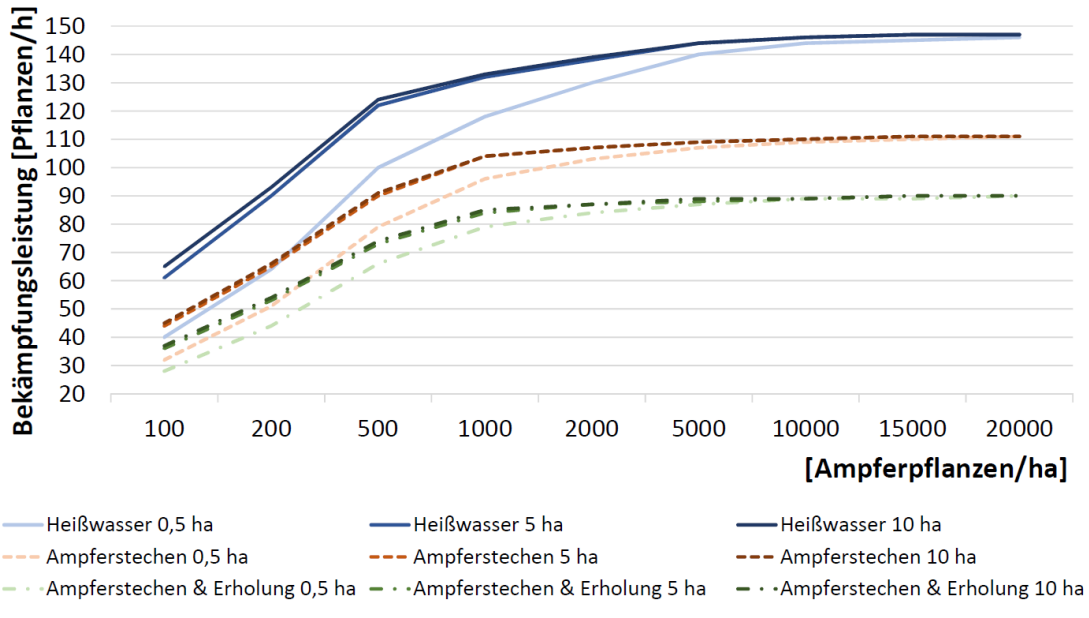


Abbildung 2: Übersicht zur Bekämpfungsleistung der Verfahren bei unterschiedlicher Pflanzenanzahl und Flächengröße

Für die Beispielsberechnung der Kostenentwicklung der Verfahren wurde eine zu behandelnde Fläche von 1 ha angenommen. Für diese Konstellation wurde ebenfalls die Bekämpfungsleistung ermittelt (*Tabelle 5*).

Tabelle 5: Errechnete Bekämpfungsleistung [Pfl./h] bei steigender Pflanzenanzahl am Beispiel von 1 ha Fläche

Anzahl Pflanzen/ha	**[Pfl.]**	**100**	**200**	**500**	**1000**	**2000**	**5000**	**10000**	**15000**	**20000**
Ampferstechen	**[Pfl./h]**	38	58	85	100	105	108	110	110	111
Ampferstechen mit Erholung	**[Pfl./h]**	32	49	82	85	85	89	89	89	90
Heißwasserbehandlung	**[Pfl./h]**	49	76	110	125	135	142	145	146	147

Mit den in *Tabelle 5* ermittelten Werten wurde die Verfahrenskostenrechnung durchgeführt (*Abbildung 2*). Die Kosten der Heißwasserbehandlung sind im gewählten Beispiel geringfügig höher, als beim Standardverfahren Ampferstechen. Das Ampferstechen mit Erholungszeit wiederum ist geringfügig teurer als die Heißwasserbehandlung.

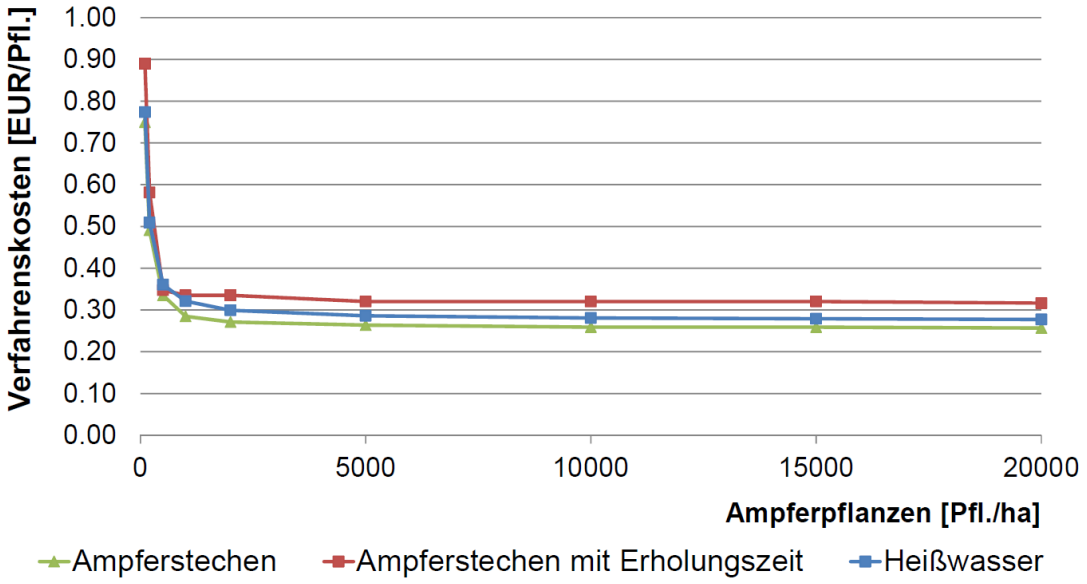


Abbildung 3: Verfahrenskosten der Varianten bei einer Bearbeitungsfläche von 1 ha in Abhängigkeit von der Anzahl der Ampferpflanzen pro Fläche.

4. DISKUSSION

Bei früheren Kostenberechnungen [1, 9] wurde der Arbeitszeitbedarf für das manuelle Ampferstechen als konstant angenommen. Im Vergleich dazu wurde bei diesem neuen Berechnungsansatz der Arbeitszeitbedarf mithilfe des Modellkalkulationssystems PROOF modelliert. Aufgrund fehlender Planzeitwerte für das händische Ampferstechen auf einem Grünlandbetrieb, stammen die hier verwendeten Planzeitwerte aus einer Studie auf einem Marktfruchtbetrieb mit geringem Ampferbesatz. Die dadurch modellierten Arbeitszeitbedarfszahlen sind deshalb wahrscheinlich tendenziell zu tief. Es kann festgehalten werden, dass der Arbeitszeitbedarf bei beiden Verfahren mit ansteigender Anzahl von Pflanzen und Flächengröße schnell ansteigt und sich schließlich einem Grenzwert nähert. Im Schnitt liegt der Arbeitszeitbedarf bei der Heißwasserbehandlung um knapp 24 % tiefer als beim Ampferstechen. Gegenüber der Variante Ampferstechen mit 15-minütiger Erholungszeit pro Stunde liegt der Unterschied sogar bei 46 %. Die Einführung dieser Erholungszeit ist gerechtfertigt, da eine Dauerleistung beim Ampferstechen ohne Regenerationspausen aufgrund der starken körperlichen Beanspruchung unrealistisch ist. Die optimale Länge der Pause müsste allerdings noch untersucht werden.

Der tiefere Arbeitszeitbedarf der Heißwasserbehandlung schlägt sich in der höheren Anzahl Pflanzen nieder, die mit den Verfahren pro Stunde bekämpft werden können. Der Unterschied zwischen dem Ampferstechen und der Heißwasserbehandlung ist unter den gegebenen Modellannahmen aber nicht groß genug, damit mit dem Heißwasserverfahren im Vergleich zum Ampferstechen ohne Erholungszeit kostendeckend gearbeitet werden könnte. Gegenüber dem Ampferstechen mit Erholungszeit ist die Heißwasserbehandlung etwas kostengünstiger. Bei einer Behandlungsfläche von 1 ha und 2000 Pflanzen/ha betragen die Bekämpfungskosten beim Ampferstechen 0,27 EUR/Pfl., beim Heißwasserverfahren 0,30 EUR/Pfl. und beim Ampferstechen mit 15-minütiger Erholungszeit 0,34 EUR/Pfl.. Den marginal höheren Kosten stehen allerdings die höhere Bekämpfungsleistung und die geringere physische Belastung durch das Heißwasserverfahren gegenüber.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Latsch, R.; Sauter, J. (2014): Optimisation of hot-water application technology for the control of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius*). Journal of Agricultural Engineering 45 (4), S. 137–145

[2] Zaller, J. G. (2004): Ecology and non-chemical control of Rumex crispus and R. *obtusifolius* (Polygonaceae): a review. Weed Research 44, S. 414–432

[3] Brune, H. (1955): Experimentelle Untersuchungen am Wiederkäuer zur alimentären Wirksamkeit der nativen Oxalsäure. Zeitschrift für Tierernährung und Futtermittelkunde 10 (1–3), S. 102–122

[4] Roth, L.; Daunderer, M.; Kormann, K. (2012): Giftpflanzen – Pflanzengifte. Hamburg, Germany, Nikol-Verlag

[5] Bond, W.; Turner, R. J. (2003): The biology and non-chemical control of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius L.*) and curled dock (*R. crispus L.*). Henry Doubleday Research Association HDRA internal report, 16 S.

[6] Pino, J.; Haggar, R. J.; Sans, F. X.; Masalles, R. M.; Hamilton, R. N. S. (1995): Clonal growth and fragment regeneration of *Rumex obtusifolius* L. Weed Research 35 (3), S. 141–148

[7] Roberts, R. A.; Hughes, W. E. (1939): Biological studies in the control of docks (*Rumex spp.*). Welsh Journal of Agriculture 15, S. 218–237

[8] Hebeisen, H.; Gago, R.; Jeangros, B.; Lüscher, A. (2011): Wiesenblacke und Alpenblacke – vorbeugen und bekämpfen. AGFF – Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues, Merkblatt 7, Zürich, Switzerland, 8 S.

[9] Latsch, R.; Anken, T.; Herzog, C.; Sauter, J. (2016): Controlling *Rumex obtusifolius* by means of hot water. Weed Research, S. 1–9

[10] Riegel, M.; Schick, M. (2005): The PROOF model calculation system using the example of pig husbandry. Increasing work efficiency in agriculture, horticulture and forestry. 19.–21.09.2005, Hohenheim, Germany, S. 360-368

[11] REFA (1973): Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 1, Grundlagen. München, Carl Hanser Verlag, 2. Edition

[12] Brandl, J. (2003): Arbeitswirtschaftliche Erschwernisse und Arbeitsqualität auf Biobetrieben. Interner Abschlussbericht

Digitale, automatisierte Dokumentation von Maschinen-, Anbaugeräten- und MitarbeiterInnen-Aktivität im landwirtschaftlichen Pflanzenbau

Theresa Schuller, Jörg Rühle
Universität Hohenheim – Institut für Agrartechnik und 365FarmNet, Berlin, Deutschland

DIE DIGITALE UND AUTOMATISIERTE DOKUMENTATION VON MASCHINEN- UND ANBAUGERÄTE-AKTIVITÄTEN GEWINNT IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN PLFANZENPRODUKTION IMMER MEHR AN BEDEUTUNG. LANDWIRTE ERHALTEN SO EINEN GENAUEN ÜBERBLICK ÜBER DIE AUSLASTUNG UND KÖNNEN DIESE INFORMATIONEN BEI BETRIEBSENTSCHEIDUNGEN EINBEZIEHEN. DIESE ERFASSUNG DER MASCHINEN- UND GERÄTEAUSLASTUNG KANN MIT HILFE VON TRACKING-SYSTEMEN ERFOLGEN, DIE SOGENANNTE BEACONS NUTZEN. DAS 365ACTIVE SYSTEM VON 365FARMNET ERMÖGLICHT VERSCHIEDENE AUSWERTUNGEN DER PFLANZENBAULICHEN TÄTIGKEITEN. NEBEN DER DOKUMENTATION DER MASCHINEN- UND ANBAUGERÄTE- AKTIVITÄT KANN AUCH DIE MITARBEITER-AKTIVITÄT ERFASST WERDEN. DIE ERFASSUNG DER MITARBEITERAKTIVITÄT BENÖTIGT ABER DER EXPLIZITEN ZUSTIMMUNG DER BETROFFENEN PERSONEN, UM DIE VORGABEN DER NEUEN EU-DATENSCHUTZ-GRUNDVERORDNUNG EINZUHALTEN.

1. EINLEITUNG

Die Kosten in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion setzen sich aus vielen verschiedenen Quellen zusammen. Einen großen Anteil nehmen die Ausgaben für Verbrauchsmittel wie Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel ein. Die Kosten lassen sich einfach über die Auflistung auf den Rechnungen dokumentieren und analysieren.

Der andere Teil der Kosten besteht aus den Maschinenkosten. Um die Einsatzzeiten und die Flächenleistung der Maschinen- und Anbaugeräte möglichst genau zu erfassen, können sogenannte Tracking-Systeme herangezogen werden. Diese ermöglichen eine detaillierte Auflistung der Arbeitszeiten und der bearbeiteten Fläche. Eine Dokumentation des zeitlichen Einsatzes und der Flächenleistung von Maschinen und Anbaugeräten ist die Grundlage für eine Effizienzanalyse zur Kosteneinsparung. Diese Informationen können in die gesamtbetriebliche Kostenbetrachtung und Betriebsanalyse einbezogen werden.

Diese Trackingsysteme lassen sich aber auch dafür nutzen, eine gerechte und nachweisbare Abrechnung von Maschinen und Anbaugeräten durchzuführen, wie beispielsweise in Maschinengemeinschaften. Über die Zeit- und Flächenerfassung kann die genutzte Leistung berechnet werden. Ebenso kann die Arbeitszeit der Mitarbeiter erfasst werden.

Die genaue Kostenanalyse ist für den wirtschaftlichen Erfolg von landwirtschaftlichen Betrieben von großer Bedeutung und wird in Zukunft noch weiter zunehmen. Die Tracking-Systeme werden dadurch in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Im Folgenden soll das System 365Active näher vorgestellt werden, ebenso wie die Funktionen und die Auswertungsmöglichkeiten.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Dokumentationssystem 365Active

Das Unternehmen 365FarmNet hat für den Einstieg in die automatisierte Dokumentation das System 365Active entwickelt. Für das Dokumentationssystem werden die sogenannten 365ActiveBoxen und die 365Active App auf mobilen Endgeräten benötigt.

Bei den 365ActiveBoxen handelt es sich um Beacons. Beacons (Deutsch: Leuchtfeuer) sind kleine Minisender. Sobald ein Smartphone oder Tablet mit der entsprechenden App in die Nähe des Senders kommt, registriert er dieses und sendet via Bluetooth Low Energy (BLE) eine Nachricht an das Smartphone. Es handelt sich um eine Weiterentwicklung von Bluetooth mit deutlich weniger Energieverbrauch [1]. Dies ist notwendig, um die Beacons praxistauglich zu machen, da sie eine möglichst lange Lebensdauer erzielen sollen. Der Datenaustausch ist einseitig, das heißt, die Beacons können nur als Sender des iBeacon-Protokolls über Bluetooth Low Energy arbeiten, aber keine Daten empfangen. Die Daten werden auf der 365FarmNet-Plattform verarbeitet.

Die Grafik zeigt den schematischen Aufbau und die Funktion des Systems 365Active für die automatisierte Dokumentation.

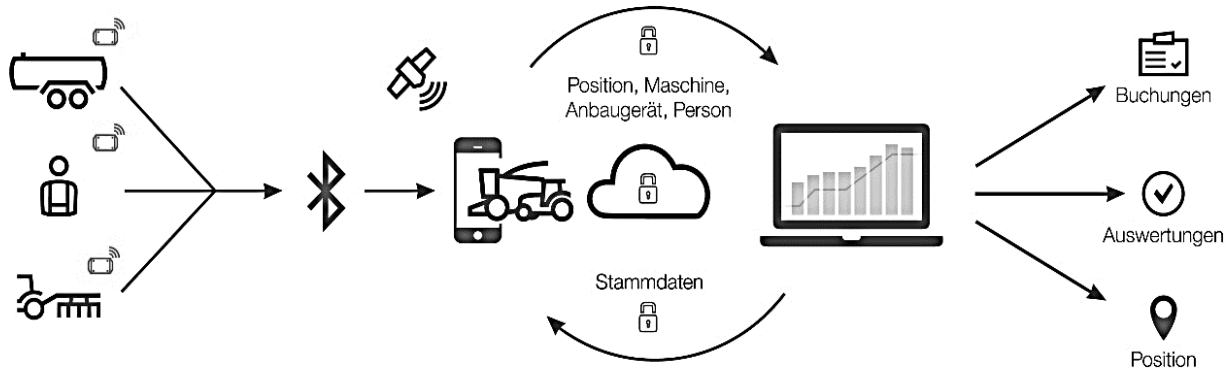


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des automatisierten Dokumentationssystems 365Active

Im ersten Schritt wird die 365Active App auf den mobilen Endgeräten, also einem Smartphone oder Tablet, installiert. In der App wird im Anschluss festgelegt, ob es sich um eine Maschine, zum Beispiel einen Traktor, handelt. Ebenso hat man die Möglichkeit, eine Erntemaschine oder eine Entladestelle festzulegen. Wichtig ist dabei, dass auf den mobilen Endgeräten die Bluetooth- und GPS-Funktion eingeschaltet ist. Bluetooth wird benötigt, um die Signale der 365ActiveBoxen, also der Beacons, zu empfangen. GPS wird benötigt, um eine automatische Schlagerkennung zu ermöglichen. Ebenso wird die Maschinenposition erfasst und Fahrspuren aufgezeichnet.

Jedes Anbaugerät, deren Aktivität aufgezeichnet werden soll, wird mit einer 365ActiveBox ausgestattet. Mit Hilfe der 365Active App werden im nächsten Schritt die 365ActiveBoxen eindeutig mit einem Anbaugerät gekoppelt. Die 365ActiveBox kann über die Seriennummer eindeutig identifiziert werden. In der App wird nun ein Gerätename und -typ vergeben. Die Informationen können mit einem Bild des Anbaugerätes ergänzt werden. Die Möglichkeit besteht aber noch zu einem späteren Zeitpunkt. Die App erkennt nun, welche 365ActiveBox und somit welches Gerät sich in Empfangsreichweite des Smartphones oder Tablets befindet.

Sobald die 365Active App auf einem Traktor, einer Erntemaschine oder einer Entladestelle eingeschaltet ist, beginnt die Dokumentation der Maschinen- und Anbaugeräteaktivität. Die aufgezeichneten Informationen werden automatisch in die 365FarmNet Plattform gesendet. Es sind unter anderem die Positionsbestimmung der Maschine, deren Fahrspur oder maschinen- und schlagbezogene Auswertungen möglich. Dazu gehört unter anderem die Zeiterfassung von Maschinen und Anbaugeräten für die Effizienzanalyse.

Die Dokumentation der Tätigkeiten erfolgt als vorläufige Buchung in der 365FarmNet Plattform. Der Landwirt hat nun die Möglichkeit, zusätzlich zur Zeit- und Flächenerfassung auch noch die Verbrauchsmittel zu hinterlegen, bevor die Tätigkeit endgültig verbucht wird. Die Mitarbeiter können mit zusätzlichen personenbezogenen Beacons, beispielsweise als Schlüsselanhänger, ausgestattet werden, um automatisiert zu erfassen, wer die Tätigkeit ausführt.

Die technische Umsetzung für die Dokumentation der Ernte von beispielsweise Silomais unterscheidet sich ein wenig. Auf der Erntemaschine und auf der Waage wird jeweils ein Tablet mit der 365ActiveApp installiert. In den Profilen der 365ActiveApp werden die entsprechenden Profile Erntemaschine und Entladestelle ausgewählt. An jedem Abfuhrwagen wird eine 365Active Box befestigt. Sobald der Abfuhrwagen in die Nähe des Erntefahrzeuges kommt, beginnt die Dokumentation der Beladung. Wenn der Waagen beladen ist und auf den Weg zur Entladung ist, endet die Beladedokumentation. Sobald das Abfuhrgespann die Waage erreicht, wird die Zeit der Entladung erfasst.

2.2 Feldversuche

Das automatisierte Dokumentationssystem 365Active wurde im Erntejahr 2017 auf mehreren Betrieben getestet, um bereits gewonnene Erkenntnisse zu verfestigen und betriebsspezifische Parameter zu erfassen. Dadurch wird gewährleistet, dass das System möglichst nahe am Kunden weiterentwickelt wird. Die Zeiterfassung und die Dokumentation von Maschinen und Anbaugeräten standen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Die dokumentierten Parameter sind in der *Abbildungen 2* bis *5* tabellarisch dargestellt.

365Active wurde im Rahmen der Masterarbeit bei der Silomaisernte auf dem Betrieb Josef Schuller, 95703 Plößberg, am 30.09.2017 exemplarisch auf zwei Schlägen getestet. Die gewonnenen Daten werden im Kapitel 3.5 Ernte-Transport-Protokoll dargestellt. Im Ernte-Transport-Protokoll wird die Biomasseernte dokumentiert.

Im Rahmen des Feldversuches wurden auch die Maschinen- und Anbaugeräteaktivität aufgezeichnet. Allerdings sind die erfassten Daten für die Auswertung der Maisernte nicht von großer Bedeutung. Die Reports der Maschinen- und Anbaugeräte-Aktivität eignen sich vielmehr für die Dokumentation von Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflanzenschutzmaßnahmen. Die bezeichneten Daten, die in den Abbildungen dargestellt sind, wurden im Rahmen von Praxistests am Beispiel der Stoppelbearbeitung auf dem Betrieb Hans Wilhelm Glitz, 33014 Bad Driburg, erhoben. Neben der Maschinen- und Anbaugeräte-Aktivität wurde auch die Mitarbeiter-Aktivität erfasst.

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf die automatisierte Dokumentation der Stoppelbearbeitung und der Silomaisernte.

3. ERGEBNISSE

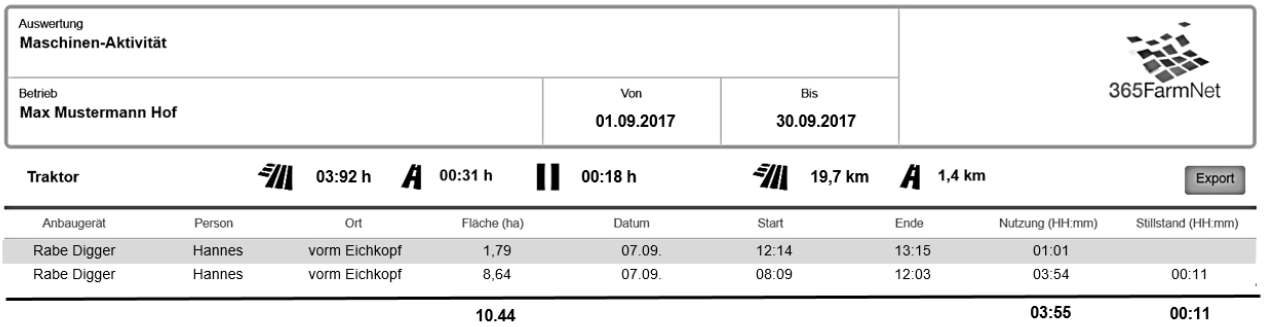
3.1 Allgemein

Dem Landwirt stehen verschiedene Auswertungen zur Verfügung. Er kann sich unter anderem Übersichten über die Aktivitäten der Maschinen, Anbaugeräte, Mitarbeiter und das sogenannte Ernte-Transport-Protokoll erstellen. Zudem können die Berichte nach verschiedenen Kriterien gefiltert werden. Dazu gehören unter anderem der Zeitraum, die Maschine beziehungsweise das Anbaugerät oder der Schlag. Dadurch können die verschiedenen Berichte nach den Bedürfnissen der Landwirte generiert werden. Er hat so die Möglichkeit, sich die Einsatzzeiten anzeigen zu lassen, die er für die Effizienzanalyse benötigt.

Die Berichte sind vergleichbar aufgebaut, sodass sich der Landwirt einfach zurechtfindet.

3.2 Maschinen-Aktivität

Die Reportmöglichkeit Maschinen-Aktivität liefert eine genaue Übersicht über den Einsatz von Maschinen, wie etwa Traktoren oder Erntemaschinen.



Auswertung
Maschinen-Aktivität

365FarmNet

Betrieb	Von	Bis
Max Mustermann Hof	**01.09.2017**	**30.09.2017**

Traktor 03:92 h | 00:31 h | 00:18 h | 19,7 km | 1,4 km | Export

Anbaugerät	Person	Ort	Fläche (ha)	Datum	Start	Ende	Nutzung (HH:mm)	Stillstand (HH:mm)
Rabe Digger	Hannes	vorm Eichkopf	1,79	07.09.	12:14	13:15	01:01	
Rabe Digger	Hannes	vorm Eichkopf	8,64	07.09.	08:09	12:03	03:54	00:11
			10.44				**03:55**	**00:11**

Abbildung 2: Auswertung Maschinen-Aktivität

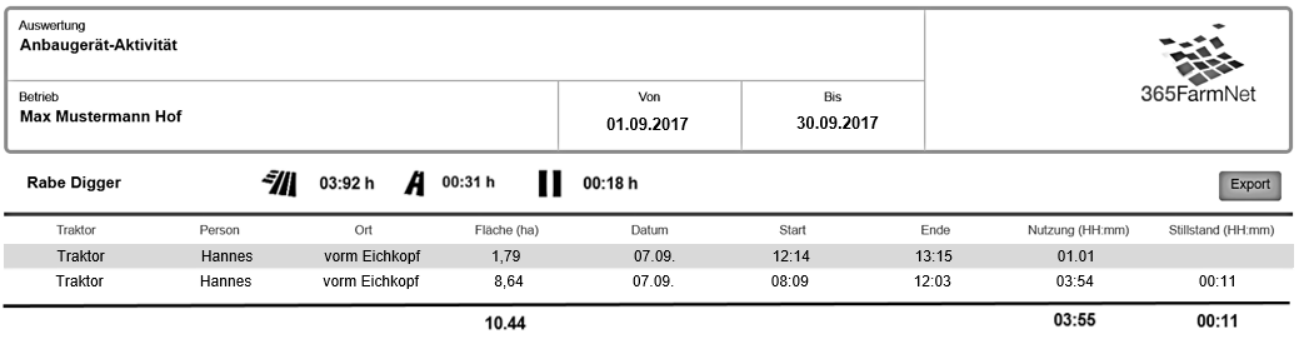
In *Abbildung 2* ist ein Auszug aus dem Report der Maschinen-Aktivität des Traktors bei der Stoppelbearbeitung zu sehen.

Die tabellarische Übersicht stellt sowohl verschiedenen Zeiten als auch die zurückgelegte Strecke dar. Weiterhin ist ersichtlich, dass der Traktor 03:92 h auf dem Schlag *vorm Eichkopf* gearbeitet hat. Die Maschinenzeit außerhalb der Schlaggrenzen wird als Straßenfahrt identifiziert. Die Zeit der Straßenfahrt beläuft sich hier auf 00:31 h. Die dritte Zeit, die erfasst wird, ist die Stillstandzeit. In diesem Beispiel beträgt sie 00:18 h. Insgesamt hat der Traktor 19,7 km auf dem Schlag und 1,4 km außerhalb des Schlages zurückgelegt.

In der tabellarischen Auflistung wird gezeigt, mit welchen Anbaugeräten die Maschine gearbeitet hat. Hier ist nur ein Anbaugerät, der Rabe Digger, zu sehen. Als nächstes wird die Person genannt, die mit der Maschine gefahren ist. Es folgt die Bezeichnung des bearbeiteten Schlages, die bearbeitete Fläche und eine minutengenaue Auflistung der Start- und Endzeit. Daraus werden die Nutzungsdauer und die Stillstandzeit ermittelt.

3.3 Anbaugeräte-Aktivität

Die Auswertung der Anbaugeräte-Aktivität ist ähnlich wie die für die Maschinen-Aktivität aufgebaut und gibt ebenso eine Übersicht über die eingesetzte Zeit und bearbeitete Fläche.



Auswertung
Anbaugerät-Aktivität

365FarmNet

Betrieb	Von	Bis
Max Mustermann Hof	**01.09.2017**	**30.09.2017**

Rabe Digger 03:92 h | 00:31 h | 00:18 h | Export

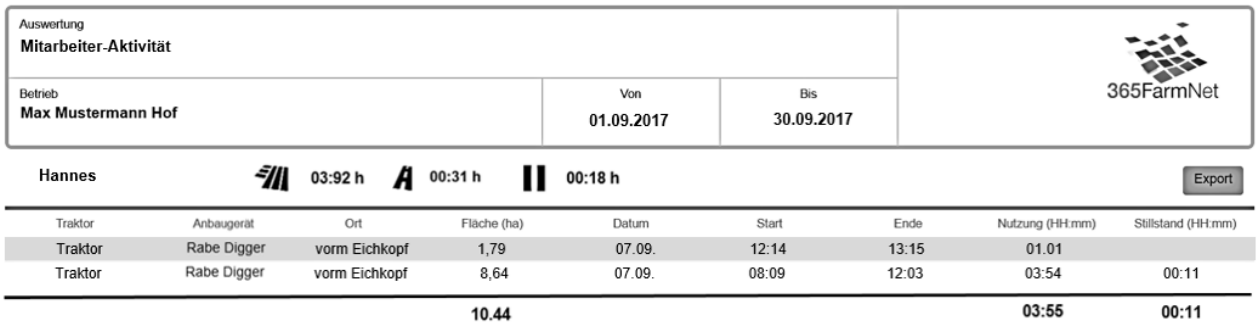
Traktor	Person	Ort	Fläche (ha)	Datum	Start	Ende	Nutzung (HH:mm)	Stillstand (HH:mm)
Traktor	Hannes	vorm Eichkopf	1,79	07.09.	12:14	13:15	01.01	
Traktor	Hannes	vorm Eichkopf	8,64	07.09.	08:09	12:03	03:54	00:11
			10.44				**03:55**	**00:11**

Abbildung 3: Auswertung Anbaugeräte-Aktivität

Der Auszug zeigt die Auswertung des Einsatzes des Stoppelbearbeitungsgerätes Rabe Digger. Da das Anbaugerät zusammen mit dem Traktor (siehe 3.2) eingesetzt wurde, stimmen die Zeiten und die Stecke überein. Die Maschine wurde 03:92 h auf dem Schlag *vorm Eichenkopf* eingesetzt, war insgesamt 00:31 h außerhalb der Schläge unterwegs und hatte eine Stillstandzeit von 00:18 h.

3.4 Mitarbeiter-Aktivität

Neben der Maschinen- und Anbaugeräte-Aktivität können auch die genauen Arbeitszeiten der Mitarbeiter erfasst werden. Nach der neuen EU-Datenschutz-Grundverordnung setzt die Dokumentation der Arbeitszeiten das Einverständnis des betreffenden Mitarbeiters voraus.



Auswertung
Mitarbeiter-Aktivität

365FarmNet

Betrieb	Von	Bis
Max Mustermann Hof	**01.09.2017**	**30.09.2017**

Hannes 03:92 h 00:31 h 00:18 h Export

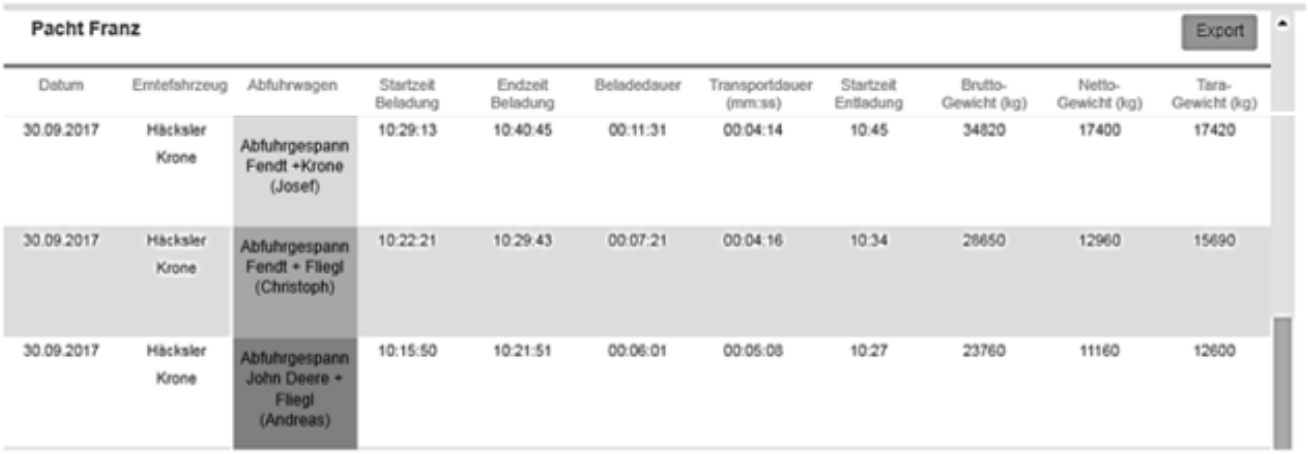
Traktor	Anbaugerät	Ort	Fläche (ha)	Datum	Start	Ende	Nutzung (HH:mm)	Stillstand (HH:mm)
Traktor	Rabe Digger	vorm Eichkopf	1,79	07.09.	12:14	13:15	01.01	
Traktor	Rabe Digger	vorm Eichkopf	8,64	07.09.	08:09	12:03	03:54	00:11
			10.44				**03:55**	**00:11**

Abbildung 4: Auswertung Mitarbeiter-Aktivität

Der Mitarbeiter Hannes war mit dem Traktor und dem Anbaugerät Rabe Digger insgesamt 03:92 h auf dem Schlag *vorm Eichenkopf* tätig, hat 00:31 h außerhalb der Schläge verbracht und hat eine Stillstandzeiten von 00:18 h gehabt. Insgesamt hat er in 03:92 h eine Fläche von 10,44 ha bearbeitet.

3.5 Ernte-Transport-Protokoll

Das Ernte-Transport-Protokoll wird vor allem für die Dokumentation und Auswertung der Einsatzzeiten der Maschinen und Mitarbeiter bei der Biomasseernte, sowie der geernteten und transportierten Menge genutzt. Im Folgenden wird ein Auszug aus dem Ernte-Transport-Protokoll vom Feldversuch im Rahmen der Masterarbeit gezeigt.



Pacht Franz Export

Datum	Erntefahrzeug	Abfuhrwagen	Startzeit Beladung	Endzeit Beladung	Beladedauer	Transportdauer (mm:ss)	Startzeit Entladung	Brutto-Gewicht (kg)	Netto-Gewicht (kg)	Tara-Gewicht (kg)
30.09.2017	Häcksler Krone	Abfuhrgespann Fendt +Krone (Josef)	10:29:13	10:40:45	00:11:31	00:04:14	10:45	34820	17400	17420
30.09.2017	Häcksler Krone	Abfuhrgespann Fendt + Fliegl (Christoph)	10:22:21	10:29:43	00:07:21	00:04:16	10:34	28650	12960	15690
30.09.2017	Häcksler Krone	Abfuhrgespann John Deere + Fliegl (Andreas)	10:15:50	10:21:51	00:06:01	00:05:08	10:27	23760	11160	12600

Abbildung 5: Auswertung Ernte-Transport-Protokoll

Für jeden einzelnen Schlag kann eine genaue Übersicht zur Ernte abgerufen werden. In der tabellarischen Auflistung werden die Informationen zu jedem einzelnen Transportfahrzeug dargestellt. Zu jedem Abfuhrwagen wird die Start- und Endzeit der Beladung dokumentiert. Daraus errechnet sich die Beladedauer. Ebenso wird die Startzeit der Entladung erfasst. Daraus ergibt sich die Transportdauer. Das Gewicht des Erntegutes kann über ein csv-file, das von der Waage erstellt wird, eingelesen und den Abfuhrgespannen zugeordnet werden. Am Ende der Auflistung ist die Gesamterntemenge notiert.

4. DISKUSSION

4.1 Mehrwert für die landwirtschaftlichen Betriebe

Das automatisierte Dokumentationssystem 365Active erleichtert die landwirtschaftliche Betriebsführung. Es liefert einen Überblick über die Einsatzzeiten der Maschinen-, Anbaugeräte und Mitarbeiter-Aktivität. Dadurch kann eine Effizienzanalyse der Maschinen und Anbaugeräte erstellt werden. Die tatsächlichen Arbeitszeiten werden erfasst.

Darüber hinaus können pflanzenbauliche Tätigkeiten schlagbezogen in der Plattform auf die einzelnen Schläge gebucht werden. Der Landwirt wird so in der zunehmenden Dokumentationspflicht und geforderten Transparenz unterstützt. Dies wird unter anderem vom Gesetzgeber, von Lebensmittelherstellern und vom Verbraucher eingefordert und verursacht zunächst höhere Kosten für den landwirtschaftlichen Betrieb. Automatisierte Dokumentationssysteme wie beispielsweise das 365Active System schaffen die notwendige Transparenz bei gleichzeitig geringen Anschaffungs- und Betriebskosten für landwirtschaftliche Betrieb.

Die geringen Anschaffungskosten bieten einen großen Vorteil gegenüber von teuren Telemetriesystemen, die ohnehin nur auf technisch moderneren Maschinen installiert werden können. Das rechnet sich überwiegend nur bei großen, spezialisierten Ackerbaubetrieben. Das Dokumentationssystem 365Active eignet sich auch für kleinere und mittlere Betriebe, die den ersten Schritt in die Automatisierung machen. Zudem können auch ältere, analoge Maschinen und Anbaugeräte in den Dokumentationsprozess integriert werden.

Die digitale Dokumentation und Analyse von Produktionsprozessen gewinnen eine zunehmende Bedeutung. Produktionskosten wie beispielsweise der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmittel können bei gleichem Ertrag reduziert werden. Sowohl die Umwelt als auch die Wirtschaftlichkeit von landwirtschaftlichen Betrieben werden gleichermaßen begünstigt.

4.2 Gewährleistung des EU-Datenschutzgesetzes

Im Mai 2018 tritt die neue EU-Datenschutz-Grundverordnung EU-DSGVO in allen EU-Mitgliedstaaten in Kraft [2]. Mit der neuen Grundverordnung werden die unterschiedlichen nationalen Datenschutzbestimmungen überwiegend nivelliert. In einem eingeschränkten Umfang können mittels Öffnungsklauseln nationale Bestimmungen geltend gemacht werden.

Mit der neuen EU-Datenschutzgrundverordnung werden personenbezogen Daten und deren Verwendung in besonderem Maße geschützt. Unter anderem müssen personengebundene Daten zeitlich begrenzt, zweckgebunden, nachvollziehbar und vertraulich behandelt werden [3].

Eine Person kann Rechenschaft über die Nutzung seiner personenbezogenen Daten einfordern. Der Nutzer beziehungsweise Verarbeiter von personenbezogenen Daten muss auf Anfrage innerhalb einer Frist nachvollziehbar offenlegen, wie die individuell personenbezogenen Daten verwendet und gespeichert werden.

Bei Zuwiderhandlung der neuen EU-Datenschutz-Grundverordnung durch Nutzer von Daten wie beispielsweise Unternehmen oder auch Agrar-Management-Software-Anbieter, können empfindliche Strafen geltend gemacht werden.

Die neue EU-Datenschutzverordnung schützt auch Arbeitnehmerdaten in verstärktem Maße. Die Dokumentation von personenbezogenen Daten im Rahmen der Arbeitstätigkeit ist nur mit dem Einverständnis des betreffenden Arbeitnehmers möglich. Zukünftig unterliegt die softwarebasierte Erfassung, Dokumentation und Analyse von personenbezogenen Arbeitszeiten strengeren Richtlinien. Ein Datenmissbrauch soll dadurch verhindert werden.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Beacon. OnlineMarketing.de GmbH, https://onlinemarketing.de/lexikon/definition-beacon, 06.10.2017

[2] EU-Datenschutzverordnung: Das müssen Sie wissen. Intersoft consulting services AG, https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/fachbeitraege/eu-datenschutz-grundverordnung/ 03.01.2018

[3] Rechtliche Situation; Bieten die gesetzlichen Rahmenbedingungen ausreichend Schutz für meine Daten?. Eisenberger. Workshop auf der Konferenz der Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Wieselburg: Herausforderungen und Chancen für die Landwirtschaft in der digitalisierten Welt – LW 4.0, 2017

Zeitgliederung als Basis für die Optimierung des Maschineneinsatzes

Winfried Fechner, Norbert Uebe
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung neuer Hardware und Software zur Informationsgewinnung in landwirtschaftlichen Maschinen schafft eine immer bessere Voraussetzung für die Aufzeichnung und Kontrolle des Zeitaufwandes in der landwirtschaftlichen Praxis sowie für die Optimierung des Maschineneinsatzes. Dabei ist die Anwendung eines Zeitgliederungsschemas angebracht. Eine einheitliche Definition für ein Zeitgliederungsschema und die darin enthaltenen Teilzeiten existiert zurzeit nicht, wäre jedoch zum besseren gegenseitigen Verständnis notwendig. Im vorliegenden Beitrag werden deshalb Definitionen zur Aufgabenverrichtungszeit, Wendezeit, Fahrzeit am Arbeitsort, ablaufbedingten Wartezeit, Last- und Leerfahrtzeit, Belade- und Entladezeit, Störzeit, Wegezeit sowie Vor- und Nachbereitungszeit und mögliche Aggregierungen vorgeschlagen. Diese werden im Weiteren hinsichtlich produktiver Arbeitszeit, nur mittelbar wirkender Hilfszeiten, zufälliger Störzeiten und allgemeinen Vor- und Nachbereitungszeiten unterschieden und gegliedert. Durch den Vergleich und die Bewertung von Teilzeiten und Zeitsummen werden Voraussetzungen geschaffen, um verschiedene Lösungen bei der Produktentwicklung in der Landmaschinenindustrie leichter vergleichen zu können sowie Möglichkeiten der Einsatzoptimierung im Landwirtschaftsbetrieb aufzuzeigen.

1. EINLEITUNG

Moderne landwirtschaftliche Maschinen sind mit ISOBUS und GPS ausgestattet und bieten gute Voraussetzungen zur Implementierung automatisch arbeitender Zeiterfassungssysteme. Die damit erfassten Daten können u. a. für

- die Beurteilung der Maschineneffizienz,
- die Abrechnung von Arbeitsleistungen,
- den Vergleich von Arbeitsverfahren,
- die Modellierung und Simulation von Maschineneinsätzen

genutzt werden.

Zur Datenaufbereitung und Auswertung der erfassten Daten hat sich die Anwendung eines Zeitgliederungsschemas bewährt [1 ... 12].

Da die Anforderungen an ein Zeitgliederungsschema für die Anwendung in der Landwirtschaft sehr unterschiedlich sind (es müssen die Belange des Pflanzenbaus, der Tierhaltung, des KTBL, der Industrie, der Forschung berücksichtigt werden) ist mit dem Einsatz verschiedener Varianten von Zeitgliederungsschemata zu rechnen.

Unabhängig davon muss jedoch bei der Definition der Teilzeiten hinsichtlich ihres Beginns und Endes eine weitgehende Übereinstimmung erzielt werden. Dies fand bisher in der Literatur wenig Beachtung.

Im Folgenden sollen deshalb Vorschläge unterbreitet und eine Diskussion angeregt werden, wie die wichtigsten Teilzeiten definiert werden können. Zunächst soll dies für den Bereich des Pflanzenbaus vorgeschlagen werden. Besonderes Augenmerk liegt einerseits auf den Erfordernissen, die durch eine automatisierte Erfassung der Teilzeiten entstehen und andererseits auf einer vom aktuellen Stand der Sensorik unabhängigen, allgemein gültigen Unterscheidung.

2. DEFINITIONEN

2.1 Aufgabenverrichtungszeit (Arbeitsverrichtungszeit im engeren Sinne)

Der wichtigste Zeitanteil beim Einsatz von Maschinen und Geräten ist die Zeit, bei der die beabsichtigte Arbeit erfüllt wird. Da hier der Auftrag bzw. die Aufgabe unmittelbar verrichtet wird, soll diese als „Aufgabenverrichtungszeit“ bezeichnet werden.

Die Aufgabenverrichtungszeit ist der Teil der Arbeitszeit, bei dem die Maschine im Sinne ihrer Erfindung tätig ist. Der Umfang der Aufgabe bzw. des Auftrages reduziert sich kontinuierlich.

Das KTBL bezeichnet sie als „Arbeitsverrichtungszeit im engeren Sinne“. In der früheren TGL 22289 wurde sie als Grundzeit T_1 bezeichnet.

Bei einer automatischen Zeiterfassung setzt die Zuordnung zur „Aufgabenverrichtungszeit“ voraus, dass alle

- notwendigen Arbeitsorgane aktiv sind,
- sich in Arbeitsstellung befinden,
- eine über dem Leerlauf liegende Energie verbrauchen,
- eine Bewegung eines Gutes stattfindet und
- eine gerichtete Fahrbewegung erfolgt.

Durchläuft das Gut eine Maschine, ist für Beginn und Ende der Aufgabenverrichtungszeit das Arbeitsorgan maßgeblich, welches das Gut abgibt bzw. aufnimmt.

Eine besondere Situation liegt vor, wenn die technische Arbeitsbreite nur noch minimal genutzt wird oder der Durchsatz nur noch sehr gering ist. Für die Zuordnung derartiger Zeiträume zur Aufgabenverrichtung ist die Festlegung eines Grenzwertes wünschenswert, der in möglichst vielen Situationen befriedigende Ergebnisse liefert.

Die Problematik eines Grenzwertes soll an einem Beispiel gezeigt werden. Eine häufige Situation besteht darin, dass das Feld bzw. die Bearbeitungsspuren nicht rechtwinklig zum Vorgewende enden. Wann beginnt bzw. endet die Aufgabenverrichtungszeit? In diesem Fall erscheint es zweckmäßig, den Grenzwert auf 50 % festzusetzen. Über- oder unterschreitet die genutzte Arbeitsbreite diesen Grenzwert, erfolgt der Wechsel aus der oder in die Aufgabenverrichtungszeit. Dieser Mindestwert von 50 %-iger Nutzung der Arbeitsbreite ist aber beim Bearbeiten eines Restbeetes ungeeignet. In diesem Fall sollte der Grenzwert möglicherweise zwischen 1 % und 5 % liegen. In der Praxis gehen beide Situationen kontinuierlich ineinander über. Da ein in Abhängigkeit von der Situation immer wieder neu zu bestimmender Grenzwert zu kompliziert erscheint, wird vorgeschlagen, den Grenzwert für alle Situationen bei etwa 10 % festzulegen. In *Abbildung 1* ist beispielhaft die sich dann ergebende Zuordnung dargestellt. Rechteckig sind die Bereiche dargestellt, bei denen alle Arbeitsorgane aktiv sind. Liegt die Ausnutzung der Arbeitsbreite unter 10 % (die Schraffur ändert sich), wechselt die Zuordnung von der mit schwarzem Pfeil dargestellten Arbeitsverrichtungszeit in eine mit grauem Pfeil dargestellte Wendezeit und wieder zurück.

Die Höhe des festgelegten Grenzwertes beeinflusst außerdem die innerhalb der Aufgabenverrichtungszeit bearbeiteten Flächen, welche in Summe dann kleiner oder größer als die Gesamtfläche des Feldes sein können.

Der Grenzwert von 10 % könnte auch für weitere Maschinenparameter genutzt werden, wie bspw. dem Durchsatz und der Fahrgeschwindigkeit. Als Bezugswerte bieten sich die Durchschnittswerte auf dem aktuellen Feldstück an. Wird ein Grenzwert unterschritten, erfolgt die Zuordnung zur nachfolgenden Teilzeit, zu meist der Wendezeit und Belade- bzw. Entladezeit.

Der Grenzwert von 10 % ist gegenwärtig noch ein Vorschlag. In weiteren Diskussionen muss eine allgemein akzeptierte Höhe seines Wertes zwischen 0 % bis 50 % gefunden werden.

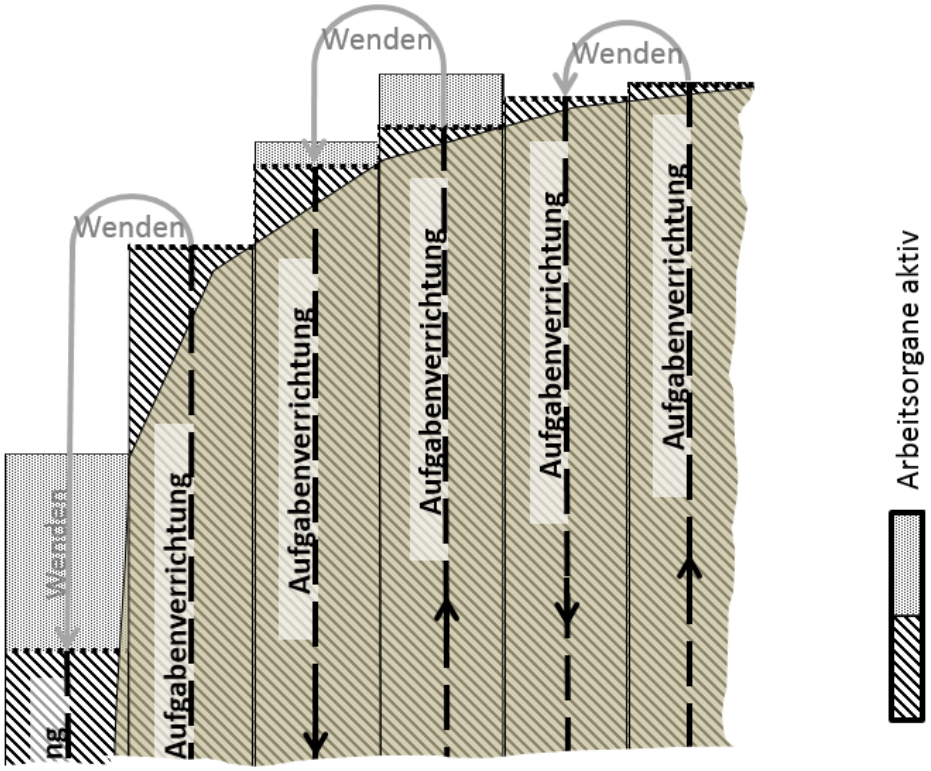


Abbildung 1: Zuordnung zur Aufgabenverrichtung und zum Wenden, wenn für eine Aufgabenverrichtung mindestens 10 % der technischen Arbeitsbreite genutzt werden soll

2.2 Wendezeit einschließlich Rangierzeit

Mit Erreichen des Feldendes führen die Maschinen und Geräte regelmäßig Wendemanöver aus. Die dazu notwendige Fahrzeit, inklusive kurzer Stopps beim Fahrtrichtungswechsel, bilden die Wendezeit. Zeiten, die für das Rangieren bei der Bearbeitung des Vorgewendes benötigt werden, zählen ebenfalls dazu. Die Wendezeit beginnt direkt nach der Aufgabenverrichtungszeit und endet mit der folgenden Aufgabenverrichtungszeit. Wird nicht in die benachbarte Spur eingefahren, kann eine Untergliederung in die erweiterte Wendezeit erfolgen.

Wendezeit ist die Zeit, die für die Fahrt zwischen zwei Aufgabenverrichtungszeiten benötigt wird.

Unterbrechungen des Wendevorganges führen zu verfälschten Wendezeiten infolge abweichender Durchschnittsgeschwindigkeit. Deshalb wird in diesen Fällen die komplette Zeitdauer ab dem Ende der Aufgabenverrichtungszeit der Teilzeit zugeordnet, die die Unterbrechung verursacht hat.

Die Dauer von Wendevorgängen ist u. a. abhängig von

- dem Typ der Wendung,
- den Maschinenmaßen,
- den möglichen Geschwindigkeiten,
- den Bodenbedingungen,
- der Geländeneigung
- den Eigenschaften der Maschinen bzw. Traktor-Geräte-Kombinationen.

Verschiedene Forschungsprojekte befassen sich mit der mathematischen Modellierung von Wendevorgängen und einer Voraussage der zu erwartenden Dauer [13]. Eine Ermittlung der Wendezeiten im praktischen Einsatz in Abhängigkeit von den vielfältigen Konstellationen schafft demgegenüber eine Datengrundlage, die nicht nur die technischen, sondern auch die subjektiven und betriebsspezifischen Besonderheiten berücksichtigt. Diese Daten können unter der Voraussetzung der korrekten Erfassung der Wendedauer ebenfalls für die Optimierung der Fahrbewegungen auf dem Feld genutzt werden.

2.3 Ablaufbedingte Wartezeit/Verlustzeit

Die zu erwartende Leistung einer Maschine beim Soloeinsatz ist größer als beim Mehrmaschineneinsatz (Komplexeinsatz), da gegenseitige Behinderungen in Folge unterschiedlicher Arbeitsgeschwindigkeiten oder beim Wendevorgang nicht auszuschließen sind.

Innerhalb von Ernte- und Transportketten kommt es zu ablaufbedingten Wartezeiten in Folge unvollkommener Leistungsabstimmung. Veränderliche Fahrzeiten oder Entladezeiten beeinflussen die Transportleistung und führen situationsabhängig zu ablaufbedingten Wartezeiten bei den Transporteinheiten oder den Erntemaschinen. Häufig ist die Leistung der Transportkette überdimensioniert, um Standzeiten der Erntemaschinen bei schwankender Transportleistung zu vermeiden. Eine weitere Ursache für ablaufbedingte Wartezeiten kann auch im Einsatz unterschiedlicher Typen von Transporteinheiten mit ungleichen Lademassen und Fahrgeschwindigkeiten innerhalb einer Transportkette liegen.

Gewöhnlich geht man davon aus, dass bei ablaufbedingter Wartezeit die betroffenen Maschinen oder Fahrzeuge stehen bleiben. Die Erfassung dieser Stillstandzeiten ist aber für die Bestimmung der ablaufbedingten Wartezeiten unzureichend. Die Messungen werden durch eine vorausschauende Anpassung des Arbeitstempos sowie die Nutzung der Wartezeit für andere Tätigkeiten erheblich verfälscht.

Deshalb wird vorgeschlagen, dass ablaufbedingte Wartezeiten mit Hilfe von Ablaufsimulationen berechnet werden, die die Zeitdifferenz zwischen dem Mehrmaschineneinsatz und dem Soloeinsatz bei adäquater Kapazität ermitteln.

Die ablaufbedingte Wartezeit/Verlustzeit ist die Zeitdifferenz, die beim Einsatz einer Maschine im Soloeinsatz und beim Mehrmaschineneinsatz entsteht.

2.4 Teilzeiten für Transport, Ernte, Ausbringung und Umschlag

Landwirtschaftliche Transportprozesse können in die Abschnitte „Beladen“, „Lastfahrt“, „Entladen“ und „Leerfahrt“ unterteilt werden. Im weitesten Sinne kann diese Einteilung auch für Maschinen für den Gutumschlag (Radlader, Frontlader), zur Verteilung von Stoffen (Mineraldüngerstreuer, Feldspritzen) oder zur Ernte (Ladewagen, Mähdrescher) genutzt werden. Die Maschinen für den Gutumschlag nehmen das Gut auf (Beladen), bewegen es über eine gewisse Distanz (Lastfahrt) und legen es dann wieder ab (Entladen). Beim Ladewagen entspricht das Ernten auch einem Beladevorgang. Beim Mineraldüngerstreuer ist das „Entladen“ mit dem Prozess „Verteilen“ kombiniert.

Der Vorgang des Beladens und des Entladens ist an eine Gutübergabe gebunden. Er beginnt und endet mit Anfang und Ende des Gutflusses.

Ist die Gutübergabe selbst ein diskontinuierlicher Vorgang, wie z. B. das Verladen von Rundballen, ergibt sich für die Transporteinheit nur dann eine Beladezeit, wenn die Umschlagmaschine entlädt, d. h. den Ballen ablegt. Beim Abladen der Ballen besteht für die Transporteinheit nur während der Ballenaufnahme durch den Frontlader eine Entladezeit. Für die restliche Zeit innerhalb des Arbeitszyklus der Umschlagmaschine ist der Transporteinheit eine ablaufbedingte Wartezeit zuzuordnen.

Bewegt sich das Transportfahrzeug innerhalb des Belade- bzw. Entladeortes, ohne dass ein Gutfluss erfolgt, dann ist die Fahrtdauer der „Fahrtzeit am Arbeitsort“ zuzuordnen.

Die Beladezeit bzw. die Entladezeit umfasst die Zeit der aktiven Gutübergabe.

Belade- oder Entladevorgänge können durch andere Teilzeiten, wie bspw. Wendezeit, Fahrten am Arbeitsort unterbrochen werden.

Um die Teilzeiten der Lastfahrt und der Leerfahrt im Transportzyklus für die unterschiedlichen Maschinen und Geräte genauer definieren zu können, ist die Angabe zur Lage und Ausbreitung der Beladeorte und/oder Entladeorte notwendig. Diese Festlegung beeinflusst die Zuordnung zu den Zeitarten. Innerhalb der Belade- bzw. Entladeorte ergeben sich auch bei einer Teilbeladung keine Last- oder Leerfahrten, sondern „Fahrtzeiten am Arbeitsort". Leer- und Lastfahrten ergeben sich nur zwischen Belade- bzw. Entladeort.

Zur Lastfahrtzeit gehört die Dauer der Fahrt zwischen dem Beladeort und dem Entladeort. Eine Lastfahrt beginnt mit dem Startzeitpunkt der Fahrt, welche dem Verlassen des Beladeortes (Feld, Hof bzw. Arbeitsort) dient.

Zur Leerfahrtzeit gehört die Dauer der Fahrt zwischen dem Entladeort und dem Beladeort. Eine Leerfahrt beginnt mit dem Startzeitpunkt der Fahrt, welche dem Verlassen des Entladeortes (Feld, Hof bzw. Arbeitsort) dient.

Der Startzeitpunkt einer Last- und Leerfahrt kann bspw. nach:

- dem letzten Ladevorgang
- dem Umrüsten der Maschine,
- einer Störung oder
- einem etwas länger dauernden Halt erfolgen.

Eine Lastfahrt endet nach Erreichen des Entladeortes, wenn das Fahrzeug hält oder die Gutentladung beginnt.

Eine Leerfahrt endet nach Erreichen des Beladeortes, wenn das Fahrzeug hält oder die Gutbeladung beginnt.

Die Definition der Zeitarten und deren automatisierte Erfassung schließt nicht aus, dass für den gleichen Zeitraum mehrere Teilzeiten erkannt werden können. Welche Zeitart dann gültig ist, muss über eine Priorität entschieden werden. Basis für die Priorisierung ist das angewendete Zeitgliederungsschema.

Bei Erntemaschinen kann der Erntevorgang auch als Beladen interpretiert werden. Da dem Erntevorgang, der ursächlichen Aufgabe, eine höhere Priorität zugebilligt wird, ist dieser Zeitraum einer Aufgabenverrichtungszeit zuzuordnen.

Bei der Festlegung des Beladeortes sollte möglichst der gesamte Arbeitsort, bspw. das Feld oder der Hof, gewählt werden. Der Entladeort könnte z. B. den Ort der Wägeeinrichtung mit umfassen. Innerhalb der Ladeorte ergeben sich Fahrtzeiten am Arbeitsort. Die Lastfahrt- und Leerfahrtzeiten entstehen zwischen diesen Umschlagorten.

Die Erntemaschinen verlassen den Beladeort nicht. Deshalb werden ihre Fahrten, auch im beladenen Zustand, innerhalb des Beladeortes nicht als Lastfahrt, sondern nur als Fahrten am Arbeitsort gewertet. Sie dienen dann auch nicht unmittelbar der Aufgabenverrichtung, bspw. dem Ernten, sondern sind unproduktiv. Gleiches gilt für die Maschinen und Geräte zur Verteilung am Entladeort bzw. dem Arbeitsort.

Erläuternde Beispiele zum Transport

Diese Priorisierung bei gleichzeitig auftretenden Teilzeiten ist notwendig, um eine sinnvolle Eingliederung in ein Zeitgliederungsschema zu gewährleisten. Notwendig sind auch die Angaben zum Belade- und Entladeort. An Beispielen soll das erläutert werden.

A) Ist ein Mähdrescher im Sinne seiner Erfindung im Einsatz, ist das nach Zeitgliederung eine Aufgabenverrichtungszeit (Arbeitsverrichtungszeit im engeren Sinne). Würde man das Ernten nur als Beladevorgang werten, müsste der wichtigste Arbeitszeitanteil einer Erntemaschine als ein unproduktiver Teil der Arbeitszeit herabgestuft werden. Durch die Priorisierung wird das verhindert.

Muss der Mähdrescher, nach dem der Bunker gefüllt ist, selbst zum Abtanken an den Feldrand fahren, dann verbleibt er am Beladeort. Innerhalb des Beladeortes gilt die Fahrbewegung als eine unproduktive „Fahrtzeit am Arbeitsort". Eine Einordnung als „Lastfahrt" (produktive Arbeitszeit) wird unterbunden. Der Anteil an unproduktiver Arbeitszeit beim Abbunkern am Feldrand wird durch die Feldfahrt weiter erhöht.

Durch diese Definition werden die Verfahren besser bewertet, bei denen der Mähdrescher viel erntet und wenig Zeit mit Abbunkern im Stand (Entladen) verbringt. Erfolgt dagegen das Abbunkern während der Fahrt, ist entsprechend der Prioritätsregelung diese Zeit als Arbeitsverrichtung im engeren Sinne (Druschzeit) zu werten.

B) Wie sieht das bei einem Futterladewagen aus? Auch hier fallen Ernte und Beladen zusammen und das „Ernten" hat die höchste Priorität. Im Vergleich zum Mähdrescher verlässt der Futterladewagen aber den Beladeort. Die Fahrt des beladenen Ladewagens gehört deshalb zur Lastfahrtzeit. Zur Arbeitsverrichtung im engeren Sinne (produktiven Zeit) gehören jetzt der Ladevorgang und die Fahrt im beladenen Zustand. Das Entladen und die Leerfahrtzeit werden dem unproduktiven Teil des Arbeitsprozesses zugeordnet.

C) Häufig verlassen Feldspritzen oder Mineraldüngerstreuer zum Befüllen das Feld, d. h. den Entladeort. Für die Fahrt vom Ort der Beladung zum Arbeitsort (Entladeort) ergibt sich lt. Definition eine „Lastfahrtzeit". Diese Lastfahrt zählt zur produktiven Arbeitszeit, da eine Transportaufgabe gelöst wird. Produktiv ist auch die Verteilung. Nur mittelbar dem Arbeitsziel dient die Leerfahrt zum Beladeort. Sie gehört also zur unproduktiven Zeit.

Verbleibt dagegen eine Feldspritze auf dem Feld und wird durch einen Wasserwagen versorgt, verlässt sie den Entladeort nicht. Dann entstünde für die Fahrt im beladenen Zustand keine „Lastfahrt". Die Situation entspräche in etwa der eines Mähdreschers mit Feldrandabbunkerung. Nur das Ausbringen der einen Brühe wird der Arbeitsverrichtungszeit im engeren Sinne zugerechnet.

Für dieses Beispiel ergibt sich noch eine weitere, besondere Situation. Wird zu Beginn des Tages die Feldspritze am Ausgangsort befüllt, dann ist die anschließende Fahrt zum Feld einer „Lastfahrtzeit" zuzuordnen. Bewegt sich die Feldspritze in leerem Zustand zum Feld (Arbeitsort), handelt es sich dagegen um eine „Wegezeit".

D) Für einen Umladewagen in der Getreideernte kann nicht das gesamte Feld als Beladeort gezählt werden. Die Beladeorte müssen als Umfeld eines jeden Mähdreschers festlegt werden. Ohne diese räumliche Einteilung würde ein Umladewagen laut Definition keine produktive Arbeit verrichten.

Nach dem Abschluss der ersten Beladung werden nachfolgend alle Fahrten bis zum Feldrand als „Lastfahrt" gewertet. Der Transport des Getreides vom Mähdrescher zum Straßentransportfahrzeug ist auch Sinn und Zweck des Umladewagens. Die Ladevorgänge reduzieren dagegen für den Umladewagen den Anteil der produktiven Arbeitszeit (in korrekter Weise). Auch die Leerfahrtzeit wirkt nur mittelbar auf die Aufgabenerledigung.

2.5 Verkehrsbedingte Wartezeit/Verlustzeit

Diese Teilzeit entspricht der verkehrsbedingten Fahrzeitverlängerung auf öffentlichen Verkehrswegen während einer Lastfahrt oder Leerfahrt.

2.6 Störzeit

Zu den Störzeiten zählen plötzliche Arbeitsunterbrechungszeiten, welche durch Funktionsstörungen, technischen Defekte, Witterungseinflüsse, persönliche Verteilzeiten oder ein organisationsbedingtes Ereignis verursacht werden. Sie sind durch eine Unterbrechung des Arbeitsablaufs gekennzeichnet.

Die Störzeiten können folgendermaßen gegliedert werden

a) Funktionelle Störung: Ein in Aktion befindliches Arbeitsorgan arbeitet infolge Verstopfung, Drehzahlabfall, Nothalt oder Fehlbedienung nicht mehr korrekt. Zur Behebung des Ausfalls müssen keine Teile gewechselt oder befestigt werden.

b) Technische Störung: Durch Austausch und Befestigung von Bauteilen wird das Arbeitsmittel wieder funktionsfähig gemacht.

c) Persönliche Verteilzeit: Die Arbeit wird durch ein persönliches Bedürfnis unterbrochen. An der Maschine ist keine Veränderung notwendig. Ein Weiterarbeiten wäre jederzeit möglich.
Offen in der Diskussion ist, ob eine subjektiv begründete Minderleistung auf Basis einer Normleistung zu einer Standzeit umgerechnet und als persönliche Verteilzeit ausgewiesen wird, obwohl kein plötzliches Ereignis vorliegt.

d) Witterungsbedingte Störung: Durch unerwartete Wetteränderung muss die Arbeit unterbrochen werden.

e) Organisationsbedingte Störung: Hierzu gehören alle weiteren, zufälligen Störungen im Zeitraum der Aufgabenerledigung am Arbeitsort, z. B.
   - Absprachen am Arbeitsort
   - Standzeiten bei Fahrerwechsel
   - Warten beim Landhandel durch hohes Aufkommen.

2.7 Rüstzeit am Arbeitsort

Die Rüstzeit am Arbeitsort entspricht nach Ankunft am und vor Abfahrt vom Arbeitsort der Zeit, in der notwendige Veränderungen an den Maschinen und Geräten vorgenommen werden. Diese Teilzeit kann der Arbeitsaufgabe direkt angelastet werden.

2.8 Wartungs- und Pflegezeit

Zur Wartung und Pflege gehören regelmäßige Maßnahmen zum Funktionserhalt der Maschine mit festen Umfang und Dauer in vorgegebenen Zeitabständen, die der Betriebsanleitung entnommen werden können. Die dazu notwendige Arbeitszeit wird vorgegeben. Wird mehr als die geplante Zeit benötigt, ist die Ursache zu prüfen.

2.9 Wegezeit

Die Wegezeit beginnt mit der Abfahrt vom Ausgangsort (Betriebsgelände) bei Arbeitsbeginn und endet mit dem Halten am Arbeitsort. Mögliche verkehrsbedingte Standzeiten während der Fahrt sind der Wegezeit zuzuordnen. Eine direkte Zuordnung zu einem einzelnen Arbeitsauftrag ist nur teilweise möglich.

> Die Wegezeit ist die Zeit, die vor Arbeitsbeginn für die Fahrt zum Arbeitsort und nach dem Arbeitsende für die Rückfahrt benötigt wird. Gegebenenfalls umfasst sie auch die Zeiten, die im Tagesablauf für die Fahrten zu verschiedenen Arbeitsorten anfallen.

Wird ein Gerät oder eine Maschine schon am Ausgangsort beladen (Beladezeit), dient die anschließende Fahrt zum Arbeitsort dem Aufgabenzweck. Die Fahrt vom Beladeort zum Arbeitsort (Feld) ist in diesem Fall einer Lastfahrzeit zuzuordnen. Eine Lastfahrt ergibt sich auch am Ende des Tages, wenn der Rückweg im beladenen Zustand angetreten wird.

2.10 Vor- und Nachbereitung

Zusätzlich zu den bisher definierten Zeiten fallen im Arbeitsprozess Aufgaben an, die nicht mit automatisch arbeitenden Systemen erfasst werden können.

Im Zeitgliederungsschema der KTBL [2] werden bisher diese Zeiten unterschieden in

- Zeit für arbeitsorganisatorische Absprachen,
- Versorgungszeit,
- Arbeitsvorbereitungszeit und
- Arbeitsnachbereitungszeit.

3. ANWENDUNG DER ZEITGLIEDERUNG

Die Produktentwicklung in der Landmaschinenindustrie sowie die Einsatzoptimierung im Landwirtschaftsbetrieb kann vom Beginn bis zur Realisation von Arbeitszeitstudien begleitet werden.

Die einfachste Form der Auswertung einer Zeiterfassung besteht im direkten Vergleich von ausgewählten Teilzeiten. Der Vergleich ist in seiner Aussagekraft eingeschränkt und setzt vergleichbare Bedingungen voraus. Eine bessere Vergleichsbasis bieten Zeitsummen aus mehreren ausgewählten Teilzeiten, bei deren Anwendung allgemeinere Schlussfolgerungen möglich sind.

Folgende Zeitsummen werden vorgeschlagen. (Kriterium für die Zusammenstellung der unterschiedlichen Teilzeiten kann z. B. die ursächliche Zuweisbarkeit zu einer Arbeitsaufgabe sein.)

Die **Aufgabenverrichtungszeit** dient unmittelbar dem Zweck der Arbeitsaufgabe und kann ihr direkt zugeordnet werden. Sie hängt im Wesentlichen von der Arbeitsbreite und -geschwindigkeit der eingesetzten Maschinen und Geräte sowie dem Anteil an Doppelbearbeitung ab.

Bei Transportarbeiten wird eine Wertschöpfung mit der Lastfahrt erreicht. Sie gehört wie die Aufgabenverrichtungszeit zur produktiven Arbeitszeit. Nur dieser Teil des Transportumlaufes dient der unmittelbaren Erfüllung der Transportaufgabe.

Zur produktiven Arbeitszeit zählen:

- Aufgabenverrichtungszeit
- Lastfahrzeit

Eine Optimierung innerhalb dieser Zeitebene kann durch technische Verbesserung am Arbeitsmittel sowie durch Qualifikation und Motivation der Bediener erreicht werden.

Die Zeitsumme der **verfahrensspezifischen Arbeitszeit** erhält man, wenn zur produktiven Arbeitszeit die wiederkehrenden Hilfszeiten addiert werden. Diese Tätigkeiten dienen nur mittelbar der Aufgabenverrichtung. Sie können einer Arbeitsaufgabe eindeutig zugeordnet werden, treten regelmäßig auf und sind dem Umfang der Arbeitsaufgabe zu meist proportional.

Zur verfahrensspezifischen Arbeitszeit gehören die produktive Arbeitszeit und die

- Wende- u. Rangierzeit
- Belade- und Entladezeit
- Arbeitsbedingte Erholungszeit
- Ablaufbedingte Verlustzeit
- Rüstzeit am Arbeitsort
- Leerfahrtzeit
- Fahrzeit am Arbeitsort
- Einstellzeit am Arbeitsort
- Verkehrsbedingte Verlustzeit

Eine Optimierung innerhalb dieser Zeitebene ist u. a. durch die Auswahl der Arbeitsmittel sowie deren Zusammenspiel möglich.

Die **Feldarbeitszeit** beinhaltet zusätzlich die Störzeiten. Diese sind in Zeitpunkt und Dauer nicht vorhersehbar. Die Störzeiten lassen sich nicht immer eindeutig einer Arbeitsaufgabe zuordnen, da eine auf dem Feld erforderliche Reparatur (technische Störung) sowohl durch vergangene Belastungen als auch durch aktuelle Arbeitsbedingungen begründet sein kann.

Zur Feldarbeitszeit gehören die verfahrensspezifische Arbeitszeit und die

- Technische Störzeit
- Persönliche Verteilzeit
- Witterungsbedingte Störzeit
- Funktionelle Störzeit
- Organisatorische Störzeit

Eine Optimierung innerhalb dieser Zeitebene vollzieht sich in den operativen Entscheidungen des Leiters.

Die **Gesamtarbeitszeit** beinhaltet zusätzlich zur Feldarbeitszeit die

- Arbeitsvorbereitungszeit
- Versorgungszeit
- Zeit für Pflege & Wartung
- Arbeitsnachbereitungszeit
- Zeit für arbeitsorganisatorische Absprachen,
- Wegezeit vom Hof zum Feld und zurück
- Wegezeit von Feld zu Feld

Diese Arbeiten lassen sich häufig nicht eindeutig nur einer einzelnen Arbeitsaufgabe zuordnen, da sie nicht zuletzt auch von der Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung (Felder) abhängen.

Zur Veranschaulichung der Teilzeiten und Zeitsummen bieten sich Diagramme und Koeffizienten an.

In *Abbildung 2* werden die Zeitanteile innerhalb der verfahrensspezifischen Arbeitszeit für 3 verschiedene Arbeitsaufgaben beispielhaft dargestellt.

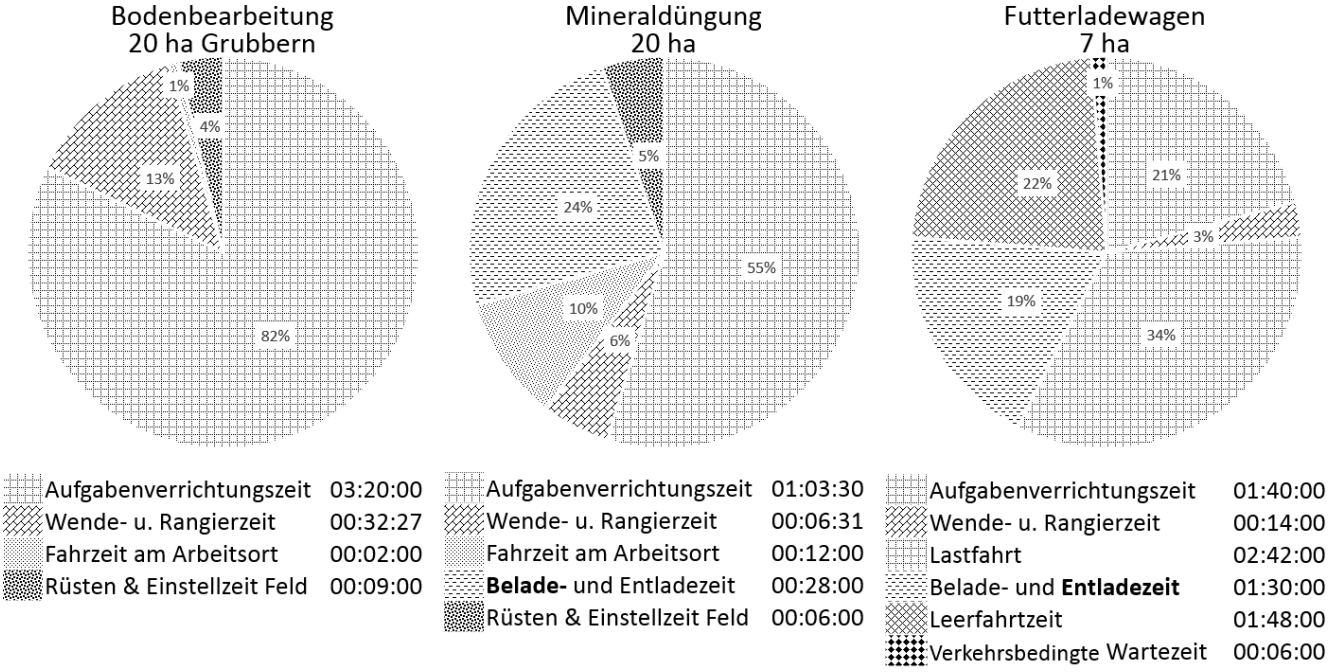


Abbildung 2: Anteil der Teilzeiten innerhalb der verfahrensspezifischen Arbeitszeit für beispielhafte Arbeitsaufgaben

In den *Tabellen 1* und *2* werden beispielhaft sowohl einzelne Teilzeiten als auch Zeitsummen ins Verhältnis zu den 4 Zeitebenen „Aufgabenverrichtungszeit“, (Arbeitsverrichtungszeit im engeren Sinne), „verfahrensspezifische Arbeitszeit“, „Feldarbeitszeit“ und „Gesamtarbeitszeit“ gesetzt.

Tabelle 1: Anteile der Teilzeiten und Zeitsummen bezogen auf die produktive Arbeitszeit, verfahrensspezifische Arbeitszeit, Feldarbeitszeit und Gesamtarbeitszeit für einen Schwergrubber bei einer Schlaggröße von 20 ha

Teilzeit bzw. Zeitsumme	produktive Arbeitszeit	verfahrensspezifische Arbeitszeit	Feldarbeitszeit	Gesamtarbeitszeit
Aufgabenverrichtungszeit	100,0 %	82,2 %	80,5 %	66,7 %
Wendezeit	16,2 %	13,3 %	13,1 %	10,8 %
verfahrensspezifische Arbeitszeit		100,0 %	98,0 %	81,2 %
Feldarbeitszeit			100,0 %	82,8 %

Am Beispiel des Schwergrubbereinsatzes ist der Anteil der Aufgabenverrichtung an der Feldarbeitszeit mit 82 % vergleichsweise hoch. Da der Anteil der Wendezeit bezogen auf die Gesamtarbeitszeit mit knapp 11 % relativ hoch ist, sollten sich hier Ansatzpunkte für eine Optimierung anbieten. Eine Störzeit von 5 Minuten beeinflusst die Anteile der verfahrensspezifischen Arbeitszeit und der Feldarbeitszeit bezogen auf die Gesamtarbeitszeit mit 82,8 % zu 81,2 % nur gering.

Im Beispiel des Ladewageneinsatzes werden die Beladezeit (Aufgabenverrichtung) und die Lastfahrt als gleich wichtig eingeschätzt. Die Aufgaben Sammeln und Transportieren wechseln sich mit Unterbrechungen regelmäßig ab. Die Lastfahrt (61,8 %) dauert fast doppelt so lang wie das Sammeln (38,2 %). Beide Zeitarten insgesamt machen 50,4 % der Gesamtarbeitszeit aus. Die Zeiten für das Wenden (2,9 %) üben nur geringen Einfluss aus. Die Leerfahrt ist deutlich schneller. Je nach Bezugsebene liegt ihr Anteil zwischen 22,5 % und 20,8 %. Durch eine Störung auf dem Feld beträgt der Anteil der verfahrensspezifischen Arbeitszeit an der Feldarbeitszeit nur 94,1 %.

Tabelle 2: Anteile der Teilzeiten und Zeitsummen bezogen auf die produktive Arbeitszeit, verfahrensspezifische Arbeitszeit, Feldarbeitszeit und Gesamtarbeitszeit für einen Futterladewagen bei einer Schlaggröße von 7 ha

Teilzeit bzw. Zeitsumme	produktive Arbeitszeit	verfahrensspezifische Arbeitszeit	Feldarbeitszeit	Gesamtarbeitszeit
Aufgabenverrichtungszeit	38,2 %	20,8 %	19,6 %	19,2 %
Lastfahrtzeit	61,8 %	33,8 %	31,8 %	31,2 %
produktive Arbeitszeit	100,0 %	54,6 %	51,4 %	50,4 %
Wendezeit	5,3 %	2,9 %	2,7 %	2,7 %
Belade-/Entladezeit	34,4 %	18,8 %	17,6 %	17,3 %
Leerfahrtzeit	41,2 %	22,5 %	21,2 %	20,8 %
verfahrensspezifische Arbeitszeit		100,0 %	94,1 %	92,3 %
Feldarbeitszeit			100,0 %	98,1 %

4. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Hahn, J., 2007: Prozesszeiten in logistischen Ketten der Pflanzenproduktion. In: 15. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, Wien, 5.–6. März, S. 42–47.

[2] Winkler, B., 2014: Weiterentwicklung der Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeiten. In: 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, Dresden, 11.–12. März, S. 14–21.

[3] Sonnen, J., 2007: Simulation von Ernteprozessketten für Siliergüter. Dissertation. Berlin: Humboldt Universität.

[4] TGL 80 - 22289, 1970: Zeitgliederung in der Landwirtschaft: Begriffe, Kurzzeichen, Erläuterungen.

[5] Herrmann, A., 1999: Modellierung verfahrenstechnischer Bewertungskriterien bei unterschiedlicher Verknüpfung von Ernte- und Transportarbeitsgängen. Habilitation. Halle (Saale): Martin-Luther-Universität.

[6] Wild, K., 1998: Satellitengestützte Arbeitszeiterfassung und Ertragsermittlung in Rundballenpressen. Dissertation. Weihenstephan: Technischen Universität München

[7] Andres, Silvia, 2009: Implementierung und Kosten-Nutzen-Analyse automatischer Datenerfassungssysteme in russischen Agrarholdings. Dissertation. Hohenheim: Universität Hohenheim.

[8] Steinberger, G. J., 2012, Methodische Untersuchungen zur Integration automatisch erfasster Prozessdaten von mobilen Arbeitsmaschinen in ein Informationsmanagementsystem „Precision Farming“. Dissertation. Weihenstephan, Technischen Universität München

[9] Zhou, K.; Jensen, A. L.; Bochtis, D. D.; Sørensen, C. G. 2015: Performance of machinery in potato production in one growing season. Spanish Journal of Agricultural Research, Volume 13, Issue 4

[10] K. Zhou, A. Leck Jensen, D.D. Bochtis, C.G. Sørensen, 2015: Quantifying the benefits of alternative fieldwork patterns in a potato cultivation system, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 119, Pages 228-240

[11] Ostermeier, R., 2013: Multisensor Data Fusion in einem mobilen landtechnischen BUS-System für die Realtime Prozessführung in sensorgestützten Düngesystemen. Dissertation. München: Technische Universität München.

[12] Heizinger, V. J., 2014: Algorithmische Analyse von Prozessketten in der Agrarlogistik, Dissertation. München: Technische Universität München

[13] Sabelhaus, D., 2015: Fahrspur- und Routenplanung für teilautonome, GNSS-gestützte Landmaschinen. Dissertation. Bonn: Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Nutzung von Körperkameras zur Arbeitszeiterfassung im Bereich der Belüftungsheuproduktion

Juliana Mačuhová, Stefan Thurner, Bernhard Haidn
Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Poing, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Bei Arbeitszeitmessungen in der Landwirtschaft müssen oft für bestimmte Tätigkeiten Arbeitszeiten mit den dazugehörigen Einflussgrößen bei mehreren Arbeitspersonen an mehreren Arbeitsorten gleichzeitig erfasst werden. Damit dies gelingt, ist mit der bisherigen Methode der Direktbeobachtung ein sehr hoher Arbeitszeit- und Arbeitspersonalaufwand erforderlich. Dies ist auch bei den Arbeitszeitmessungen für das Bergen und Einfahren von Belüftungsheu der Fall. Ziel der Studie war es daher, die Möglichkeit des Einsatzes von Körper- bzw. Aktion-Kameras für Zeitstudien zu überprüfen, sowie auch erste relevante Daten zur Planzeitbildung für Arbeitselemente der untersuchten Arbeitsvorgänge bei der losen Verfahrenskette zum Bergen und Einfahren von Belüftungsheu zu ermitteln. Darum wurden 5 Aktion-Kameras der Firma GoPro (Hero 5 Black) angeschafft und bei den Arbeitszeitmessungen eingesetzt. Die Kameras bieten Aufnahmen mit Videoauflösungen von 480p bis 4K, wobei je nach Auflösung zwischen den Formaten superweit, weit, mittel, linear und eng und im Folgenden je nach Auflösung und Format die Anzahl Bilder pro Sekunde zwischen 24 und 240 gewählt werden kann. Für unsere Zeitstudien war es wichtig, bei einer maximalen Aufnahmedauer noch eine gute Bildqualität zu erreichen. Von den für die Aufzeichnung der Arbeitspersonen in Bewegung in Frage kommenden Auflösungen (d. h. von 960p bis 2,7K), war die im Vorversuch erfasste, durchschnittliche Akkulaufzeit mit 2:27:35 (h:min:s) am längsten bei 1080p und 24 Bildern pro Sekunde. Trotz der dann für uns immer noch kurzen Aufzeichnungszeit wurde diese Einstellung für die Praxisuntersuchungen verwendet. Bezüglich der Bildqualität wurde bei den meisten Aufzeichnungen an den Betrieben die benötigte Qualität für die Auswertungen erreicht (mit Ausnahme beim Wechsel der Lichtverhältnisse bzw. bei Aufzeichnungen in sehr dunklen Räumen). Auch die Videoauswertung im Programm MEZA funktionierte problemlos. Zusammenfassend ist die Nutzung der Kameras bei unseren Arbeitszeitmessungen positiv zu bewerten.

1. EINLEITUNG

Der Arbeitszeitaufwand für die Futterproduktion vom Grünland kann im Praxisbetrieb durch viele Einflussfaktoren beeinflusst werden, und damit variieren auch die arbeitswirtschaftlichen Daten für die Grassilage-, Bodenheu- und Belüftungsheuproduktion in der Literatur stark [1, 2, 3, 4]. Es gibt keine Studie, in der alle Verfahren gleichzeitig untersucht wurden. Erschwerend kommt dazu, dass die Datengrundlage des Arbeitszeitbedarfs für Belüftungsheuproduktion und Fütterung nicht sehr groß ist.

Die Studien deuten jedoch an, dass ein höherer Arbeitszeitbedarf für die Bodenheuproduktion im Vergleich zur Silageproduktion, sowie ein höherer Arbeitszeitbedarf für die Belüftungsheuproduktion im Vergleich zur Bodenheuproduktion zu erwarten ist. Bezüglich der Innenwirtschaft zeigen erste Untersuchungen, dass ein niedriger Arbeitszeitbedarf für die Fütterung von Heu (Boden- und/oder Belüftungsheu) zu erwarten ist [5, 6].

Bei der derzeitigen Datengrundlage ist es somit für die Landwirte schwierig abzuschätzen, wie sich unter den individuellen Betriebsbedingungen die einzelnen Verfahren bei der Futterproduktion vom Grünland auf die Arbeitssituation auf dem Betrieb auswirken.

Eine objektive arbeitswirtschaftliche Bewertung bzw. den Vergleich einzelner Verfahren ermöglichen Kalkulationsmodelle zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs (sogenannte Soll-Zeiten). Die Kalkulationsmodelle basieren auf Planzeiten (statistisch ausgewertete Ist-Zeiten) für die einzelnen Arbeitselemente mit den beschreibenden Einflussgrößen, die für die untersuchten Verfahren erstellt wurden. Die Ermittlung der Ist-Zeiten und Einflussgrößen wird im Rahmen von Arbeitszeitstudien

durchgeführt. Arbeitszeitstudien mit dem Ziel, Kalkulationsmodelle zu entwickeln, können jedoch sehr arbeitszeit- und arbeitskraftaufwendig sein.

In der Landwirtschaft müssen nicht selten bei bestimmten Tätigkeiten Arbeitszeiten von mehreren Arbeitspersonen an unterschiedlichen Arbeitsplätzen gleichzeitig erfasst werden. Zeitgleich müssen nicht nur die Arbeitszeiten, sondern auch die Einflussgrößen erfasst werden, da diese sich stetig verändern können. Im Rahmen unseres Projekts sollen Kalkulationsmodelle zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs für die Belüftungsheuproduktion (für die Bergung, das Einlagerung, die Trocknung und das Umlagern) bei der losen Verfahrenskette erstellt werden. Bei der losen Verfahrenskette erfolgen die Bergung und der Transport mit einem Ladewagen (mit oder ohne Einsatz von Messern). Abgeladen wird auf ebenerdige Abladeflächen (mit Durchfahrtmöglichkeit oder ohne) oder in eine etwas tiefer zum Zufahrtsweg gelegene Abladebox. Die Befüllung von Belüftungsboxen erfolgt absätzig mit einem Kran (mit oder ohne Kabine).

Vorgespräche mit den Landwirten zeigten, dass an bestimmten Betrieben zur Erfassung der Arbeitszeiten mit den dazugehörigen Einflussgrößen während des Heueinfahrens, diese Arbeiten zeitweise von bis zu 6 Arbeitspersonen an unterschiedlichen Arbeitsplätzen (beim Schwaden, Bergen, Einlagern, Nachschieben) gleichzeitig erledigt werden und somit erfasst werden müssen, was mit einer direkten Beobachtung nur schwer zu bewältigen ist.

Es gibt unterschiedliche technische Hilfsmittel, die eine Unterstützung bei arbeitswirtschaftlichen Untersuchungen bieten können. Bei der Arbeitszeiterfassung bei den mit Fahrzeugen arbeitenden Arbeitspersonen können diese mit GPS-Sensoren ausgestatten werden. Bei anderen Arbeitspersonen wurde neben der Direktbeobachtung über den Einsatz der Videotechnik nachgedacht. Videoaufzeichnungen bestimmter Arbeitspersonen mittels statisch aufgebauter Kameras sind beim Heueinfahren in der Regel nicht möglich bzw. auch vom Bildmaterial her nicht ausreichend sowie bezüglich der Installation nicht immer einfach realisierbar. Dazu kommt, dass für die spätere Auswertung der Videos mittels gängiger Software für Arbeitszeitstudien von Vorteil wäre, wenn eine Arbeitsperson nur mittels einer Videokamera erfasst wird, was mit statisch aufgebauten Kameras nicht immer möglich ist.

Ziel war es daher, Kameras zur Datenerfassung einzusetzen, die auch direkt am Körper fixiert werden können. Dafür würden an erster Stelle sogenannte Aktion- bzw. Körperkameras in Frage kommen. Am Anfang unserer Untersuchungen gab es auf dem Markt mehrere Firmen (wie z. B. Sony, Rollei, HTC, JVC, Panasonic, Yi, Somikon), die diese Kameras anboten. Basierend auf einer Internetrecherche zu diesen Kameras sowie anhand eines detaillierten Vergleichs der technischen Parameter der Kameras entschieden wir uns für das damals neueste Modell der Firma GoPro (Model Hero 5 Black).

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Einsatztauglichkeit von Körperkameras für Arbeitszeitstudien zu überprüfen sowie auch erste relevante Daten zur Planzeitbildung für Arbeitselemente der untersuchten Arbeitsvorgänge bei der losen Verfahrenskette für Bergen und Einfahren von Belüftungsheu zu erfassen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Überprüfung der Kameras

Für die Untersuchung wurden 5 Aktion-Kameras der Firma GoPro, Modell Hero 5 Black, angeschafft und eingesetzt. Mit dieser Kamera sind Videoauflösungen von 480p bis 4K möglich, wobei je nach Auflösung zwischen Kamerasichtfeld superweit, weit, mittel, linear und eng gewählt werden kann. Je nach Videoauflösung und Kamerasichtfeld kann die Auswahl für die Anzahl Bilder pro Sekunde zwischen 24 und 240 variiert werden. Alle möglichen Auflösungen mit den möglichen Kamerasichtfeldern sowie der möglichen Anzahl Bilder pro Sekunde sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Neben der Videoaufzeichnung besteht die Möglichkeit GPS Positionen und Geschwindigkeiten aufzuzeichnen. Die Kameras können manuell, mittels Sprache und über WLAN gesteuert werden. Weiterhin sind die Kameras bis 10 m Wassertiefe wasserdicht und können somit auch bei schlechtem Wetter im Außenbereich eingesetzt werden.

In einem Vorversuch wurden bestimmte Einstellungen der Kameras bezüglich der Akkulaufzeit und der möglichen Dauer der Aufzeichnung mit den verwendeten Speicherkarten bei Zimmertemperatur in statischer Position getestet. Die GPS-Funktion und WLAN wurden dabei ausgeschaltet. Mit der eingeschalteten GPS-Funktion wurde die Überprüfung nur bei einer Videoauflösung von 1080p, dem Kamerasichtfeld weit und 24 Bildern pro Sekunde draußen (abwechselnd in Bewegung und in einer statischen Position während der Aufzeichnungen) bei 8° C durchgeführt. Für unsere Untersuchungen wurden die Kameras mit einer 128 GB Speicherkarte (maximales von der Kamera unterstütztes Speichervolumen) der Fa. Samsung, Typ microSDXC UHS-I PRO Plus (maximale Lesegeschwindigkeit 95 MB/s, maximale Schreibgeschwindigkeit 90 MB/s) ausgestatten. Bei jeder Einstellung wurde eine Messung pro Kamera (d. h. 5 je Einstellung) durchgeführt. Dabei wurden 24 Akkus abwechselnd benutzt.

2.2 Praxisbetriebe und Zeitstudien

Die Arbeitszeitmessungen wurden auf 9 Milchviehbetrieben während des Heu- und/oder Grummeteinfahrens durchgeführt. Der Milchviehbestand der Betriebe lag zwischen 15 und 100 Stück. Das Erntegut wurde bei den Messungen von einer Gesamterntefläche pro Betrieb von 2 bis 25 ha eingefahren.

2.2.1 **Zeitaufnahmen**

Für die spätere Ermittlung der Arbeitszeiten wurden zum einen Videoaufnahmen mittels der bereits erwähnten Kameras und zum anderen Aufzeichnungen von GPS-Daten beim Ladewagenfahrer mittels GPS-Sensoren (BT-Q1000XT QSTARZ) durchgeführt. Die Kameras wurden bei den Arbeitspersonen am Kopf mittels eines Kopfbandes oder mit einem QuickClip an einer Baseballkappe fixiert. Dementsprechend wurde das aufgezeichnet, was die Arbeitspersonen im Blick hatten. Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden mindestens der Kranfahrer und der Ladewagenfahrer mit den Kameras ausgerüstet; eine weitere Kamera wurde fest an der Abladestelle installiert. Die verwendete Kameraeinstellung war 24 Bilder pro Sekunde und 1084p Videoauflösung ohne Bestimmung der GPS-Position. Wie bereits erwähnt, waren die Kameras mit eine 128 GB Speicherkarte ausgestattet, womit bei den verwendeten Einstellungen eine Aufzeichnungsdauer von 8 h 12 min pro Karte ermöglicht wurde (maximaler Wert laut Kameraangabe).

Wenn es keine variierenden Einflussgrößen (wie z. B. Gewichte) zu erfassen gab, haben die Arbeitspersonen die Datenerfassung bei bestimmten Tätigkeiten (hauptsächlich bei unregelmäßigen Tätigkeiten, wie bei der Belüftung) teilweise selbständig durchführt.

2.2.2 **Erfassung der Einflussgrößen**

Ermittlung der Erntegutmenge
Zur Ermittlung der eingefahrenen Heumengen wurde jede Ladewagenfuhre (wenn möglich) mit einer Achslastwaage (DINI ARGEO Typ 3590EKRAF09, Wiegegenauigkeit ± 10 kg (Herstellerangabe, nicht geeicht)) gewogen.

Bestimmung der Trockenmasse des Erntegutes beim Einfahren
Bei jeder Ladewagenladung wurde eine Probe für die Trockenmassebestimmung gezogen. Es handelte sich um eine Mischprobe aus 50 bis 60 Stichproben. Sofort nach der Entnahme wurden die Proben zur Bestimmung der Frischmasse in Mengen von 300 - 400 g in „Crispac-Beuteln“ eingewogen. Zur Bestimmung der Trockenmasse wurde die Ofentrocknung in einem Trockenschrank angewendet [7]. Die Proben wurden 24 h bei 105° C getrocknet und dann warm zurückgewogen.

Erfassung anderer Einflussgrößen vor Ort
Zusätzlich zum Ertrag der transportierten Menge pro Ladewagen und der Trockenmasse des Erntegutes beim Einfahren wurden weitere Einflussgrößen wie z. B. Maße der Trocknungsboxen, Aufmaß der Abladeflächen, Entfernung zwischen Abladefläche und Trocknungsbox, Höhe des Krananbaus über der Abladefläche und Boxenhöhe, gefahrene Strecken mit dem Ladewagen (mittels bereits erwähnter GPS-Sensoren) ermittelt.

2.2.3 **Datenauswertung und Analyse**

Die Auswertung der Videos wurde mithilfe des Programms MEZA der Firma DRIGUS GmbH durchgeführt. Die Kameras speichern immer nach 17 min 42 s ein Video ab. Darum können bei einer Aufzeichnung mehrere Videodateien entstehen. Bevor die Videos in MEZA importiert werden können, werden sie daher im Programm Avidemux (eine freie, plattformübergreifende Videoschnittsoftware, Entwickler MEAN) wieder zusammengesetzt. Bei der Videoauswertung werden schließlich im Programm MEZA Messpunkte gesetzt, wie es auch bei einer Direktbeobachtung durchgeführt worden wäre. Damit werden Arbeitszeiten (Ist-Zeiten) für einzelne, vorher festgelegte Arbeitselemente ermittelt. Die statistische Datenauswertung und die Erstellung der Planzeiten sowie der Kalkulationsmodelle erfolgen in MS-Excel. Als erstes werden Mittelwerte der Ist-Zeiten für die einzelnen Elemente berechnet sowie andere dazugehörige Kennzahlen (wie z. B. Standardabweichung, Variationskoeffizient, Epsilon-Wert (relativer halber Vertrauensbereich)). Bei einer hinreichend genauen Schätzung des Mittelwertes soll ein berechneter Epsilon-Wert (ε) von 10 % nicht überschritten werden. Wird dies erfüllt, so wird angenommen, dass der dazugehörige arithmetische Mittelwert für das ausgewertete Arbeitselement den Anforderungen als Planzeit gerecht wird bzw. zur Planzeit oder Planzeitfunktionsberechnung genügt. Anderseits sind weitere Messungen notwendig, um den geforderten Epsilon-Wert (ε') von 10 % zu erreichen. Um zu berechnen, wie groß der erforderliche Stichprobenumfang n' für ein ε' von 10 % bei einer Wahrscheinlichkeit von 95 % ist, wurde die Formel der DRIGUS GmbH [8] angewendet.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Überprüfung der Kamera

3.1.1 **Akkulaufzeit und mögliche Aufzeichnungsdauer**

Die Kamera bietet eine breite Skala an Videoauflösungen mit denen die Aufzeichnungen durchgeführt werden können, womit jedoch die Akkulaufzeit sowie die Dateigröße (und damit die Aufzeichnungsdauer) beeinflusst werden. Die jeweils verfügbare Akkulaufzeit bei unterschiedlichen Videoauflösungen, Kamerasichtfeldern und bei unterschiedlicher Anzahl Bilder pro Sekunde, während GPS und WLAN Funktionen ausgeschaltet waren, ist in *Tabelle 1* dargestellt. Selbstverständlich muss bei den Daten berücksichtigt werden, dass die einzelnen Einstellungen nicht immer mit einem neuen Akku getestet wurden. Wie bereits erwähnt, wurden für die Tests 24 Akkus abwechselnd benutzt. Die maximal mögliche Aufzeichnungsdauer entsprechend der Angabe der Kamera bei Verwendung einer 128 GB Speicherkarte wird in *Tabelle 2* gezeigt. Sie ist unabhängig vom Kamerasichtfeld und darum nur in Abhängigkeit von der Videoauflösung und der Anzahl Bilder pro Sekunde dargestellt.

Von den für die Aufzeichnung von Arbeitspersonen in Bewegung in Frage kommenden Auflösungen (d. h. von 960p bis 2,7K), war die durchschnittliche Akkulaufzeit mit 2:27:35 (h:min:s) am längsten bei 1080p und 24 Bildern pro Sekunde. Bei einer Auflösung von 1440p und 2,7K war sie geringfügig kürzer. Während bei 1440p jedoch der gleiche Datenspeicher wie bei 1080p benötigt wurde, stieg die Datengröße des Videomaterials bei 2,7K und damit wurde die mögliche Dauer der Aufzeichnung deutlich reduziert.

Auch wenn die verwendete Kamera von Seiten der Akkulaufzeit als relativ niedrig zu beurteilen war, lag diese Kamera an dritter Stelle bei den 12 als „Beste“ getesteten Aktion-Kameras. Wenn nur die für unsere Untersuchungen in Frage kommenden Kameras, die wirklich auch am Körper fixiert werden können berücksichtigt werden, lag sie sogar an zweiter Stelle [9].

Tabelle 1: Akkulaufzeit (Mittelwerte (h:min:s)) bei unterschiedlichen Videoauflösungen, Kamerasichtfeldern und Anzahl Bilder pro Sekunde (GPS und WLAN ausgeschaltet)

Video-auflösung	Kamera-sichtfeld	Bilder pro Sekunde								
		24	**30**	**48**	**60**	**80**	**90**	**100**	**120**	**240**
480p	weit	-	-	-	-	-	-	-	-	02:08:22
720p	eng	-	n.g.	-	n.g.	-	-	-	n.g.	01:49:28
	mittel	-	n.g.	-	n.g.	-	-	-	n.g.	-
	weit	-	02:29:40	-	02:08:04	-	-	-	02:19:17	-
	SuperView	-	-	-	n.g.	-	-	n.g.	n.g.	-
960p	weit	-	-	-	02:11:49	-	-	-	01:59:37	-
1080p	eng	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	-	-	-	n.g.	-
	linear	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	-	-	-	-	-
	mittel	02:27:35	n.g.	01:59:07	02:03:04	-	-	-	-	-
	weit	02:27:30	02:15:57	02:02:12	01:53:40	-	01:51:03	-	01:51:59	-
	SuperView	02:17:52	n.g.	02:14:05	02:07:00	n.g.	-	-	-	-
1440p	weit	02:16:22	2:14:38	02:06:48	01:55:01	01:58:56	-	-	-	-
2,7K 4:3	weit	-	01:50:00	-	-	-	-	-	-	-
2,7K	linear	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	-	-	-	-	-
	mittel	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	-	-	-	-	-
	weit	02:20:02	02:03:27	01:39:45	01:36:10	-	-	-	-	-
	SuperView	-	n.g.	-	-	-	-	-	-	-
4K	weit	01:47:48	01:50:00	-	-	-	-	-	-	-
	SuperView	01:51:05	-	-	-	-	-	-	-	-

- = Einstellung nicht möglich
n.g. = nicht getestet

Für unsere Untersuchungen haben wir uns letztendlich für eine Videoauflösung von 1080p und 24 Bilder pro Sekunde entschieden. Dafür entscheidend war die längste mögliche Akkulaufzeit, mit dem Ziel, die Anzahl der Akkuwechsel bei den Aufzeichnungen im Minimum zu halten. Die Kameras zeichneten sich bereits bei dieser Einstellung mit einer sehr hohen Bildqualität bei den Aufzeichnungen „in Bewegung“ aus, was nötig war. Testmessungen beim Füttern auf drei Betrieben, bei denen die Kameras ebenfalls am Kopf von Arbeitspersonen fixiert waren, haben bereits gezeigt, dass die Bildqualität sowie die Möglichkeit zum Erkennen der gerade durchgeführten Arbeitsschritte in den meisten Fällen sehr gut sind. Dies bestätigte sich in den meisten Fällen auch während der Messungen beim Heueinfahren.

Als problematisch erwiesen sich Videoaufzeichnung in Ställen oder an Lagerplätzen mit sehr schwachen Lichtverhältnissen. In solchen Situationen erkennt das menschliche Auge immer noch, welche Arbeitsschritte gerade durchgeführt werden, die Bildqualität der Aufzeichnungen mit den Kameras war dafür jedoch häufig nicht ausreichend. Die Kameras bieten auch die Möglichkeit im Nachtmodus zu arbeiten, bei dem erwartet wird, dass sich die Bildqualität verbessert (dies wurde von uns jedoch nicht getestet). Im Allgemeinen bleiben Aufzeichnungen bei den Tätigkeiten, wo es zu einem Wechsel der Lichtbedingungen kommt, immer problematisch. Dies kann beim Heueinfahren sowie beim Füttern immer wieder vorkommen.

Tabelle 2: Mögliche Aufzeichnungsdauer (h:min) mit einer 128 GB Mikro-SD-Karte bei unterschiedlichen Videoauflösungen und Anzahl Bilder pro Sekunde

Video-auflösung	Bilder pro Sekunde								
	24	30	48	60	80	90	100	120	240
480p	-	-	-	-	-	-	-	-	8:12
720p	-	11:47	-	8:12	-	-	8:12	8:12	-
960p	-	-	-	8:12	-	-	-	8:12	-
1080p	8:12	8:12	8:12	8:12	4:18	4:18	-	4:18	-
1440p	8:12	8:12	8:12	5:38	4:18	-	-	-	-
2K 4:3	-	5:38	-	-	-	-	-	-	-
2K	5:38	5:38	4:18	4:18	-	-	-	-	-
4K	4:18	4:18	-	-	-	-	-	-	-

- = Einstellung nicht möglich

Unter Praxisbedingungen ist meist mit etwas kürzerer Akkulaufzeit für die Aufnahme zu rechnen. Zum einem wird während der Messungen angestrebt, eine kontinuierliche Aufzeichnung zu erhalten, wodurch die Kameras nicht so lange betrieben werden bis der Akkus vollständig leer ist, zum anderen können unter anderem die Umgebungsbedingungen bei den Messungen (z. B. Temperatur) die Akkulaufzeit beeinflussen.

3.1.2 **Aufzeichnung der GPS-Positionen**

Wie bereits erwähnt, ist es mittels der Kameras möglich, auch die GPS-Position (und damit die Geschwindigkeit und die Entfernung) aufzuzeichnen. Nach unseren derzeitigen, aktuellen Informationen von GoPro (online Kundenservice) ist die Nutzung der GPS-Daten außerhalb des Programms Quick von GoPro jedoch nicht möglich. Leider ist es in diesem Programm nur möglich, die Daten direkt im Video (*Abbildung 1*) anzuschauen, ohne die Möglichkeit die Daten bearbeiten oder exportieren zu können. Damit ist die Nutzung der Daten sehr begrenzt und umständlich. Dabei wäre es bei bestimmten Arbeiten am Hof eine gute Alternative zu zusätzlichen GPS-Sensoren, da die Genauigkeit der GPS-Positionsbestimmung ohne Korrektursignal bei den Kameras mit der der GPS-Datenlogger vergleichbar ist (*Abbildung 2*). Dazu kommt, dass mit einer durchschnittlichen Akkulaufzeit von 2:16:33 (h:min:s), bei gleichzeitiger Aufzeichnung der GPS-Positionen, diese im Durchschnitt nur um 7,4 % kürzer war.

Abbildung 1: Beispiel einer Aufzeichnung der Kameras mit GPS Position

3.2 Erste Auswertungen und Ergebnisse zum Heueinfahren

3.2.1 Trockenmassegehalt und eingefahrene Mengen

Der durchschnittliche Trockenmassegehalt und die eingefahrenen Mengen bei den einzelnen Schnitten bzw. in den einzelnen Monaten sind in Tabelle 3 bzw. 4 dargestellt. Für die Auswertungen wurden die Ergebnisse zuerst in Mittelwerte pro Schnitt bzw. pro Charge und Betrieb und dann pro Schnitt und Betrieb umgerechnet. Um höhere Bröckelverluste zu vermeiden, soll bis maximal 70 % Trockenmassegehalt vorgetrocknet werden [10]. Wie die Daten je Schnitt zeigen, lag die durchschnittliche Trockenmasse beim Einfahren zwischen 69 und 77 % und damit höher als empfohlen. Dies hängt teilweise damit zusammen, in welchem Monat die Ernte durchführt wurde. Hauptsächlich im Juni und Juli haben Betriebe eher trockener eingefahren. Zum einem bedingt durch das optimale Wetter während der Ernte, so war ein Betrieb dabei, der wenn früh morgens gemäht wurde, bereits am Abend mit einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 71 % einfahren konnte, zum anderen war es teilweise auch gewollt, das Heu, wenn witterungsbedingt möglich, lieber etwas trockener einzufahren.

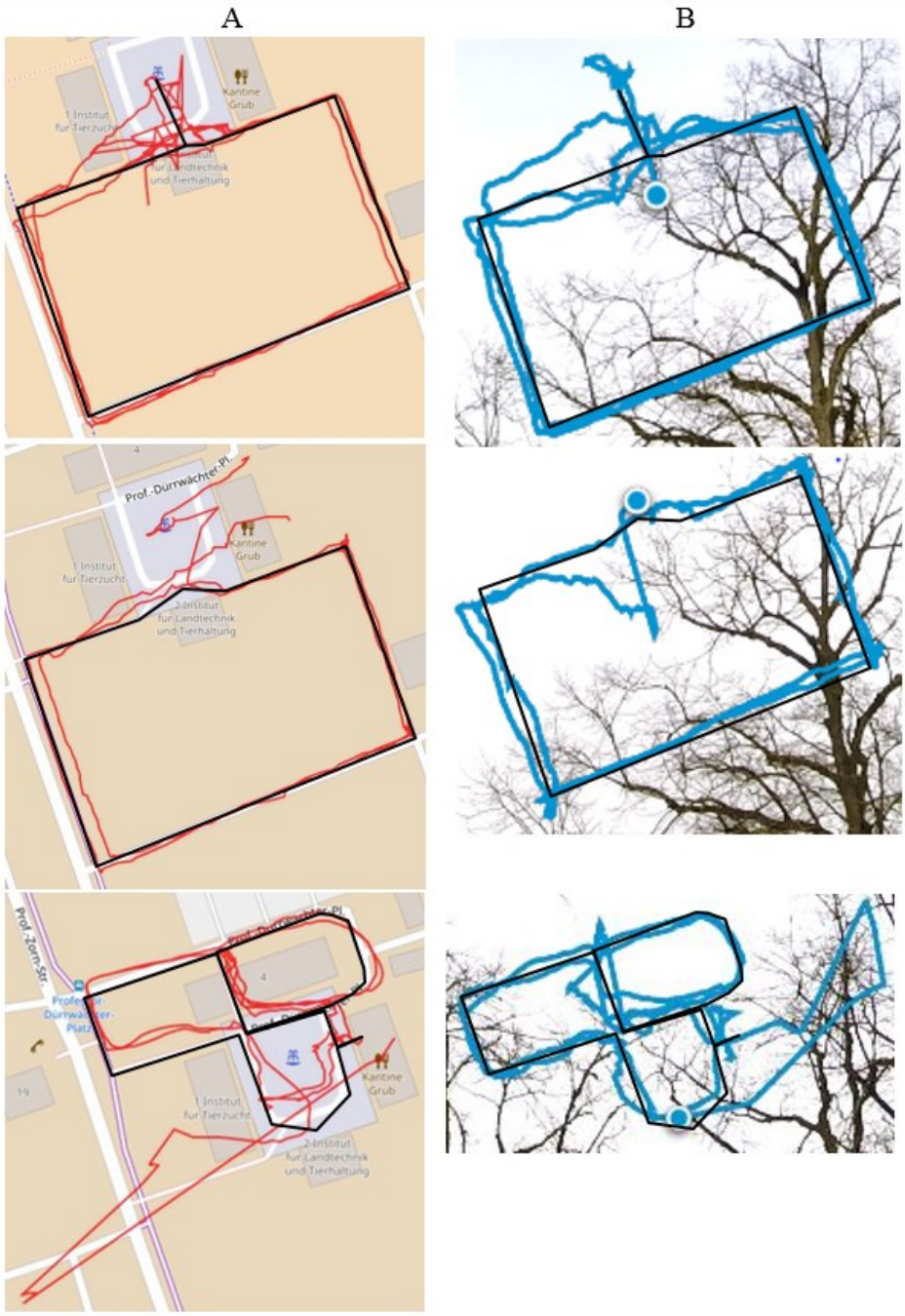


Abbildung 2: Drei Teststrecken, die zu Fuß im Schritttempo abgegangen wurden, um GPS-Positionen mittels GPS Sensor (A; rote Linie) oder Kamera (B; blaue Linie) aufzuzeichnen. Die tatsächliche Strecke ist schematisch als schwarze Linie dargestellt

Tabelle 3: Durchschnittlicher Trockenmassegehalt und Erntemengen beim Einfahren des Heus zur Belüftung bei den einzelnen Schnitten

Schnitt	Anzahl der Betriebe	Trockenmasse-gehalt (%)	Eingefahrene Menge	
			pro Ladewagen (t)	insgesamt (t)
1	4	71,86±4,38	1,72±0,63	28,56±23,37
2	7	76,70±4,45	1,80±0,75	21,52±11,41
3	6	69,38±13,74	2,17±0,48	23,18±7,69
4	3	70,74±7,55	1,50±0,81	28,00±31,04

Tabelle 4: Durchschnittlicher Trockenmassegehalt und Erntemengen beim Einfahren des Heus zur Belüftung in den einzelnen Monaten

Monat	Anzahl Betriebe	Trockenmasse-gehalt (%)	Eingefahrene Menge	
			pro Ladewagen (t)	insgesamt (t)
Mai	4	71,86±4,38	1,72±0,63	28,56±23,37
Juni	3	75,15±3,69	1,95±0,57	22,62±4,82
Juli	5	78,01±6,51	1,58±0,95	16,41±8,27
August	6	69,21±13,26	2,00±0,29	27,19±11,80
September	3	63,74±7,03	2,20±1,42	25,32±20,13

Auf der anderen Seite soll auch nicht zu nass eingefahren werden, um Futterverderb zu vermeiden, da für Werte unter 55 % Trockenmassegehalt in der Regel die Trocknungstechnik nicht ausgelegt ist. Als optimaler Trockenmassegehalt des Heus beim Einfahren wird 60 % empfohlen [11, 12]. Während der durchgeführten Untersuchungen war es nur selten der Fall, dass die Betriebe mit Trockenmassegehalten unter 60 % eingefahren haben. Die Trockenmassegehalte bei dem Einfahren in den einzelnen Monaten bzw. insgesamt bei allen erfassten Chargen bzw. Schnitten ist in *Abbildung 3* dargestellt. Nur einmal hat ein Betrieb mit 36 % (aber nur testweise), und damit mit einem deutlich niedrigeren Trockenmassegehalt als empfohlen, eingefahren. Bei über der Hälfte aller erfassten Chargen bzw. Schnitte wurde eher trockener (d. h. mit einem Trockenmassegehalt von über 70 %) eingefahren.

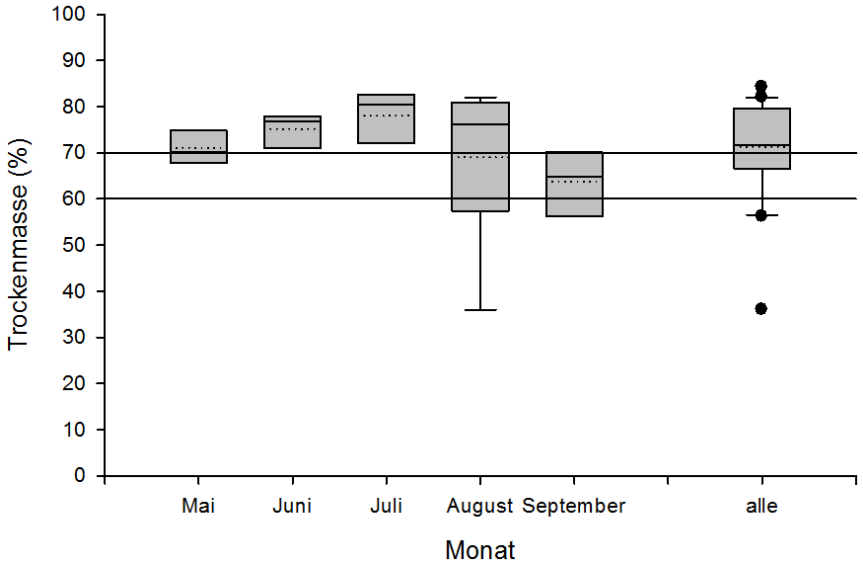


Abbildung 3: Trockenmasse beim Einfahren in den einzelnen Monaten sowie insgesamt (= - optimaler empfohlener Bereich; im Boxplot: untere Begrenzung der Box - 25-Perzentilwert, obere Begrenzung der Box- 75-Perzentilwert, ─- Median,··· - Mittelwert, Fehlerbalken – 10- bzw. 90-Perzentilwert, • Werte liegen unter 10- oder über 90-Perzentilwert)

Für die Erstellung der Kalkulationsmodelle war es wichtig, auch das Gewicht vom eingefahrenen Erntegut zu ermitteln. Im Durchschnitt wurden pro Ladewagen zwischen 1,50 und 2,17 t (je Charge bzw. Schnitt und Betrieb) bzw. 1,58 bis 2,20 t (je Schnitt bzw. Monat betrachtet) eingefahren.

3.2.2 **Auswertung der Videodateien und erste Ergebnisse**

Die Anwendung der Kameras hat sich bei unseren Untersuchungen in den meisten Fällen bewährt. Ziel der Zeitmessungen dieser Studie war es, Planzeiten für Kalkulationsmodelle zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs beim Heueinfahren (d. h. für die Arbeitsteilvorgänge Heuabladen vom Ladewagen, Befüllen von Belüftungsboxen mit dem Heukran, Heunachschieben an der Abladefläche) zu ermitteln.

Bereits ausgewertete Videodateien, aufgezeichnet über eine Kamera getragen vom Kranfahrer, zeigen, dass bei den Kranfahrten bei allen Arbeitszeitelementen die vordefinierten Messpunkte (und damit der Anfangs- und Endpunkt für die Zeitmessung) erkannt werden konnten. In *Abbildung 4* ist ein Auszug aus einer derartigen Aufzeichnung dargestellt.

Wie bereits erwähnt, wurde die Auswertung der Aufzeichnungen im Programm MEZA der Firma DRIGUS GmbH durchgeführt, was problemlos funktionierte. Vor der Auswertung der Videos mussten diese zusammengesetzt werden, was mit einem zusätzlichen Arbeitszeitaufwand verbunden war.

Es sollte auch nicht unterschätzt werden, dass für die Sicherung der Daten ein hoher Speicherbedarf notwendig ist. Für ein Video mit einer Länge von 17 min 42 s wurden 3,9 GB Speicherplatz benötigt. Für das Zusammensetzten der Videos ist während dieser Zeit der doppelte Speicherplatz notwendig.

Abbildung 4: Beispiel einer Aufzeichnung mittels Kamera, getragen vom Kranfahrer (links –Abladebox, bei der gerade ein Ladewagen abgeladen wird, rechts – Trocknungsbox, die gerade befüllt wird)

In *Tabelle 5* sind vorläufige Mittelwerte der erfassten Ist-Zeiten für die Arbeitselemente beim Befüllen von Belüftungsboxen an drei Betrieben während dem Einfahren einer Charge dargestellt. Die Daten werden in Kombination mit den Einflussgrößen nach der Auswertung aller Daten zur Ermittlung der Planzeiten bzw. Planzeitfunktionen dienen und anschließend in die Kalkulationsmodelle eingebaut werden.

Derzeit werden auch die ersten Videodaten von Kameras, die von den Ladewagenfahrern getragen wurden ausgewertet. Beim Ladewagenfahrer kann es je nach Tätigkeit und einzelnem Arbeitselement (Größe des einzelnen definierten Arbeitselements) dazu kommen, dass nicht alle Messpunkte über die Aufzeichnungen mit einer am Kopf des Fahrers fixierten Kamera zu erkennen sind (wie z. B. der Zeitpunkt des Öffnens der Hecklappe, das Ende des Abladens, das Schließen der Hecklappe). Darum wurde, wenn möglich, zusätzlich eine Kamera (fest installiert oder durch den Beobachter getragen) zur Aufzeichnung des Abladeprozesses eingesetzt. Erste Ergebnisse von einem Betrieb für die Arbeitselemente während des Heuabladens vom Ladewagen sind ebenfalls in *Tabelle 5* dargestellt.

Tabelle 5: Vorläufige statistische Kennzahlen und ausgewählte Einflussgrößen für die Arbeitselemente beim Befüllen von Belüftungsheuboxen mit dem Kran und beim Heuabladen vom Ladewagen zur Erstellung der Planzeiten

	Betrieb A			Betrieb B			Betrieb C		
	Mittelwert[1] (cmin)	**ε[2]**	**n[3]**	**Mittelwert[1] (cmin)**	**ε[2]**	**n[3]**	**Mittelwert[1] (cmin)**	**ε[2]**	**n[3]**
Arbeitselemente - Befüllen von Belüftungsboxen mit Kran									
Auf Kran steigen und starten	24,83	52,48	93	31,50	66,65	66	26,20	52,51	67
Kranfahren leer	23,35	4,22	0	25,82	8,92	0	30,19	6,21	0
Heu aufnehmen	17,67	6,13	0	57,77	6,20	0	52,24	21,6	312
Kranfahren voll	18,03	4,97	0	23,76	6,12	0	31,98	5,77	0
Heu abladen	14,07	5,87	0	31,53	19,42	182	27,21	10,70	14
Kran ausschalten und absteigen	19,00	29,79	13	21,67	135,28	116	11,20	61,44	92
Arbeitselemente - Heuabladen vom Ladewagen									
90° Wendung vorwärts	14,43	15,64	7	-	-	-	-	-	-
Rückwärts rangieren	25,33	30,68	55	-	-	-	-	-	-
Heckklappe öffnen	6,88	22,92	24	-	-	-	-	-	-
Heu abladen vom Ladewagen	148,67	11,09	1	-	-	-	-	-	-
Heckklappe schließen	8,17	64,73	143	-	-	-	-	-	-
Ausgewählte Einflussgrößen									
Trockungsbox: Breite x Länge (m)	11,5 x 15,5			13,7 x 14,1			8,6 x 9,6		
Abladefläche: Breite x Länge (m)	6,3 x 14,0			7,7 x 20,7			4,5 x 35,0		
Greifer: Länge (m)	2,20			2,50			1,65		
Durchschnittlich aufgenommene Heumenge pro Greifer (kg)	215,9			375,1			151,5		
Durchschnittliche Heumenge pro Ladewagen (t)	2,92			-			-		

[1] pro Vorgang
[2] berechneter halber Epsilon-Wert (ε)
[3] Anzahl noch erforderlicher Messungen um geforderten Epsilon-Wert (ε`) von 10 % zu erreichen
- noch keine Datenauswertung durchgeführt

4. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Kameras haben in den meisten Fällen die benötigte Datenqualität (betreffend die Bildqualität sowie den Inhalt des aufgezeichneten Materials) für Arbeitszeitstudien geliefert. Bei bestimmten Tätigkeiten und in Abhängigkeit, wie klein die einzelnen Arbeitselemente definiert wurden, kann es sein, dass bei einer nur am Kopf getragenen Kamera nicht alle Messpunkte genau zu erkennen sind und daher eine zusätzliche Kamera (fest installiert oder durch den Beobachter getragen) verwendet werden muss. Auch auf die Lichtverhältnisse bei der Aufzeichnung muss geachtet werden. Nachteilig war bei den benutzten Kameras die relativ kurze Laufzeit der Akkus, womit bei unseren Messungen beim Heueinfahren die Akkus mehrmals am Tag gewechselt werden mussten.

Zusammenfassend kann die Nutzung von Kameras für arbeitswirtschaftliche Untersuchungen als positiv betrachtet werden. Problemlos funktionierte auch die Auswertung der Videos im Programm MEZA.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Eichhorn, H. (1999). Landtechnik, (Hrsg.) Stuttgart, Ulmer, 7. Edition, 688 S.

[2] Schick, M. und Stark, R. (2002). Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. FAT-Berichte Nr. 588, 12 S.

[3] Ammann, H. (2007). Feuchtheu als mögliche Konservierungsart für Raufutter. ART-Berichte 689, 12 S.

[4] Diverse Authors (2011). Endbericht zum Vorhaben: „Verbesserung der Arbeitsorganisation in bayerischen Mi-chviehbetrieben durch Analyse, vergleichende Bewertung und Optimierung verschiedener Bewirtschaftungsfor-men“. Unveröffentlicht.

[5] Neuhofer, K. (2010). Heumilch-Produktion – Eine echte Chance? In: Physiologie und Verdauung, Mineral-stoffversorgung, Milchproduktion, Gesundheitsmonitoring Rind, Rindfleischproduktion, Heumilch. 37.

[6] Eilers, U., von Reyher, A. und von Korn, S. (2013). Weniger Kraftfutter, mehr Erfolg. Milch ökologisch und mit wenig Kraftfutter zu erzeugen bietet vielerlei Vorteile. Beitrag zum Kritischen Agrarbericht 2013, S. 19-23, https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.Landwirtschaft,Lde/Startseite/Tierhaltung+_+Tierzucht/Milch (abgerufen am 02.04. 2014).

[7] VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), (1976): Band III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ausgabe mit 1. bis 8. Aktualisierung, 2190 S.

[8] DRIGUS GmbH (2010). Grundlagen der Statistik. Dortmund, 128 S.

[9] VGL Verlagsgesellschaft mbH (2018). Action-Cam Test & Vergleich. Top 12 im Januar 2018, https://www.vergleich.org/action-cam/ (abgerufen am 10.01.2018).

[10] Nydegger, F., Wirleitner, G., Galler, J., Pöllinger, A. und Wittmann, H. (2009). Qualitätsheu durch effektive und kostengünstige Belüftung. Landwirt (ÖAG-Info 3/09), https://www.landwirt.com/Qualitaetsheu-durch-effektive-und-kostenguenstige-Belueftung-OeAG-Info-3-09,,6138,,Bericht.html (abgerufen am 09.01.2018).

[11] Kolb, R. E., (2015). Ökologische Heutrocknung mit dem AgrifrigorTM-Verfahren (Entfeuchter). Aufsatz 03-15 –FrigorTec GmbH, https://www.frigortec.de/mediathek/pdf/heuaufsatz-deutsch-einzelseiten.pdf (abgerufen am 09.01.2018).

[12] Thurner, S. und Jakschitz-Wild, S. (2017). Wohin geht die Reise? Allgäuer Wochenblat

Arbeitszeitbedarf bei Abferkelbuchten mit Bewegungsmöglichkeit für die Sau

Emil Blumauer, Franz Handler
HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg, Österreich
Birgit Heidinger
HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Die Änderung der 1. Tierhaltungsverordnung (THVO) im Jahr 2012 verbot die permanente Fixierung der Sau in der Abferkelbucht ab 1. Jänner 2033. Ziel des vorliegenden Beitrages war die Bewertung alternativer Buchtentypen hinsichtlich ihres Arbeitszeitbedarfs im Vergleich zur konventionellen Bucht. Untersucht wurden Knick-, Flügel-, Trapez-, SWAP- und Pro Dromi-Bucht. Alle untersuchten Bewegungsbuchten verursachten einen Anstieg des Arbeitszeitbedarfes im Abferkelstall. Die Hauptursachen waren die schlechtere Einsehbarkeit der Buchten, die größere Bewegungsfreiheit der Sau, die schlechtere Zugänglichkeit der Bucht und die größere Buchtfläche.

1. EINLEITUNG

Konventionell wirtschaftende Ferkelproduzenten mit 3-Wochen-Rhythmus und 28 Tage Säugezeit verbringen, ohne die Ferkelaufzucht zu berücksichtigen, nahezu die Hälfte der Zeit im Abferkelstall, 40 % im Deckstall und rund 10 % im Wartestall (inkl. Jungsauen und Eberbetreuung) [4].

Bisher war in Österreich die Haltung der Zuchtsauen im Abferkelstall in Kastenständen gängiger Standard. Die Änderung der 1. Tierhaltungsverordnung (THVO) im Jahr 2012 [1] verbietet die permanente Fixierung der Sau in der Abferkelbucht ab 1. Jänner 2033. Sie verlangt neue Buchtenmaße und dass sich die Sauen nach Ende der kritischen Lebensphase der Ferkel frei bewegen können.

Die Landwirtschaftskammern und die HBLFA Raumberg-Gumpenstein haben in Zusammenarbeit mit Stallbaufirmen neue Abferkelbuchten (LK-Buchten) entwickelt. Die Evaluierung erfolgte in Forschungsprojekten durch Kooperation HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Landwirtschaftskammer Österreich sowie OÖ, NÖ und Stmk, Veterinärmedizinische Universität Wien, HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg, AGES Graz und Universität für Bodenkultur Wien [2].

Ziel des Projekts aus arbeitswirtschaftlicher Sicht war die Bewertung der untersuchten Buchtentypen hinsichtlich ihres Arbeitszeitbedarfs im Vergleich zur konventionellen Bucht. Die Ursachen für mehr oder weniger Arbeitszeitbedarf wurden auf Teilvorgangsebene herausgearbeitet.

2. MATERIAL UND METHODE

Alle im Rahmen des Projektes untersuchten Buchtentypen waren mit einer Fixierungsmöglichkeit für die Sau während der kritischen Lebensphase der Ferkel ausgestattet. Die untersuchten, im Projekt entwickelten Abferkelbuchten („LK-Buchten“) sind in *Abbildung 1* bis *Abbildung 3* dargestellt. Im Vergleich zum konventionellen Kastenstand, der eine Mindestfläche von 4,0 m² aufweisen muss, verfügen die drei LK-Buchtentypen entsprechend der THVO über die Mindestgröße von 5,5 m². Hinsichtlich des Bodens wurde auf eine vergleichbare Zusammensetzung aus Kunststoff-, Guss- und Betonelementen geachtet („Kombiboden“). Die Betonelemente wurden jeweils in dem Bereich angeordnet, der bei geschlossenem Stand dem vorderen Liegebereich der Sau entsprach. Die Gussroste wurden mehrheitlich im hinteren Standbereich verlegt.

Neben den drei national entwickelten Buchten wurden auch zwei am internationalen Markt verfügbare Buchtentypen in die Erhebung mit einbezogen. Die vom dänischen Hersteller Jyden gelieferte SWAP-Bucht weist eine Fläche von 6,0 m² auf und misst 2,0 m x 3,0 m. Der Boden besteht aus einer 3,5 m² großen, geschlossenen Betonfläche im vorderen (stallgangseitigen) Buchtbereich und einem Gussrost im hinteren Buchtbereich (*Abbildung 4*). Die Bucht Pro Dromi (siehe *Abbildung 5*) wird von einer niederländischen Firma hergestellt und vertrieben. Sie verfügt über eine Gesamtfläche von 7,4 m² mit ca. 3,4 m Länge und 2,2 m Breite. Die geschlossene Fläche beträgt 2,3 m². Sowohl die planbefestigte Fläche als auch der Spaltenboden sind aus Kunststoff gefertigt. Beide Buchten verfügen über verschließbare Ferkelnester, welche einen Verzicht auf den Ferkelbehandlungswagen ermöglichen. Im Gegensatz zu den LK-Buchten, die mit schwenkbaren Futtertrögen ausgestattet waren, verfügten SWAP- und Pro Dromi-Bucht über starre Tröge.

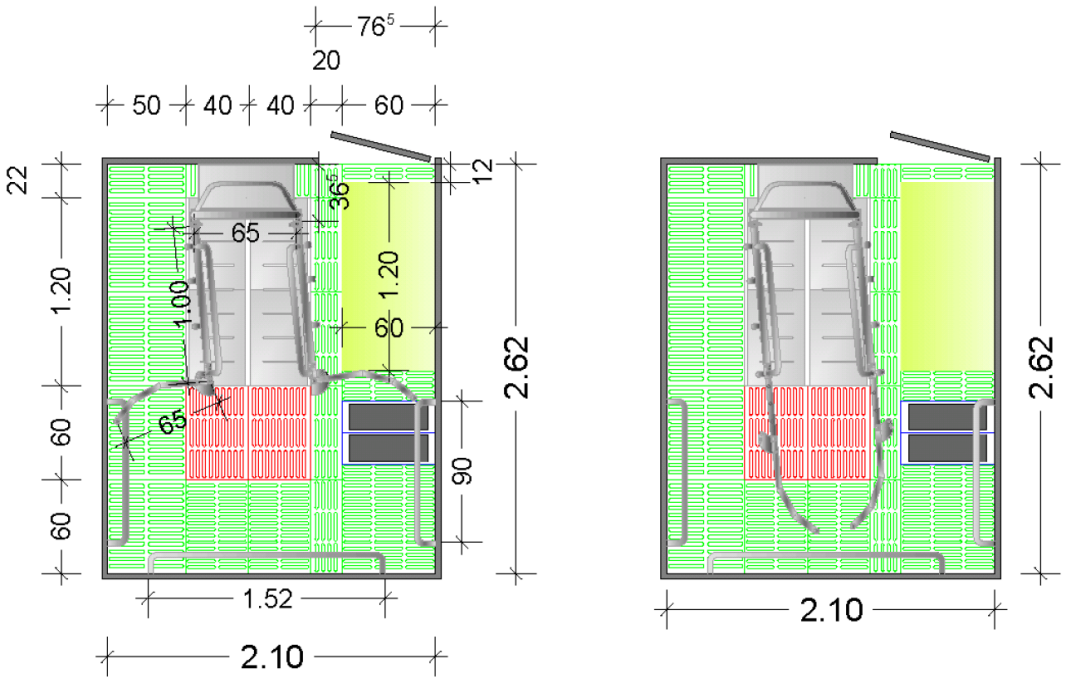


Abbildung 1: Skizzen der Flügelbucht (links geöffnet / rechts geschlossen) [2]

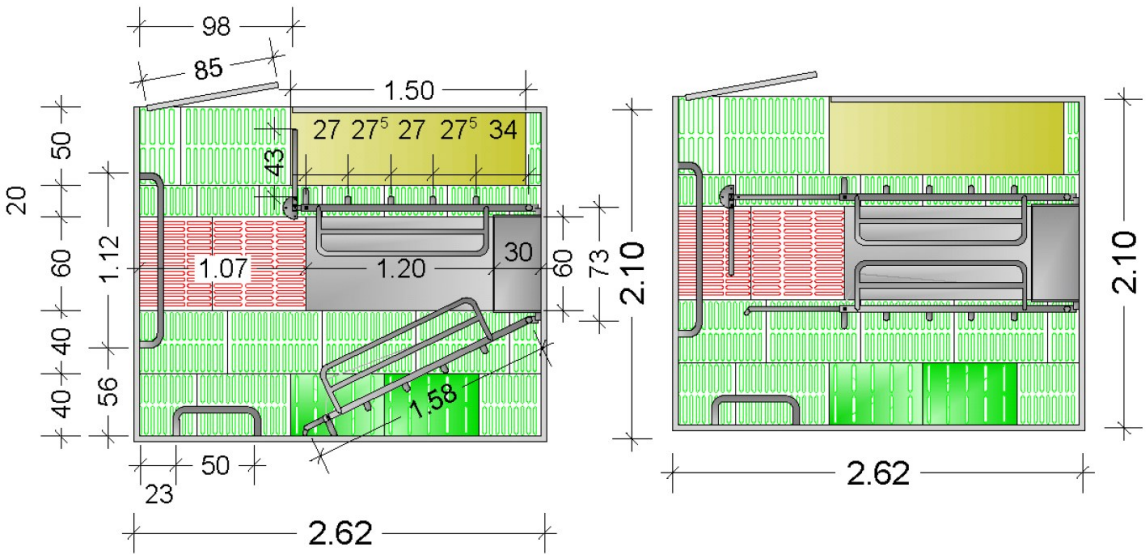


Abbildung 2: Skizzen der Knickbucht (links geöffnet / rechts geschlossen) [2]

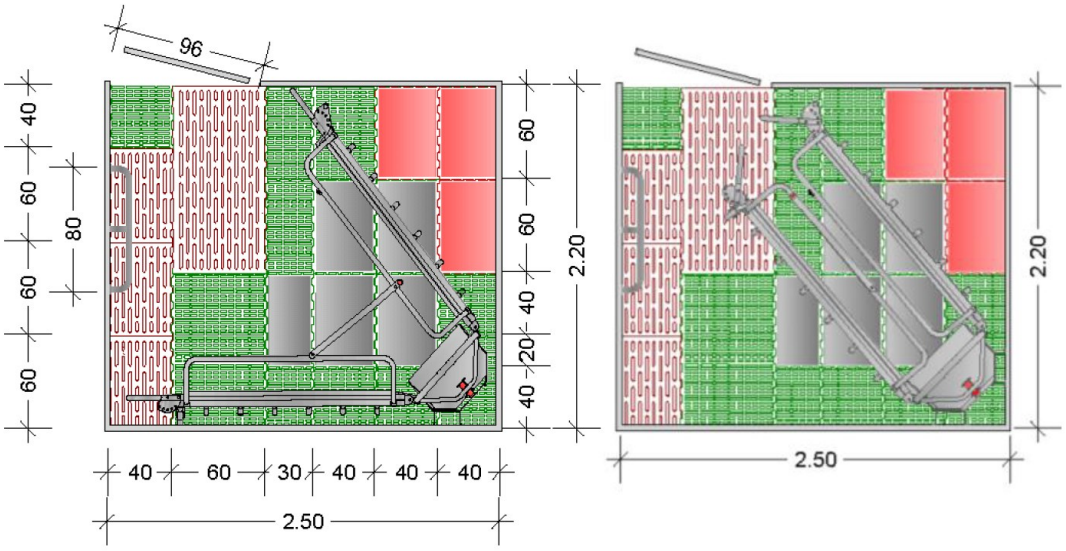


Abbildung 3: Skizzen der Trapezbucht (links geöffnet / rechts geschlossen) [2]

Um einen Überblick über die gängige Praxis bei Routine- und Sonderarbeiten in den Zuchtsauen haltenden Betrieben in Österreich zu bekommen, wurde eine Fragebogenaktion bei Arbeitskreisbetrieben durchgeführt. Auswertbare Rückmeldungen kamen von 45 Betrieben.

Die Arbeitszeitmessungen wurden in den Forschungsbetrieben Schweinezentrum Gießhübl GmbH (NÖ), Landwirtschaftliche Fachschule Hatzendorf (Stmk.) und dem Schweineversuchsgut Medau (NÖ) der Veterinärmedizinischen Universität Wien durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden mittels teilstrukturierten Interviews mit den Betriebsleitern jene Teilvorgänge ermittelt, die sich bezüglich des Arbeitszeitbedarfs zwischen konventionellen und neuen Abferkelbuchten unterschieden. Im nächsten Schritt wurde der Arbeitszeitbedarf jener Teilvorgänge, die sich unterschieden bzw. neu hinzukamen, gemessen. Hierfür wurden Zeitmessungen vor Ort vorgenommen und für die Tierbeobachtung erstellte Videoaufzeichnungen verwendet.

Zur Erörterung der Auswirkung der Unterschiede in den Weglängen wurden Zeit-Weg-Profile auf Basis von Musterplänen für Stallungen mit den verschiedenen Buchtentypen erstellt.

Zur Ermittlung der Arbeitszeitdifferenz pro Jahr war es notwendig, die Anzahl der Wiederholungen der jeweiligen Arbeitsvorgänge bzw. Arbeitsteilvorgänge während eines Abferkeldurchgangs zu erheben.

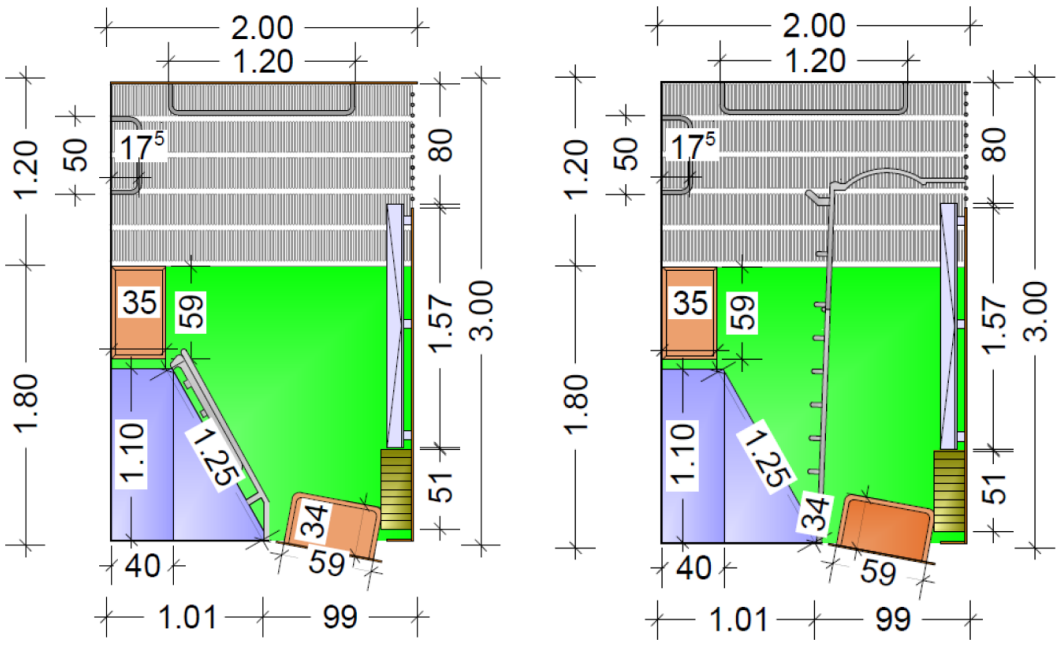


Abbildung 4: Skizzen der SWAP-Bucht (links geöffnet / rechts geschlossen) [2]

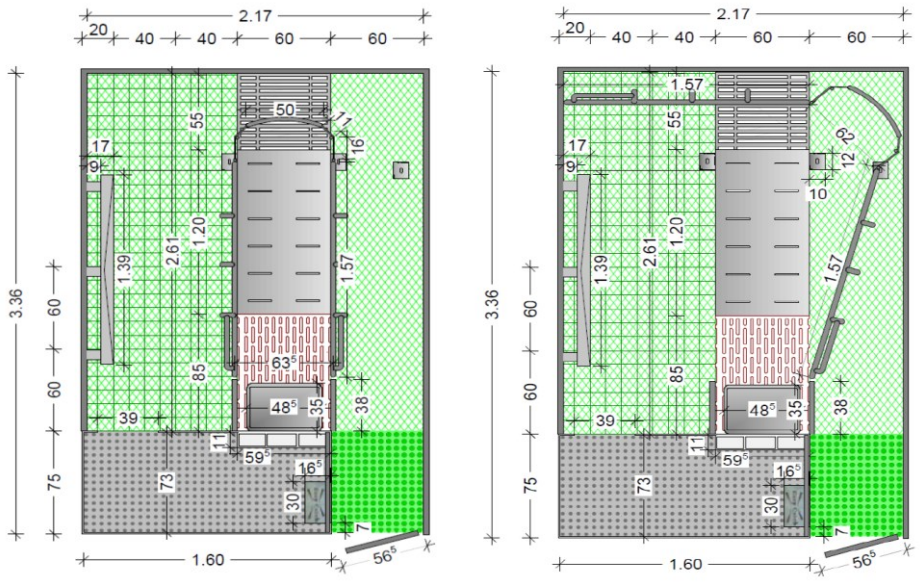


Abbildung 5: Skizzen der Bucht Pro Dromi (links geschlossen, rechts geöffnet) [2]

Die statistische Auswertung der Daten aus den Erhebungen erfolgte mit Statgraphics Centurion XVII (Regressionsanalysen) und SPSS 19 (Bildung von homogenen Gruppen auf Basis des Mediantests).

Für den Arbeitszeitbedarf in konventionellen Abferkelbuchten wurde auch auf Daten aus der Literatur zurückgegriffen [3][5][6][7][8].

Aufbauend auf den aus arbeitswirtschaftlicher Sicht relevanten Betriebs- und Leistungsdaten, den Ergebnissen der eigenen Erhebungen und den Literaturdaten, wurden in Modellrechnungen die Unterschiede bezüglich des jährlichen Arbeitszeitbedarfs zwischen den Buchtentypen mittels Excel-Tabellenkalkulation errechnet.

Bezüglich der kritischen Lebensphase von Saugferkeln wurden vom Wissenschaftlichen Beirat [2] vier Fixierungsvarianten definiert. In der Fixierungsvariante FV 0 wurde die Sau nicht im Abferkelstand fixiert (Kontrollvariante). Bei der Fixierungsvariante FV 3 wurde der Abferkelstand unmittelbar nach der Geburt geschlossen und am vierten Lebenstag der Ferkel geöffnet. Einen Tag vor dem berechneten Geburtstermin wurde der Abferkelstand bei den Fixierungsvarianten FV 4 und FV 6 geschlossen. Das Öffnen erfolgte am vierten (FV 4) bzw. sechsten Lebenstag der Ferkel (FV 6).

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Arbeitszeitbedarf der einzelnen Arbeitsgänge

Die Gesamtarbeitszeit im Abferkelstall wurde in folgende Arbeitsgänge gegliedert:

- Einstallen
- Einstellen der Dosierer
- Beschäftigungs-/Nestbaumaterial anbieten
- Abferkelstand schließen
- Abferkelkontrolle / Geburtsüberwachung
- Geburtshilfe
- Nachgeburt und tote Ferkel entfernen
- Wurfausgleich
- Kontrolle des Troges (Futteraufnahme)
- Reinigung des Troges
- Gesundheitskontrolle
- Abferkelstand öffnen
- Misten der Abferkelbucht
- Ferkel fangen 1
- Ferkel fangen 2
- Ferkel fangen 3
- Ferkel fangen 4
- Behandlung Ferkel
- Behandlung Sau
- Ferkel füttern
- Ausstallen
- Stall waschen
- Desinfektion

Im Folgenden wird auf einige Arbeitsgänge näher eingegangen, bei denen der Buchtentyp einen großen Einfluss auf die Planzeit hatte.

3.1.1 **Einstallen**

Unter dem Arbeitsgang Einstallen sind sämtliche Arbeiten vom Treiben der Sauen ab Abferkelstalleingangstür über den Hauptgang, den Treibgang bis in die geöffnete Abferkelbucht, dem Hineintreiben in die Bucht, dem Schließen des Abferkelstandes bis hin zum Schließen der Bucht und dem Gehen des Wegs zurück aus dem Abferkelstall zusammengefasst. Die trächtigen Sauen wurden von zwei Arbeitskräften getrieben. Vereinzelt kam es bei den Abferkelbuchten mit geringer Buchtwandhöhe dazu, dass eine Zuchtsau trotz geschlossener Buchtentür in die falsche Bucht hinein wollte. Als Hilfsmittel für das Treiben wurden Paddel bzw. Treibbretter eingesetzt.

Das Einstallen wurde in folgende Teilvorgänge gegliedert:

- Treiben der trächtigen Sauen ab Abferkelstalleingangstür über den Hauptgang, den Treibgang bis zur geöffneten Abferkelbucht
- Einstallen in die Abferkelbucht
- Buchtwechsel
- Zurück aus dem Abferkelstall gehen (Gehen im Stall)

Treiben der trächtigen Sauen:
Für die Auswertungen zum Treiben der trächtigen Sauen standen 95 Arbeitsbeobachtungen zur Verfügung. Ein statistisch abgesicherter Zusammenhang zwischen der Anzahl der getriebenen Zuchtsauen je Treibvorgang und der mittleren Treibgeschwindigkeit konnte nicht hergestellt werden. Aus diesem Grund wurden alle Treibvorgänge beim Einstallen zusammengefasst und ausgewertet. Der Median für die durchschnittliche Treibgeschwindigkeit auf Betonboden lag bei 1,8 km/h. Aus der Treibgeschwindigkeit und den Treibstrecken, die aus den von der Arbeitsgruppe Stallbau erstellten Plänen für Musterställe ermittelt wurden, wurde in der Modellrechnung die Treibzeit für fünf Sauen berechnet.

Einstallen in die Abferkelbucht:
Zum eigentlichen Einstallen in die Abferkelbucht wurden die Arbeiten Buchtentür öffnen und schließen, die Sau in die Bucht treiben sowie Abferkelstand im Bedarfsfall in Position bringen, damit die Sau die Bucht nicht mehr verlassen kann, zusammengefasst. Letzteres war bei der Pro Dromi- und der Flügelbucht erforderlich. In der konventionellen Bucht wurde im Rahmen dieses Arbeitsteilvorgangs auch der Abferkelstand geschlossen.

Bei der konventionellen Bucht und der Trapezbucht war der Arbeitszeitbedarf für das Einstallen in die Abferkelbucht mit 44 cmin gleich. Das Schließen der zweiteiligen Tür der Trapezbucht verlangte dem Treiber einiges an Geschick ab. Knick- und SWAP-Bucht verfügten über die breitesten Buchteingänge mit hohen Buchtentüren, welche das Einstallen erleichterten. Dort reichten 25 cmin pro eingestallter Sau. Bei der Pro Dromi-Bucht und der Flügelbucht war das eigentliche Einstallen aufgrund der schmalen Buchteingänge und der erforderlichen Abferkelstandmanipulation mit 96 cmin am zeitaufwendigsten.

Tabelle 1: Planzeiten für das Einstallen einer Sau in die Abferkelbucht und das Abferkelstand schließen (Homogene Untergruppen auf Basis des Mediantests)

Buchtentyp	**Arbeitszeitbedarf – Median [cmin]**	
	Einstallen in die Abferkelbucht	**Abferkelstand schließen**
Konventionelle Bucht	44	-
Knickbucht	25	71
Flügelbucht	96	60
Trapezbucht	44	65
Pro Dromi-Bucht	96	90
SWAP-Bucht	25	146

Buchtwechsel:
Der Buchtwechsel umfasste die Zeit für das Weitergehen bzw. Weitertreiben der nächsten Sau zur nächsten Bucht nach dem Einstallen der vorherigen Sau. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Buchtentypen festgestellt werden. Der Median über alle Messungen hinweg betrug 26 cmin/Wechsel.

Gehen im Stall:
Unter Gehen im Stall verstand man beim Einstallen das Zurückgehen aus dem Abferkelstall, nachdem alle Sauen einer Treibgruppe (meist fünf) in ihre Buchten eingestallt waren.

Ausgehend von 27 Messungen wurde mittels linearer Regression der Arbeitszeitbedarf für das Gehen im Stall in Abhängigkeit von der zurückgelegten Wegstrecke bestimmt. Die Regressionsgleichung mit einem Bestimmtheitsmaß von 74 % lautete:

$$Arbeitszeitbedarf/Arbeitskraft\ [cmin] = 7{,}38 + 1{,}73 * Weg\ [m]$$

3.1.2 **Abferkelstand schließen**

Beim Arbeitsgang Abferkelstand schließen wurden alle Arbeitsteilvorgänge vom Betreten der Bucht, über das eigentliche Schließen des Abferkelstandes und das Verlassen der Bucht bis hin zum Gehen von Bucht zu Bucht zusammengefasst.

Bei der konventionellen Bucht wurde der Abferkelstand im Rahmen des Einstallens geschlossen und blieb bis zum Ausstallen der Zuchtsau geschlossen. Aus diesem Grund wurde für diesen Buchtentyp in *Tabelle 1* kein Wert angegeben.

Generelle Empfehlung ist, dass der Abferkelstand während der Fütterung der Sauen geschlossen bzw. die Sauen mit Futter zum Trog gelockt werden sollten. Entscheidend ist, dass der Abferkelstand rasch an die Körpermaße der Sau angepasst werden kann. Teleskopierbare bzw. schwenkbare Abferkelstandteile müssen rasch und problemlos verstellbar sein. Dies war nicht immer der Fall und wurde auch durch das Verhalten mancher Sauen erschwert.

Bei Knick-, Flügel- und Trapezbucht konnte der Abferkelstand meist ohne direkten Sauenkontakt geschlossen werden. Dies zeigte sich an den annähernd gleichen Planzeiten in *Tabelle 1*. Der Zeitbedarf in der Pro Dromi- und der SWAP-Bucht war deutlich größer. Beide Buchten sind grundsätzlich auf ein freies Abferkeln ausgerichtet. Der eingebaute Abferkelstand stellte daher einen Kompromiss mit Verbesserungspotential dar, was sich einerseits durch verstärkten Tierkontakt beim Schließen und andererseits durch einen höheren Zeitbedarf bemerkbar machte. Bei der Pro Dromi-Bucht waren zum Schließen des Abferkelstandes zwei Arbeitskräfte unbedingt erforderlich. Bei der SWAP-Bucht hingegen schafften kräftige Männer das Schließen alleine, Frauen waren hingegen zu zweit.

3.1.3 **Ferkel fangen 1**

Der Arbeitsgang Ferkel fangen 1 wurde am 1. Lebenstag der Ferkel von zwei Arbeitskräften durchgeführt. Er umfasste folgende Arbeitsteilvorgänge:

- Fangen der Ferkel
- Behandlung der Ferkel
- Rückgabe der Ferkel in die Bucht
- Von Bucht zu Bucht gehen

Fangen der Ferkel:
Die Pro Dromi-Bucht war mit einem Selbstfangmechanismus ausgestattet, bei dem das Ferkelnest auf einer Seite mit einem Schieber verschlossen wurde und auf der anderen Seite die Ferkel durch ein mit Hilfe von Druckluft betätigtes System nur mehr in das Ferkelnest hinein, aber nicht mehr hinaus konnten. In der Regel wurde bei aktiviertem Selbstgangmechanismus das Ferkelnest nicht von allen Tieren freiwillig aufgesucht. Es musste daher ein Teil der Ferkel in das Ferkelnest getrieben bzw. in der Bucht gefangen und in das Ferkelnest gehoben werden. Dafür wurden unabhängig von der Wurfgröße 358 cmin (Median) benötigt.

Die SWAP-Bucht verfügte ebenfalls über ein verschließbares Ferkelnest. Ferkel, die nicht im Ferkelnest waren, mussten in der Bucht gefangen und in den Behandlungswagen gehoben werden. Letzteres galt auch für die im Ferkelnest eingesperrten Tiere. Bei den anderen Buchtentypen wurden die Ferkel in der Bucht gefangen und in den Behandlungswagen gehoben.

Der Zeitbedarf zum Fangen der Ferkel war bei der konventionellen Bucht, der Knickbucht, der Flügelbucht und der SWAP-Bucht mit einem Median von 13 cmin je Ferkel gleich (siehe *Tabelle 2*). Bei der Trapezbucht, in der Ferkel unter dem Futtertrog Unterschlupf fanden, erhöhte sich die Fangzeit deutlich und lag bei 19 cmin. In der SWAP-Bucht kam es bei geschlossenem Abferkelstand, wenn die saugenden Ferkel an der dem Ferkelnest gegenüberliegenden Buchtwand lagen, zu einem erhöhten Zeitbedarf (19 cmin), da die Ferkel schlecht erreichbar (hinter dem Körper der Sau verdeckt) waren. Dieser spezielle Fall wurde in der Modellrechnung nicht berücksichtigt.

Behandeln der Ferkel:
Für das Herausheben der Ferkel aus dem Behandlungswagen, das Zähne schleifen und das Schwanz kupieren wurde über alle Messungen ein Median von 44 cmin je Ferkel (1 Person schleift Zähne, 1 Person kupiert Schwanz) ermittelt.

Bei der Pro Dromi-Bucht wurde für das Herausheben der Ferkel aus dem Ferkelnest ein Mehrbedarf von 2 cmin ermittelt, da kein Behandlungswagen verwendet wurde.

Rückgabe der Ferkel in die Bucht:
Jedes behandelte Ferkel wurde einzeln nach der Behandlung in die Abferkelbucht zurückgesetzt. Die Zeitunterschiede wurden durch die unterschiedlichen Buchtwand- bzw. Türhöhe verursacht (siehe *Tabelle 2*).

Von Bucht zu Bucht gehen:
Der Arbeitszeitbedarf für das Gehen von Bucht zu Bucht entsprach den in Kapitel 3.1.1 ermittelten Werten.

Tabelle 2: Planzeiten für das Fangen der Ferkel bzw. Rückgabe der Ferkel in die Bucht (Homogene Untergruppen auf Basis des Mediantests)

Buchtentyp	Arbeitszeitbedarf – Median [cmin/Ferkel]		
	Ferkel fangen 1		Ferkel fangen 3
	Fangen der Ferkel	Rückgabe der Ferkel	Fangen der Ferkel
Konventionelle Bucht	13	5	18
Knickbucht	13	10	18
Flügelbucht	13	8	18
Trapezbucht	19	8	18
Pro Dromi-Bucht	-	8	-
SWAP-Bucht	13	10	24

3.1.4 **Ferkel fangen 2**

Das Ferkel fangen 2 erfolgte am 2. Lebenstag der Ferkel. Der Arbeitsablauf entsprach dem Ferkel fangen 1. Der wesentliche Unterschied war, dass aufgrund der bereits erfolgten Ferkelverluste weniger Ferkel zu fangen und zu behandeln waren. Der Zeitbedarf für das Fangen der Ferkel, die Rückgabe der Ferkel und das von Bucht zu Bucht gehen entsprach den im vorherigen Kapitel beschriebenen Werten. Das Behandeln der Ferkel umfasste die Eisengabe und Verabreichung der Suspension mit Pumpdoser direkt ins Maul. Der Median betrug 16 cmin/Ferkel.

3.1.5 **Ferkel fangen 3**

Der Arbeitsablauf entsprach dem Ferkel fangen 1. Es erfolgte am 5. bis 6. Tag nach der Geburt der Ferkel. Die Anzahl der Ferkel entsprach jener des Ferkel fangen 2.

Fangen der Ferkel:
Für das Treiben der Ferkel in das Ferkelnest war bei der Pro Dromi-Bucht unabhängig von der Ferkelanzahl ein Arbeitszeitbedarf im Median von 128 cmin erforderlich. Eine mögliche Erklärung für den im Vergleich zum Ferkel fangen 1 geringeren Zeitbedarf dürfte das Fluchtverhalten der Ferkel in das Ferkelnest gewesen sein.

Die konventionelle Bucht, die Knick-, die Flügel- und die Trapezbucht wiesen mit 18 cmin/Ferkel die gleiche Fangzeit auf (*Tabelle 2*). Mit Ausnahme der Trapezbucht stieg die mittlere Fangzeit je Ferkel. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass im Gegensatz zu den kleinen Ferkeln die größeren nicht mehr unter dem Futtertrog Platz fanden und der Trogbereich aufgrund der bereits frei beweglichen Sau besser zugänglich war. Bei der SWAP-Bucht war der Zeitbedarf mit 24 cmin/Ferkel aufgrund der Lage des Ferkelnests und der Höhe der Buchtentür am höchsten.

Behandeln der Ferkel:
Es wurde unterstellt, dass 50 % männliche Ferkel vorhanden waren, die kastriert werden mussten. Pro kastriertem Ferkel wurden 200 cmin unterstellt [3]. Für die Mykoplasmenimpfung und das Einziehen der Ohrmarken wurde ein Median von 16 cmin/Ferkel erhoben.

Bei der Pro Dromi-Bucht wurden für das Herausheben der Ferkel aus dem Ferkelnest ein Mehrbedarf an Zeit von 2 cmin ermittelt.

Rückgabe der Ferkel in die Bucht:
Die erhobene Arbeitszeit für das Zurückgeben der Ferkel in das Ferkelnest war bei allen Buchtentypen gleich. Der Median betrug 8 cmin/Ferkel.

Von Bucht zu Bucht gehen:
Der Arbeitszeitbedarf für das Gehen von Bucht zu Bucht entsprach den in Kapitel 3.1.1 ermittelten Werten.

3.1.6 **Ferkel fangen 4**

Der Arbeitsablauf entsprach dem Ferkel fangen 3 und erfolgte am 21. Lebenstag der Ferkel. Der Zeitbedarf für das Fangen der Ferkel, die Rückgabe der Ferkel und das Gehen von Bucht zu Bucht entsprach den im vorherigen Kapitel beschriebenen Werten. Das Behandeln der Ferkel umfasste die zweite Mykoplasmen- und die Cirovirusimpfung. Der Zeitbedarf (Median) machte auf Basis der eigenen Erhebungen 41 cmin/Ferkel aus.

3.1.7 **Stall waschen**

Dieser Arbeitsgang setzte sich aus dem Waschen der Bucht, der Gangreinigung und den dazugehörigen Vor- und Nachbereitungsarbeiten zusammen.

Waschen der Bucht:
Dieser Arbeitsteilvorgang bestand aus dem Kot entfernen, der Vorreinigung, dem etwaigen Ausbringen eines alkalischen Schaumreinigers und der Endreinigung. Nicht alle Forschungsbetriebe brachten einen alkalischen Schaumreiniger aus bzw. ließen diesen entsprechend einwirken. In der Einwirkzeit (ca. eine halbe Stunde) ging die Arbeitskraft einer anderen Tätigkeit nach. Da die Intensität der Vorreinigung unterschiedlich war und dies einen Einfluss auf die Endreinigungszeit hatte, wurde nur die Gesamtzeit je Abferkelbucht für das Waschen der Bucht ausgewiesen. Diese stand in direktem Zusammenhang mit der Buchtgröße und war bei der konventionellen Bucht mit 4,19 AKmin am geringsten und bei der Pro Dromi-Bucht mit 15,83 AKmin am größten (*Tabelle 3*)

Tabelle 3: Ermittelte Planzeiten für das Waschen der Bucht (Homogene Untergruppen auf Basis des Mediantests)

Buchtentyp	Arbeitszeitbedarf – Median [AKmin/Abferkelbucht]
Konventionelle Bucht	4,19
Knickbucht	7,42
Flügelbucht	7,42
Trapezbucht	7,42
Pro Dromi-Bucht	15,83
SWAP-Bucht	9,05

Gangreinigung:
Die Gangreinigung wurde im Zuge des Waschens der Bucht durchgeführt. Fünf Buchten und die anteilige Gangfläche wurden zu einem Waschabschnitt zusammengefasst. Aus den erhobenen Daten wurde für den Arbeitszeitbedarf folgende Regressionsgleichung mit einem Bestimmtheitsmaß von 67 % ermittelt:

$$Arbeitszeitbedarf\ [AKmin/Waschabschnitt] = 1{,}52 + 0{,}14 * Gangfläche\ [m^2]$$

Für die Modellrechnung wurde die Gangfläche aus den Plänen für Musterställe [2] entnommen.

Vor- und Nachbereitungsarbeiten:
Die Vor- und Nachbereitungsarbeiten für die Stallreinigung wurden entsprechend Haidn [3] mit 67 cmin je Bucht und Durchgang angesetzt.

3.2 Vergleich des jährlichen Gesamtarbeitszeitbedarfes

Aufbauend auf den in Kapitel 3.1 beschriebenen Arbeitsgängen und Daten sowie den im Projekt ermittelten Ferkelverlusten [2] wurde für die einzelnen Buchtentypen in einer Modellrechnung ein jährlicher Arbeitszeitbedarf pro Zuchtsau im Abferkelstall berechnet. Für alle Buchtentypen wurden vom Wissenschaftlichen Beirat [2] des Projektes einheitlich folgende betriebliche Rahmenbedingungen festgelegt:

- Bestandsgröße: 140 Sauen (40 Abferkelbuchten)
- Lebend geborene Ferkel pro Wurf: 13
- Durchgänge pro Jahr: 2,39
- Produktionssystem: 3-Wochen-Rhythmus

Die Modellrechnung ergab für die konventionelle Bucht bei 11,5 abgesetzten Ferkeln pro Wurf 4,39 AKh pro Zuchtsau und Jahr. Dies lag über den vom KTBL [4] angegebenen Werten von 3,97 bis 4,22 AKh pro produktiver Zuchtsau und Jahr bei deutlich größeren Beständen (252 bzw. 336 Sauen).

Die Ergebnisse der Modellrechnung für die Bewegungsbuchten sind in *Tabelle 4* zusammengefasst. Die Fixierungsvarianten unterschieden sich bezüglich des Mehraufwandes im Vergleich zur konventionellen Bucht nicht wesentlich voneinander. Tendenziell war der Mehraufwand bei der Fixierungsvariante FV 0 geringer als bei den anderen Fixierungsvarianten, da einerseits weniger Ferkel zu fangen und zu behandeln (Ferkel fangen 2, 3, 4) waren und andererseits das Schließen/Öffnen des Abferkelstandes wegfiel. Dieser Effekt wurde bei der Pro Dromi-Bucht durch den erhöhten Zeitbedarf für das Misten der Abferkelbucht kompensiert.

Bei den zukünftig vorgeschriebenen größeren Bewegungsbuchten darf der Abferkelstand nur während der kritischen Lebensphase der Ferkel geschlossen bleiben. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Arbeit in Zusammenhang mit dem Öffnen/Schließen des Abferkelstands außerhalb dieses Zeitfensters zum Schutz der Arbeitskraft bei diversen Tätigkeiten (vor allem Tierbehandlungen) in der Abferkelbucht anfallen kann. Bei der Gesundheitskontrolle sowie der Abferkelkontrolle/Geburtsüberwachung kam die

schlechtere Einsehbarkeit der Buchten zum Tragen. Aufgrund der größeren Bewegungsfreiheit der Sau und der teilweise schlechteren Zugänglichkeit der Bucht kam es beim Entmisten der Abferkelbucht zu einem zeitlichen Mehraufwand. Beim Ferkel fangen wirkten sich die Buchtgröße, die erforderliche Fixierung der Sau und teilweise der erschwerte Zugang in die Bucht negativ aus. Die größere Buchtfläche zeigte beim Stall waschen Wirkung.

Der Mehrbedarf an Arbeitszeit war bei der Flügelbucht am geringsten. Bei den Arbeitsgängen Einstellen der Dosierer und Reinigung des Troges schnitt sie sogar besser als die konventionelle Bucht ab.

Bei der Trapezbucht erhöhte die schlechte Einsehbarkeit des Futtertroges (Trogkontrolle) und die Unterschlupfmöglichkeit der kleinen Ferkel unter dem Futtertrog (Ferkel fangen) den Arbeitszeitbedarf.

Bei der Knickbucht wirkte sich die erschwerte Zugänglichkeit auch auf das Einstellen der Dosierer, das Ferkel füttern und die Reinigung des Troges negativ aus. Das Einstallen war sehr zeiteffektiv möglich.

Die SWAP-Bucht schnitt vor allem beim Entmisten aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit und beim Ferkel fangen aufgrund der Anordnung des Abferkelstandes schlechter ab. Das Einstallen war sehr zeiteffektiv möglich.

Bei Arbeiten in der Pro Dromi-Bucht war der Zeitbedarf mit Abstand am höchsten. Das Aus- und Einstallen war durch die relativ schmale Buchtentür und den glatten Kunststoffboden im Eingangsbereich erschwert. Die Abferkelstandkonstruktion verursachte sowohl im geöffneten als auch im geschlossenen Zustand einen Mehraufwand beim Misten. Das Öffnen/Schließen des Abferkelstandes musste in der Regel von zwei Arbeitskräften vorgenommen werden. Die Konstruktion des Troges erschwerte die Reinigung erheblich. Die Größe der Bucht wirkte sich auch auf die Arbeitszeit beim Waschen der Bucht negativ aus. Bei entsprechender Körpergröße (über 175 cm) war das Einstellen des Dosierers rasch möglich. Bei den größeren Ferkeln wirkte sich die Selbstfangeinrichtung des Ferkelnestes beim Ferkel fangen positiv aus.

Neben dem insgesamt erhöhten Arbeitszeitbedarf der Bewegungsbuchten wurden Arbeitsspitzen beim Einstallen, der Geburtsüberwachung, dem Ferkel fangen, dem Ausstallen und beim Stall waschen ermittelt.

Hinsichtlich der Gestaltung und Handhabung der untersuchten Abferkelbuchten gibt es nach wie vor Verbesserungspotential, welches in Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen auch bearbeitet wurde und wird.

Tabelle 4: Abgesetzte Ferkel pro Wurf, jährlicher Arbeitszeitbedarf pro Zuchtsau und jährlicher Mehrbedarf an Arbeitszeit im Vergleich zur konventionellen Bucht

Fixierungsvarianten	Kennzahl	Knickbucht	Flügelbucht	Trapezbucht	Pro Dromi-Bucht	SWAP-Bucht
FV 0	abgesetzte Ferkel/Wurf	10,9	11,0	10,5	10,3	10,2
	jährl. Arbeitszeitbedarf pro Sau [AKh]	5,29	4,50	5,20	8,40	4,81
	jährl. Mehrbedarf an Arbeitszeit [AKh]	126	15	113	560	59
FV 3	abgesetzte Ferkel/Wurf	11,4	11,4	11,1	10,9	10,8
	jährl. Arbeitszeitbedarf pro Sau [AKh]	5,51	4,59	5,28	8,17	5,04
	jährl. Mehrbedarf an Arbeitszeit [AKh]	156	27	125	528	90
FV 4	abgesetzte Ferkel/Wurf	11,7	11,7	11,4	11,3	11,2
	jährl. Arbeitszeitbedarf pro Sau [AKh]	5,54	4,61	5,32	8,09	5,07
	jährl. Mehrbedarf an Arbeitszeit [AKh]	160	30	130	518	94
FV 6	abgesetzte Ferkel/Wurf	11,5	11,5	11,2	11,0	10,9
	jährl. Arbeitszeitbedarf pro Sau [AKh]	5,52	4,59	5,30	7,87	5,03
	jährl. Mehrbedarf an Arbeitszeit [AKh]	158	28	126	487	89

4. QUELLENVERZEICHNIS

[1] 1. Tierhaltungsverordnung (1. THVO): In BGBl. II Nr. 61/2012 vom 9.3.2012.

[2] Heidinger, B., Stinglmayr, J., Maschat, K., Oberer, M., Blumauer, E., Kuchling, S., Leeb, C., Hatzmann, E., Zentner, E., Hochfellner, L., Laubichler, C., Dolezal, M., Schwarz, L., Mösenbacher-Molterer, I., Vockenhuber, D., Baumgartner, J. (2017): Evaluierung von neuen Abferkelbuchten mit Bewegungsmöglichkeit für die Sau. Abschlussbericht zu den Forschungsprojekten Nr. 100964, 100986, 101062 und BMLFUW-LE.1.3.2/0086-II/1/2013, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Juli 2017.

[3] Haidn, B. (1992): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation, Technische Universität München.

[4] KTBL (2016): Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 25. Auflage, Darmstadt.

[5] Martetschläger, R. (2007): Arbeitszeitvergleich von Abferkelbuchtentypen mit und ohne Fixierung der Sau. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

[6] Kamphues, B. (2004): Vergleich von Haltungsvarianten für die Einzelhaltung von säugenden Sauen unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf das Tierverhalten und der Wirtschaftlichkeit. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.

[7] Software ART-Arbeitsvoranschlag (Version 1.1.17 / 26.09.2013), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Redaktion: Ruedi Stark.

[8] Baumgartner, J., Winckler, C., Quendler, E., Ofner, E., Zentner, E., Dolezal, M., Schmoll, F., Schwarz, C., Koller, M., Winkler, U., Laister, S., Fröhlich, M., Podiwinsky, C., Martetschläger, R., Schleicher, W., Ladinig, A., Rudorfer, B., Huber, G., Mösenbacher, I. und Troxler, J. (2008): Beurteilung von serienmäßig hergestellten Abferkelbuchten in Bezug auf Verhalten, Gesundheit und biologische Leistung der Tiere sowie in Hinblick auf Arbeitszeitbedarf und Rechtskonformität. Schlussbericht zum Forschungsprojekt Nr. 1437 BMGFJ & BMLFUW, GZ. LE.1.3.2/0003-II/1/2005.

Grundfutterqualität und Arbeitszeitaufwand während der Ernte österreichischer Almochsenmastbetriebe

Elisabeth Quendler, Christina Maria Hölbling, Sophie Schaffernicht, Werner Zollitsch
Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Kostendruck, Berichte über Missstände und der steigende Fleischkonsum haben das Interesse der Bevölkerung an einer effizienten Rindfleischproduktion, insbesondere auf Grünlandbasis bei geringem bis keinem Kraftfuttereinsatz verstärkt. Die Grundfutterqualität weist gegenwärtig eine erhebliche Variabilität auf. Ziel dieser Arbeit war die Ermittlung der Ursachen für die Unterschiede in der Grundfutterqualität und des Arbeitszeitaufwandes. Das Erheben der Daten erfolgte mit einem halbstandardisierten Fragebogen und durch Futtermittelbeprobung auf 19 Almochsenmastbetrieben. Die Daten wurden deskriptiv und analytisch im Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel sowie SAS Enterprise Guide 4.2 mit den Testverfahren parametrische und nicht parametrische ANOVA ausgewertet und beschrieben. Der Energiegehalt schwankte zwischen 9,6 und 10,5 MJ ME pro Kilogramm Trockenmasse und bedingte eine Einteilung der Betriebe in vier Gruppen. Jene Betriebe aus Gruppe II und III, mit der höheren Grundfutterqualität zeichneten sich durch einen hohen Mechanisierungsgrad und geringem täglichem Gesamtarbeitszeitaufwand gegenüber den Gruppen 0 und I aus. Sie wendeten auch mehr Pflegemaßnahmen auf. Gruppe I bestach durch den höchsten mittleren außerbetrieblichen Erwerbseinsatz je Tag während der Ernte und die geringste Grundfutterqualität. Die Gruppe III mit der höchsten Futterqualität belegte (MIN=4,64; MAX=15,6; STABW=2,87) den geringsten durchschnittlichen Arbeitszeitaufwand (in APh) für Betrieb, Verpflegung und außerbetrieblicher Erwerbstätigkeit pro Tag während der Erntephase.

1. EINLEITUNG

Die Rindfleischproduktion befindet sich auf dem Prüfstand gesellschaftlicher Anforderungen. Das global fortschreitende Bevölkerungswachstum bedingt einen steigenden Bedarf an tierischem Eiweiß, darunter Rindfleisch, und erhöht folglich den nötigen Ressourceneinsatz sowie verschärft teils auch die Umweltprobleme. Schweden und Österreich zählen zu jenen europäischen Ländern, die Ochsenmast großteils über extensive Produktionssysteme betreiben (AWI, 2014).

In der Bevölkerung steigt das Interesse für eine Rindfleischproduktion auf Grünlandbasis mit geringem oder keinem Kraftfuttereinsatz. Bei Landwirten sorgt das hohe Preisniveau von Kraftfutter für eine verstärkte Nutzung von wirtschaftseigenem Grünfutter. Eine gute Qualität des Grundfutters wird erheblich vom Vegetationsstadium während der Ernte mitbestimmt. Der optimale Schnittzeitpunkt bei einer standortangepassten Nutzung liegt beim Vegetationsstadium des „Ähren-Rispenschiebens“. Die Nutzung in diesem Vegetationsstadium ermöglicht es dem Landwirt gute Erträge und Futterqualitäten sowie einen guten Pflanzenbestand zu erzielen (Steinwidder, 2012).

Als Ursachen von geringerer Grundfutterqualität werden falsche Schnittzeitpunkte, die Futterverschmutzung während der Bergung und Konservierungsfehler angesehen. Eine geringe Futterqualität kompensieren Landwirte meist durch Zukauf von Ergänzungsfuttermitteln oder eine längere Mastdauer, was nicht nur ökonomische, sondern auch arbeitswirtschaftliche und ökologische Nachteile bedingt. Die Kenntnis des Futterwertes ist für eine leistungs- und tiergerechte Fütterung unerlässlich. Nährstoffanalysen von Raufutter ermöglichen es, die Notwendigkeit einer Veränderung der Bewirtschaftungsintensität sowie Arbeitserledigung und die Qualität des Grünlands zu beurteilen (Wiedner, 1998).

Arbeitsspitzen bei der Futterwerbung und Konservierung, nebst knappen oder unzureichenden Arbeitskapazitäten, führen zu einer suboptimalen Ernte, welche auch die Futterqualität für Ochsen mindert.

Zur Vermeidung dieser nachteiligen Effekte in der Ochsenmast ist es notwendig, zu eruieren, welche Maßnahmen eine Optimierung der Grundfutterqualität in der österreichischen Ochsenmast ermöglichen.

Ziel dieser Arbeit war daher das Untersuchen der Arbeitserledigung während der Erntephase und deren möglicher Effekte auf die Qualität des geworbenen Raufutters.

2. MATERIAL UND METHODE

Mit dem Arbeitskreis Ochsenhaltung der LK Steiermark wurden 19 repräsentative Betriebe regionsbezogen aus dem Pool an ALMO-Mitgliedern ausgewählt, die extensive Ochsenmast hatten. Zum Vergleich der Wirtschaftsweise der untersuchten Ochsenmastbetriebe wurde die Einstufung dieser nach dem Energiegehalt des Grundfutters in MJ ME pro Kilogramm Trockenmasse vorgenommen. Als überwiegende Erwerbsform lag der Haupterwerb (n=11) vor. Bei allen Versuchsbetrieben handelte es sich um Familienbetriebe. Die Betriebe hielten im Durchschnitt 26,7 Ochsen (n=19; MIN=3,00; MAX=76,0; STABW=17,0). Alle Betriebe nutzten ihre arrondierten Grünlandflächen, um eine Weide der Tiere zu ermöglichen. Die Grünlandfläche belief sich im Mittel auf 17,5 ha (n=19; MIN=7,00; MAX=37,5; STABW=8,21) und die durchschnittliche Seehöhe betrug 881 m (n=19, MIN=510; MAX=1182, STABW=180). Eine Weideperiode dauerte im Durchschnitt 189 Tage (n=19; MIN=135; MAX=365; STABW=44,6). Die durchschnittliche Dauer der Alpung betrug 113 Tage (n=13; MIN=74,0; MAX=170; STABW=24,9). Auf allen Betrieben wurden als Grundfuttermittel Heu und Silage und in der Endmast beziehungsweise Ausmast Kraftfutter vorgelegt. In den Sommermonaten hatten die Tiere durch die Weide- und Almhaltung auch Zugang zu frischem Grünfutter. Die durchschnittliche Schnittanzahl lag bei 2,89 Schnitten pro Jahr (n=19; MIN=2,00; MAX=4,00; STABW=0,57). Zur häufigsten Lagerungsart des Futters zählten die Ballensilage und das Heu lose am Heustock (n=9).

Zu erledigende Routine- und Sonderarbeiten waren Misten, Einstreuen, Reinigen, Tier- und Zaunkontrolle und Management. Diese Tätigkeiten wurden täglich bis mehrmals jährlich sowie händisch bis maschinell erledigt. An diesen Arbeiten waren immer mehrere Familienarbeitskräfte beteiligt.

Die Managementaufgaben, Bestandskontrolle und Büroarbeit (zu Buchhaltung, Vermarktung, Tieranmeldung und -abmeldung) wurden von den BetriebsleiterInnen getätigt, die selten von den PartnerInnen unterstützt wurden.

Zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen dem Arbeitszeitaufwand (APh), der Grundfutterqualität und dem Masterfolg wurde auf jedem Ochsenmastbetrieb mit einem halbstandardisierten Fragebogen die aktuelle Betriebssituation in ein bis zwei Stunden erfragt und eine Futterbeprobung durchgeführt.

Die Futterproben wurden mittels Silobohrer sowie bei Heu durch händische Probenahme gewonnen. Die Probe wurde unter Luftausschluss in einen Plastikbeutel gegeben, gekennzeichnet und zur genaueren Beurteilung der Inhaltsstoffe in ein Futtermittellabor geschickt.

Als Gruppierungskriterium für die Betriebe wurde der auf Basis der Rohnährstoffe geschätzte ME-Gehalt (Umsetzbare Energie pro Kilogramm Trockenmasse (MJ ME/kg T)) der Futterproben der Untersuchungsbetriebe gewählt. Die Grundfutterqualität wurde über Schnittanzahl, -zeitpunkt und Aufwuchshöhe des ersten Schnittes sowie Futterverschmutzung während der Bergung beurteilt. Die Arbeitssituation wurde über den Arbeitszeitaufwand für tägliche Tätigkeiten (am Betrieb, in der Verpflegung und außerbetrieblich) und den Mechanisierungsgrad der Betriebe evaluiert.

Für die deskriptive Auswertung wurden die erfassten Daten in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel eingegeben. Die analytische Auswertung erfolgte im Programm SAS Enterprise Guide mit den Testverfahren parametrische und nicht parametrische ANOVA.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Grundfutterqualität der Ochsenbetriebe, quantifiziert über den Futterwert in Megajoule Umsetzbare Energie pro Kilogramm Trockenmasse (MJ ME/kg T) der Silagen vom ersten Schnitt, variierte erheblich auf den Betrieben, von 9,57 bis 10,52 MJ ME/kg Trockenmasse (*Abbildung 1*).

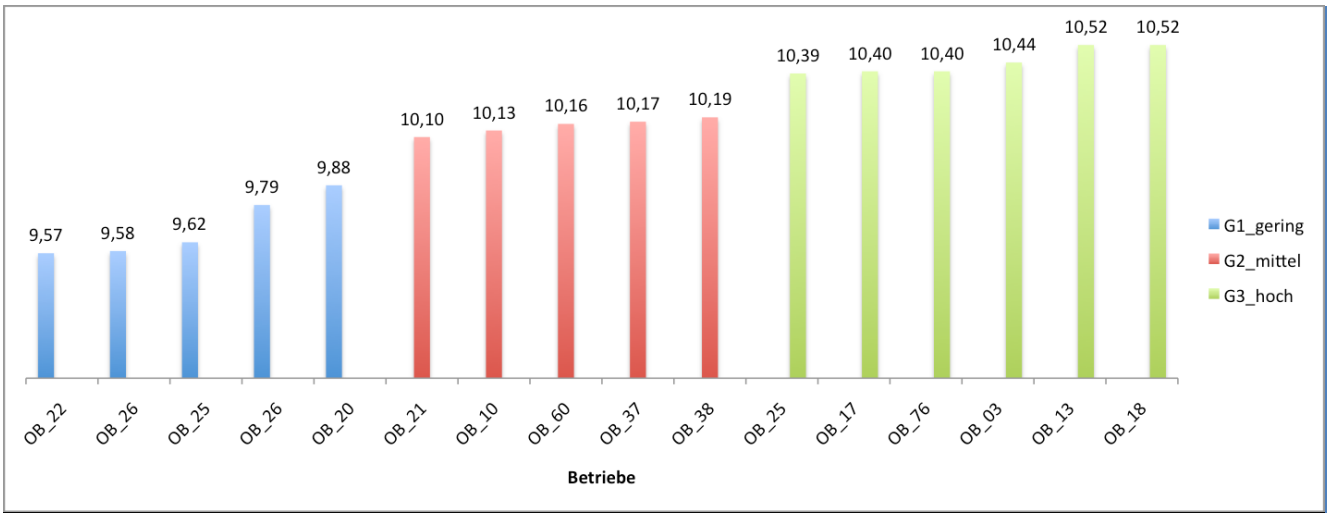


Abbildung 1: Futterwert (MJ ME/kg T) der Silagen vom ersten Schnitt nach Betrieben (n=16)

Vergleichend kann gesagt werden, dass die Gruppen 2 und 3 sehr gute Grundfutterqualitäten bei Mähwiesen und Weiden aufwiesen. Die Betriebe aus Gruppe 1 könnten sich in der Grundfutterqualität, da diese weniger als 10,1 MJ ME pro Kilogramm Trockenmasse beträgt, noch etwas verbessern.

Als Vorteile einer hohen Grundfutterqualität wurden von den Befragten am häufigsten die Verringerung des notwendigen Kraftfuttereinsatzes (28 %), höhere Tageszunahmen (23 %) und kürzere Mastdauer (21 %) angeführt.

Management- und Pflegemaßnahmen, die die Landwirte einsetzten, um auf ihren Grünland- und Weideflächen eine hohe Qualität zu erzielen, waren Pflegemaßnahmen (Abschleppen, Düngen, Ampferbekämpfung, Nachsaat), passende Schnittzeitpunktwahl und eine Analyse der Futterinhaltsstoffe. In der Gruppe 3, welche die höchste Futterqualität erzielte, wurde (MIN=40,0; MW=15,1; MAX=80,0; STABW=15,1) das Futter im Mittel mit der geringsten Aufwuchshöhe gemäht. In Gruppe 3 (mit der höchsten Futterqualität) (MIN=21,0; MW=21,8; MAX=23,0; STABW=1,00) als auch Gruppe 1 (mit der geringsten Futterqualität) (MIN=21,0; MW=22,4; MAX=24,0; STABW=1,30) wurde im Mittel am frühesten gemäht. Die Landwirte der Gruppe 3 schätzten die Futterverschmutzung (MIN=1,00; MW= 1,50: MAX=2,00; STABW=0,55) am höchsten, am kritischsten, ein. Gruppe 3 erreichte mit Werten von 1,25 bis 2,25 (STABW=0,38) die höchste Qualität an Aussagen zu den Bewirtschaftungsmaßnahmen am Grünland.

Der Arbeitszeitaufwand je Ochse während der Erntephase wurde durch Summation aus dem Arbeitszeitaufwand für Stallarbeit (APh/Tag) und Grundfutterernte (APh/ha und Schnitt), sowie jenem für Weide- (APh/Tag) und Almtätigkeiten (APh/Tag) errechnet. Es ergab sich ein mittlerer Arbeitszeitaufwand je Ochse von 2,42 APh pro Tag (MIN=0,48; MAX=6,32; STABW=1,60).

Die Gruppen mit der höheren Grundfutterqualität hatten den niedrigsten Arbeitszeitaufwand je Ochse. Die Betriebe aus Gruppe 2 (MIN=0,54; MAX=1,84; STABW=0,56) belegten den geringsten Arbeitszeitaufwand. Nahe dahinter lag die Gruppe 3 (MIN=0,48; MAX=2,93; STABW=0,99), die die höchste Futterqualität erzielte. Bei der Gruppe 0 ergab sich der höchste Arbeitszeitaufwand pro Ochse (MIN=3,63; MAX=6,32; STABW=1,44). Die Gruppe 1 hatte den zweithöchsten Arbeitszeitaufwand je Ochse (MIN=1,29; MAX=4,80; STABW=1,30). Es wurden signifikante Unterschiede im Arbeitszeitaufwand je Ochse nach Grundfutterqualitätsgruppen ermittelt ($0,0191<0,05$). Diese Unterschiede im Arbeitszeitaufwand je Ochse lagen zwischen den Betrieben der Gruppe 2 und 1 vor. In der Literatur fehlten Vergleichswerte, da diese Form der Berechnung erstmalig durchgeführt wurde.

Die Familien auf den untersuchten Ochsenmastbetrieben wendeten im Durchschnitt 2,50 APh pro Tag (MIN=0,92; MAX=3,75; STABW=0,73) für die Verpflegung auf. Die Beteiligten aus Gruppe 0 (MIN=2,00; MAX=3,75; STABW=0,95) benötigten mehr Zeit für die Verpflegung pro Tag als die drei anderen Gruppen. Gruppe 1 erreichte den niedrigsten Arbeitszeitaufwand für die Verpflegung (MIN=2,00; MAX=2,50; STABW=0,24). Die Beteiligten aus Gruppe 2 (MIN=0,92; MAX=3,50; STABW= 0,93) nutzten annähernd so viel Zeit für die Verpflegung wie Gruppe 1. Gruppe 3 befand sich mit ihrem durchschnittlichen Arbeitszeitaufwand für die Verpflegung im Mittelfeld (MIN=1,75; MAX=3,67; STABW=0,76). Rossier und Ressig (2014) errechneten für die Erledigung der Verpflegung auf bäuerlichen Betrieben einen Arbeitszeitbedarf von 2,5 AKh pro Tag. Die Werte der Betriebe der Gruppen 1, 2 und 3 waren sehr ähnlich. Lediglich die Beteiligten der Gruppe 0 hatten einen höheren Arbeitszeitaufwand hierfür.

Der außerbetriebliche Arbeitszeitaufwand während der Ernte wurde überwiegend durch verschiedene Nebenerwerbstätigkeiten bestimmt und betrug im Mittel 4,48 APh pro Tag (MIN=1,43; MAX=7,86; STABW=1,79). Fast die Hälfte (47 %, 9/19) der BetriebsleiterInnen ging einer außerbetrieblichen Tätigkeit nach. Ausschließlich am Betrieb wirtschafteten 53 % (10/19).

Die Beteiligten aus Gruppe 1 (MIN=5,71; MAX=7,86; STABW=1,24) hatten den höchsten außerbetrieblichen Arbeitszeitaufwand. Auf die Teilnehmer aus der Gruppe 0 (MIN=2,86; MAX=2,86; STABW=0,00) entfielen die geringsten außerbetrieblichen Arbeitsstunden. Bei Gruppe 2 verhielt sich der mittlere Arbeitszeitaufwand für die Nebenerwerbstätigkeit am zweithöchsten (MIN=3,86; MAX=5,71; STABW=1,31). Die BetriebsleiterInnen aus Gruppe 3 befanden sich im Mittelfeld (MIN=2,86; MAX=4,29; STABW=1,01). Zum außerbetrieblichen Arbeitszeitaufwand wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 3 ermittelt (0,033<0,05).

Lips und Schmid (2012) verwiesen in ihrer Studie darauf, dass die außerbetriebliche Erwerbstätigkeit bei landwirtschaftlichen Betrieben steigt, da das außerbetriebliche Erwerbseinkommen für das Gesamteinkommen der Betriebe immer wichtiger wird.

Der durchschnittliche Arbeitszeitaufwand für Betrieb, Verpflegung und außerbetrieblicher Erwerbstätigkeit pro Tag belief sich auf 21,6 APh (MIN=9,54; MAX=31,1; STABW=6,63). Die Betriebe aus Gruppe 1, die die geringste Futterqualität erzielten, hatten den höchsten Arbeitszeitaufwand (MIN=9,48; MAX=16,4; STABW=2,62) während der Erntephase. Die Gruppe 2 (MIN=7,58; MAX=14,2; STABW=2,87) und die Gruppe 0 (MIN=6,95; MAX=14,2; STABW=3,66) verhielten sich annähernd gleich. Die Gruppe 3 mit der höchsten Futterqualität belegte (MIN=4,64; MAX=15,6; STABW=2,87) den geringsten Arbeitszeitaufwand pro Tag während der Erntephase.

4. QUELLENVERZEICHNIS

[1] AWI-Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (2014): Tierische Produktion; Ochsenschlachtungen: Stück, t, Schlachtgewicht; http://www.awi.bmlfuw.gv.at/ index.php?id=242&D=0; (letzter Zugriff am 7. März 2014)

[2] Greimel, M., Handler, F., Stadler, M. und Blumauer, E. (2003): Methode zur Ermittlung des einzelbetrieblichen und gesamtösterreichischen Arbeitszeitbedarfes in der Landwirtschaft. Die Bodenkultur 54(2); 143-152.

[3] Lips, M. und Schmid, D. (2012): Arbeiten ausserhalb gewinnen an Bedeutung. Forschungsanstalt ART Tänikon. die grüne (9); 22-23.

[4] Rossier, R. und Reissig, L. (2014): Beitrag der Bäuerinnen für die landwirtschaftlichen Familienbetriebe in der Schweiz. Agroscope Transfer Nr. 21.

[5] Steinwidder, A. (2012): Qualitätsrindermast im Grünland. Graz; Leopold Stocker Verlag.

[6] Wiedner, G. (1998): Futteruntersuchungen – Leistung sichern und trotzdem Geld sparen. Der fortschrittliche Landwirt - Sonderbeilage ÖAG. Heft 22. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau. BAL Gumpenstein.Zitat.

Misch- und Austragungsgenauigkeit automatischer Fütterungssysteme

Claudia Leicher, Bernhard Haidn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Poing, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Auf 19 Praxisbetrieben wurden automatische Fütterungssysteme (AFS) von sieben unterschiedlichen Herstellern untersucht. Um Aussagen über die Mischgenauigkeit und die Strukturverteilung in den Rationen treffen zu können, wurden an mehreren Stellen des am Futtertisch abgelegten Schwads Futterproben gezogen und die Austragsmengen gewogen. Die Proben wurden an einer automatischen Schüttelbox nach vorgegebenem Standard untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, eine Mischung mit festgelegter, durchschnittlicher Abweichung von 5 % mit den auf dem Markt verfügbaren automatischen Fütterungssystemen herzustellen. So konnte zu den bestehenden Vorteilen der AFS (u. a. Zeiteinsparung, Flexibilisierung, für das Tier physiologisch besser verwertbare Futtermischung) auch attestiert werden, dass AFS hinsichtlich Homogenität der Ration und Gleichmäßigkeit des Futteraustrags nicht schlechter sind als herkömmliche Futtermischwägen.

1. EINLEITUNG

Sinkende Betriebszahlen in der Agrarwirtschaft und eine steigende durchschnittliche Anzahl von Tieren auf den rinderhaltenden Betrieben weisen auf einen deutlichen und stetigen Strukturwandel hin [1]. Durch diese Verschiebung ist die Arbeitsbelastung auf den Betrieben gewachsen. Zusätzlich steigen von politischer wie auch aus wirtschaftlicher Seite und auch von Seiten der Verbraucher die Anforderungen an die Landwirte hinsichtlich Tier- und Umweltschutz [2]. Neben Einstellung von Fremdarbeitskräften oder Auslagerung von Arbeitszweigen (z. B. externe Jungviehaufzucht) wird nach weiteren Wegen und Möglichkeiten gesucht, um die Arbeit auf den Betrieben zu meistern. Eine große Erleichterung hinsichtlich physischer Belastung und Arbeitszeiteinteilung ist die Automatisierung von Arbeitsschritten. Weiterhin können durch Automatisierung die Prozesssicherheit wie auch das Tierwohl erhöht werden. In der Tierhaltung sind gesunde, langlebige und auch leistungsfähige Tiere ein wichtiger Faktor für eine leistungsfähige Produktion. Um dies in gewünschter Qualität und ohne steigende Arbeitszeiten erfüllen zu können, steigen Technisierungs- und Automatisierungsgrad an. Vor etwa 20 Jahren hielten Automatische Melksysteme (AMS) Einzug in bayerische Milchviehställe; heute gehören sie zum Stand der Technik. Seit geringerer Zeit nimmt die Zahl Automatischer Fütterungssysteme (AFS) auf bayerischen rinderhaltenden Betrieben bedeuten zu. Mitte 2017 fütterten knapp 160 Betriebe mit AFS. Diese können ein wichtiger Faktor in der Arbeitserleichterung wie auch in der artgerechten Versorgung der Tiere sein.

Nicht nur die stoffliche sondern auch die strukturelle Zusammensetzung des Futters für Milchkühe hat einen deutlichen Einfluss auf deren Gesundheit und Leistung [3]. Eine ausreichende und gleichmäßige Strukturverteilung hat einen Einfluss auf die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit des Pansens. Diese ist wiederum von den Bedingungen für die dort vorherrschenden Mikroorganismen abhängig. [4]. Bei ungenügender oder auch schwankender Bereitstellung von Struktur, Qualität und Menge des Futters sinkt der Pansen-pH unter den physiologischen Bereich. Es kommt zu einer Verringerung der Futteraufnahme und zu einem Leistungsrückgang ([4]; [5]). Weiterhin kann es zu Pansenazidosen oder Labmagenverlagerungen, Erkrankungen der Leber, der Klauen oder auch des Euters kommen [6]. Diese Erkrankungen führen zu hohen wirtschaftlichen Verlusten.

Automatisierte, mehrmals tägliche Vorlage von homogenen, kleineren und stets frisch gemischten Rationen wirken sich positiv auf die Pansenphysiologie der Rinder aus [3] und [7]. Dies setzt jedoch voraus, dass attraktive Futterbestandteile nicht von den Tieren aus der homogenen Mischrationen

selektiert werden können [7]. Durch die mehrmalige Vorlage von kleinen Rationsbestanteilen sind rangniedere Tiere weniger Auseinandersetzungen am Fressplatz ausgesetzt und haben deshalb Vorteile bei der Futteraufnahme [8]. Um hier vergleichbare, standardisierte und wiederholbare Ergebnisse zu erzielen, wurde an der LfL eine Automatische Schüttelbox (LAUS) entwickelt und gebaut und bereits im wissenschaftlichen Einsatz getestet. Damit ist es möglich, das körperlich sehr anstrengende Schütteln zu automatisieren und damit vor allem bei langen Versuchsreihen, eine deutliche Entlastung bei den durchführenden Personen zu erreichen.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Entwicklung der LfL automatischen Schüttelbox (LAUS)

Der gebräuchlichste Weg, die Strukturverteilung von Mischrationen zu ermitteln, ist der mittels eines Partikelseparators bzw. einer Schüttelbox. Diese besteht aus vier gestapelten Boxen, von denen die oberen drei mit Lochsieben unterschiedlicher Größe ausgestattet sind und die vierte den Boden oder „Kasten“ bezeichnet. Nach dem gesamten Schüttelvorgang kann über die Verteilung der Mischrationsanteile in den einzelnen Boxen auf Struktur und Mischgenauigkeit geschlossen werden. Eine Variante der Schüttelbox und dessen Vorgehensweise bei der Handhabung wurde von der Pennsylvania State University entwickelt und ist unter dem Namen „Penn State Particle Separator“ (PSPS) bekannt [9]. Die Anwendung der Schüttelbox erfolgt nach einem standardisierten Verfahren; trotzdem beeinflussen z. B. Rationskomponenten und Zusammensetzung, die Beschaffenheit des Untergrunds auf dem die Box bewegt wird, oder die Arbeitshöhe sowie die schüttelnde Person das Ergebnis. Um für wissenschaftliche Studien Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können, wurde die LfL-automatische Schüttelbox (LAUS) entwickelt (*Abbildung 1*), die die menschliche Schüttelbewegung möglichst genau abbildet und immer mit gleichen Beschleunigungs- und Geschwindigkeitswerten ausführt [10]. Der Trennvorgang wird von Heinrichs [11] detailliert beschrieben und besteht aus je 5 gleichmäßigen Horizontalbewegungen. Im Anschluss wird der Turm 45° um die eigene Achse gedreht. Dieser Vorgang wird 8-mal wiederholt.

Abbildung 1: Aufbau der von der LfL entwickelten automatischen Schüttelbox LAUS mit Antriebsmotor, Lineareinheit, Schalteinheit mit Not-Aus, Schutzkäfig mit Sicherheitstür sowie dem Penn State Particle Separator (PSPS)

Für unsere Versuche wurde die vierteilige PSPS mit den Siebgrößen 19 mm, 8 mm und 4 mm verwendet. Durch das Schütteln teilt sich die Ration auf die jeweiligen Siebe auf, so dass für jedes Sieb die Massenanteile gewogen werden können. Die dabei erzielten Werte der einzelnen Fraktionen werden dann relativ zur Masse der gesamten geschüttelten Probe in Bezug gesetzt und bewertet.

2.2 Auswahl der AFS-Betriebe

In Bayern fütterten Ende 2017 etwa 160 Betriebe mit einem AFS (*Abbildung 2*). Die erhobene Anzahl stammt von jährlichen Abfragen der acht großen Hersteller, die AFS in Bayern vertreiben (siehe *Tabelle 1*), wobei einer der Hersteller bei der letzten Abfrage noch nicht gemeldet hatte. Zusätzlich dazu gibt es eine nicht bestimmte Anzahl Landwirte, die Komponenten verschiedener Herstellen zusammengebaut haben oder sich mit Futterbändern in Kombination mit einem stationären Mischer oder einem Futtermischwagen eine eigene automatisierte Grundfuttervorlage geschaffen haben. Diese Betriebe tauchen nicht in dieser Abfrage auf. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Anzahl an Betrieben mit AFS noch höher ist als hier angegeben.

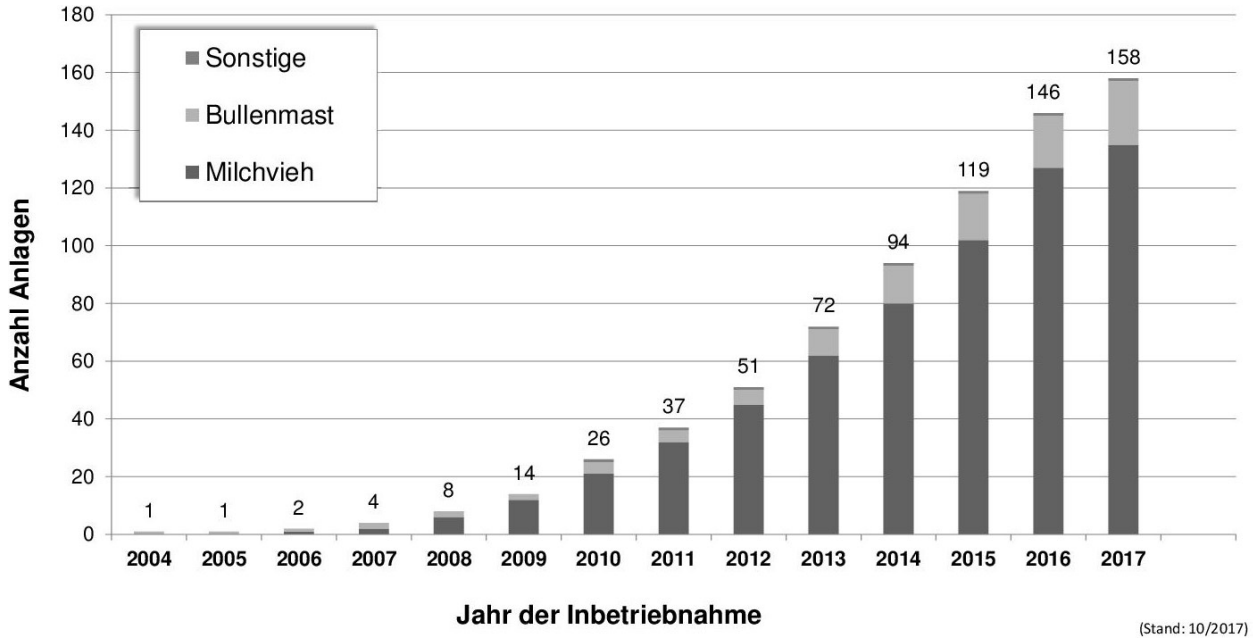


Abbildung 2: Entwicklung der Anzahl AFS-Betriebe in Bayern

Aus der Gesamtzahl von 158 Betrieben mit AFS wurden 31 Betriebe (19,7 %) ausgewählt und mit Hilfe eines umfassenden Fragebogens Daten erhoben und Erfahrungen und Einschätzungen der Landwirte rund um das AFS abgefragt. Für die Auswertungen wurden aus allen befragten Betrieben nur diejenigen ausgewertet, welche mit Automatisierungsstufe II ausgestattet waren (n=22). Die Betriebe unterscheiden sich in vielen Punkten, angefangen bei der Qualität, Beschaffenheit und Anzahl der Rationskomponenten bis hin zu den zurückgelegten Wegen der Misch- und Verteileinheiten während der Fütterung oder der Anzahl der gefütterten Tiere.

Damit die Aussagen vergleichbar sind, wurden die Betriebe für die Auswertung in Milchvieh- und Bullenmastbetriebe getrennt. Die Milchviehbetriebe wurden noch einmal entsprechend ihrer GV Zahl in große (121-200 GV) und mittlere Betriebe (41-120 GV) geteilt. Im Durchschnitt fütterten die ausgewerteten Betriebe 155 GV. Zwei Betriebe fütterten sowohl Milchvieh als auch Mastbullen mit einem AFS. Diese Betriebe wurden als MV-Betriebe gezählt.

2.3 Misch- und Austragsgenauigkeit

Für die Untersuchungen zur Misch- und Austragsgenauigkeit wurde, wie dargestellt, aus den 31 Betrieben der Umfrage eine Vorauswahl nach folgenden Kriterien getroffen:

- Interesse zur weiteren Mitarbeit
- Erste Abschätzung der Misch- und Austragsgenauigkeit
- Automatisierungsstufe II

Bei Absage durch die vorausgewählten Betriebe wurden gemeinsam mit dem Hersteller neue Betriebe gesucht. Da die AFS und nicht die Arbeit des Landwirts mit den AFS getestet werden sollten, konnten die Hersteller in einem gewissen Zeitrahmen auf den genannten Betrieben gemeinsam mit dem Landwirt die Einstellungen der Maschinen überprüfen und gegebenenfalls anpassen.

Während der Erhebungsperiode vom 31.01.2017 bis zum 04.04.2017 wurden 19 AFS-Betriebe und zwei Betriebe mit Selbstfahrer Futtermischwägen (FuMi) der Firma Siloking besucht. Die Verteilung der Betriebsausrichtung war wie in *Tabelle 1* angegeben. Zu den acht Herstellern, die bisher in Bayern AFS in Betriebe eingebaut haben, zählt ebenfalls noch die Firma DeLaval. Allerdings entsprachen bei diesem Hersteller keine Betriebe den Kriterien der Versuchsanstellung.

Die Betriebe sind über ganz Bayern verteilt. Der Hauptteil der Betriebe liegt in Schwaben und Oberbayern (*Abbildung 3*). In diesen Regionen liegen insgesamt 106 oder 67 % aller bayerischen AFS Betriebe.

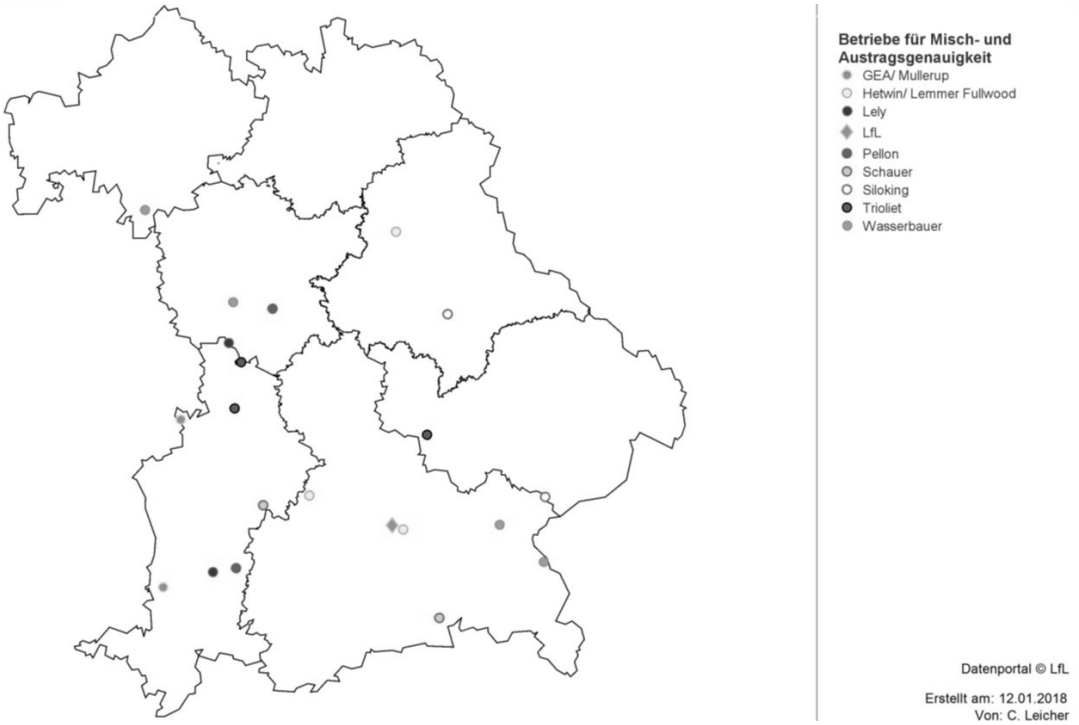


Abbildung 3: Verteilung der für die Misch- und Austragsgenauigkeit untersuchten Betriebe in Bayern

Auf diesen Betrieben wurden an einem Tag, bei zwei Futtervorlagen einer gleichen Ration an definierten Stellen am Futtertisch Proben genommen. Hierfür wurden am Futtertisch Eurobehälter (*Abbildung 4*) verteilt, in die das Mischfutter vom Verteilgerät abgelegt wurde. Die Behälter hatten ein Volumen von 35 l und folgende Maße:
Außenmaße L x B x H 60 x 40 x 17 cm
Innenmaße L x B x H 57 x 37 x 16,5 cm

Abbildung 4: Eurobehälter zum Auffangen des ausdosierten Mischfutters (Quelle: Produktfoto, Auer Packaging)

Die Probenahmestellen (Pns) wurden im Vorfeld festgelegt, um Einheitlichkeit zwischen den Betrieben zu gewährleisten. Sie variierten dennoch je nach Länge des Futtertisches. Als wichtig wurden der Startpunkt, der Endpunkt und 5 m vor dem Endpunkt erachtet. Zwischen diesen Punkten wurden alle 5 m als Pns definiert. So ergaben sich je nach Futtertischlänge eine unterschiedliche Anzahl von Pns (*Abbildung 5*). An diese Pns wurden Behälter gestellt, um die ausdosierten Futtermengen aufzufangen.

Um die Austragsgenauigkeit zu ermitteln, wurde im Vorfeld das Leergewicht der Behälter bestimmt. Im Anschluss wurden die Behälter mit dem ausgetragenen Futter gewogen und so das Gewicht des Futters an der definierten Stelle errechnet. Aus dem tatsächlichen Gewicht der Ration im Mischer sowie der Länge des Austrags wurde der Sollwert des Gesichts des Futters in einem Behälter mit einer angenommenen Länge von 60 cm berechnet. Aus diesen beiden Werten „Gewicht des Futters an Pns“ und „Sollwert eines Behälterinhalts“ konnte die Differenzen zwischen Soll und Ist am Pns ermittelt werden.

Um die Mischgenauigkeit zu ermitteln, wurden aus den Behältern jeweils 3 Mischproben gezogen. Die Futterproben wurden mit Hilfe der LAUS untersucht. So konnten die Anteile in den unterschiedlichen Siebfraktionen ermittelt und Rückschlüsse auf die Mischgenauigkeit gezogen werden. Zusätzlich wurden die Inhaltsstoffe der TMR mittels einer Weender Analyse bestimmt. Um auch diese Werte mit der Mischgenauigkeit in Bezug bringen zu können, wurden bei jeder Fütterung am Start des Austrags wie am Ende des Schwads eine Probe genommen und so vier Weender Analysen pro Betrieb ausgewertet.

- Futtertischlänge > 30m = 7 Pns - 7 Pns à 2 MP = 14 Proben bei 2 Vorlagen **= 28 MP**								
Austrag	5m	10m	15m	20m	25m		E – 5m	End-punkt
- Futtertischlänge >30 <= 35m = 7 Pns - 7 Pns à 2 MP = 14 Proben bei 2 Vorlagen **= 28 MP**								
Austrag	5m	10m	15m	20m	25m	E – 5m	End-punkt	
- Futtertischlänge >25 <=30 m = 6 Pns - 6 Pns à 2 MP = 12 Proben bei 2 Vorlagen **= 24 MP**								
Austrag	5m	10m	15m	20m	E – 5m	End-punkt		
- Futtertischlänge >20m <= 25m = 5 Pns - 5 Pns à 2 MP = 10 Proben bei 2 Vorlagen **= 20 MP**								
Austrag	5m	10m	15m	E – 5m	End-punkt			
- Futtertischlänge >15m <= 20m = 5 Pns - 5 Pns à 2 MP = 10 Proben bei 2 Vorlagen **= 20 MP**								
Austrag	5m	10m	E – 5m	End-punkt				
- Futtertischlänge >5 < 10m = 4 Pns - 4 Pns à 2 MP = 8 Proben bei 2 Vorlagen **= 16 MP**								
Austrag	5m	E – 5m	End-punkt					

Abbildung 5: Probenahmestellen (Pns) für unterschiedliche Futtertischlängen

Nach Gesprächen mit Bonsels [12] und dem ITE [13] können weniger als 5 % Abweichung im Kasten gegenüber dem Wert am ersten Messpunkt als eine gute Mischgenauigkeit bezeichnet und als Grenze einer ausreichenden Mischgenauigkeit festgelegt werden.

In *Tabelle 1* werden die Betriebskennzahlen dargestellt. Durchschnittlich wurden bei den Versuchen auf den Milchviehbetrieben 65 Tiere und in den Gruppen der Bullenmastbetriebe 47 Tiere gefüttert. Die AFS Anlagen auf den Betrieben sind im Jahr der Befragung (2016) durchschnittlich 4,3 Jahre alt. Die älteste Anlage wurde 2005 und die neuesten 2015 in Betrieb genommen. Durchschnittlich wird in den Milchviehbetrieben eine Ration 5,5-mal mit dem AFS vorgelegt und in den Bullenmastbetrieben 4,5-mal.

Tabelle 1: Überblick wichtiger Kennzahlen der untersuchten Betriebe nach Betriebszweig und Hersteller (Befüllgrad Mischer: 1= voll ; Mischer: P: Paddel, v: vertikal; h: horizontal)

Hersteller / Kennzahlen	Gea / Mullerup		Hetwin / Lemmer Fullwood		Lely		Pellon		Schauer	Trioliet		Wasserbauer			Siloking -FuMi-		AFS Gesamt Ø
Milchvieh	**2**		**2**		**2**		**2**		**1**	**2**		**3**			**2**		**16**
Betriebsnummer	**14**	**22**	**28**	**32**	**24**	**34**	**16**	**27**	**7**	**23**	**33**	**10**	**18**	**25**	**38**	**39**	
Gefütterte Tiere	67	75	60	41	61	45	70	90	25	23	74	20	71	59	140	113	**65**
Futtermenge im Mischer (kg)	305	410	650	133	483	499	567	x	240	369	694	224	440	550	369	550	**428**
Länge Austrag in m	35	30	24	16	33	22	18	20	18	13	47	12	42	25	61	53	**25**
Anzahl Pns	7	7	5	5	7	6	5	5	5	5	7	5	7	6	7	7	**6**
Installation Jahr	2012	2009	2010	2014	2015	2015	2010	2009	2015	2011	2011	2011	2012	2012	-	-	
Milchl. in 1000 (kg)	9,8	6,8	7,9	8,4	8,6	8,9	8,5	8,6	8,3	9,0	9,5	7,7	9,5	9,5	8,1	9,6	**8,6**
Zus. max. KF (kg/Tier)	-	6	4	4	4	3	3	6	0,3	6	-	-	-	-	5,5	2	**4**
TM in Ration (%)	43	36	39	44	49	41	45	41	32	35	38	47	40	35	36	43	**41**
TM Maissilage (%)	36	35	33	-	41	81	74	-	31	45	36	-	41	77	-	45	**48**
TM Grassilage (%)	34	31	31	-	45	67	88	x	31	32	32	-	55	83	-	29	**48**
Rohfaser in Ration (%)	18	24	20	20	22	22	21	22	14	18	19	21	14	20	18	20	**20**
Befüllgrad Mischer	1	¾	¾	½	1	1	¾	¾	½	¼	¾	¾	¾	½	1	¾	
Länge der Grundfutter-komponenten (cm)	<5		<5	5-10	<5	<5	<5	>10	>10	<5	<5	<5	<5	>10	<5	<5	
Gefütterte Rationsbestandteile	7	5	10	7	6	8	8	9	3	9	10	8	7	8	7	9	**8**
Vorlagehäufigkeit	10	x	5	6	5	5	5	6	6	3	5	3	7	5	1	1	**5,5**
Mischeinheit	h	h	h	h	v	v	v	p	p	v	v	V	v	v	v	v	
Bullenmast	**1**		**1**		**x**		**x**		**1**	**1**		**1**			**x**		**5**
Betriebsnummer	**36**		**12**						**4**	**6**		**35**					**Ø**
Gefütterte Tiere	40		45						20	77		52					**47**
Installationsjahr	2005		2015						2010	2014		2014					
Futtermenge im Mischer (kg)	150		277						162	530		300					**284**
Länge Austrag in m	11		12						16	45		32					**23**
Anzahl Pns	5		5						5	7		7					**5,8**
TM in Ration (%)	47		47						47	54		41					**47**
TM Maissilage (%)	41		46						38	30		70					**45**
TM Grassilage (%)	45		x						x	43		x					**44**
XF in Ration (%)	19		17						16	11		17					**16**
Befüllgrad Mischer	1		1						½	¾		1/3					
Länge der Grundfutter-komponenten in cm	5-10		<5						<5	<5		5-10					
Gefütterte Rationsbestandteile	5		5						3	7		7					**6**
Vorlagehäufigkeit	4		4						6	4		4					**4,5**
Mischeinheit	h		h						p	v		v					
Anzahl Betriebe/Hersteller	**3**		**3**		**2**		**2**		**2**	**3**		**4**			**2**		**21**

3. ERGEBNISSE

3.1 Erfahrungen mit der LAUS

Die LAUS konnte eine deutliche Steigerung der Produktivität bei gleichzeitiger Verbesserung der Arbeitssituation des versuchsdurchführenden Personals erreichen. In Versuchen konnte dargestellt werden, dass die LAUS über mehrere Tage und viele Proben hinweg gleichbleibende Ergebnisse liefern kann als menschliche Schüttler [10].

Für den Einsatz eines PSPS in der Praxis bedeutet das, dass aufgrund der Unterschiede zwischen Personen unterschiedliche Ergebnisse bei einer Probe entstehen. Diese bei jeder Strukturauswertung entstehende Messungenauigkeit erschwert eine Beurteilung der Ration gemäß Beraterempfehlung. Mit der LAUS sind dagegen in großem Umfang wiederholbare und reproduzierbare Auswertungen vergleichbarer Proben möglich. Die LAUS wurde bereits bei zwei Projekten an der LFL eingesetzt. Hier wurden bisher bereits etwa 1´700 Proben geschüttelt.

3.2 Misch- und Austragsgenauigkeit

Die in der vorliegenden Untersuchung erhobenen Daten konnten nicht statistisch ausgewertet werden, da zu viele Faktoren auf die Mischgenauigkeit einwirken.

Die genauere Betrachtung der erhobenen Daten ergab, dass trotz des großen Aufwands der Untersuchungen in 22 Betrieben und zwei Wiederholungen der Futterzeiten aufgrund der vielen Freiheitsgrade (Betriebszweig, Firmen, Futterzeit) und weiterer Einflussfaktoren, wie der Rationszusammensetzung, der Stichprobenumfang nicht für eine statistische Auswertung ausreichte. Um einen Überblick zu erhalten, werden nachfolgend die Ergebnisse deskriptiv dargestellt.

Mischgenauigkeit

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass sechs von sieben Hersteller von AFS wie auch der Hersteller des Selbstfahrer Mischwagens in der Lage waren, im Kasten weniger als 5 % Abweichung vom ersten Messpunkt zu erzielen (*Tabelle 2*). Wie schon erwähnt, spielen viele Einflussfaktoren bei der Bewertung der Mischgenauigkeit eine Rolle. Dies kann daran gezeigt werden, dass derselbe Hersteller (für das Beispiel wurde Lely gewählt) mit jeweils vergleichbaren AFS auf zwei unterschiedlichen Betrieben mit sehr ähnlichen Betriebskennzahlen (*Tabelle 1*) einmal sehr gut abschneidet und bei beiden Fütterungen nicht über 5 % Abweichung kommt (*Abbildung 6*) und im anderen Betrieb es nur etwa an der Hälfte der Futterstellen gelingt, unterhalb dieses Grenzwertes zu bleiben (*Abbildung 7*).

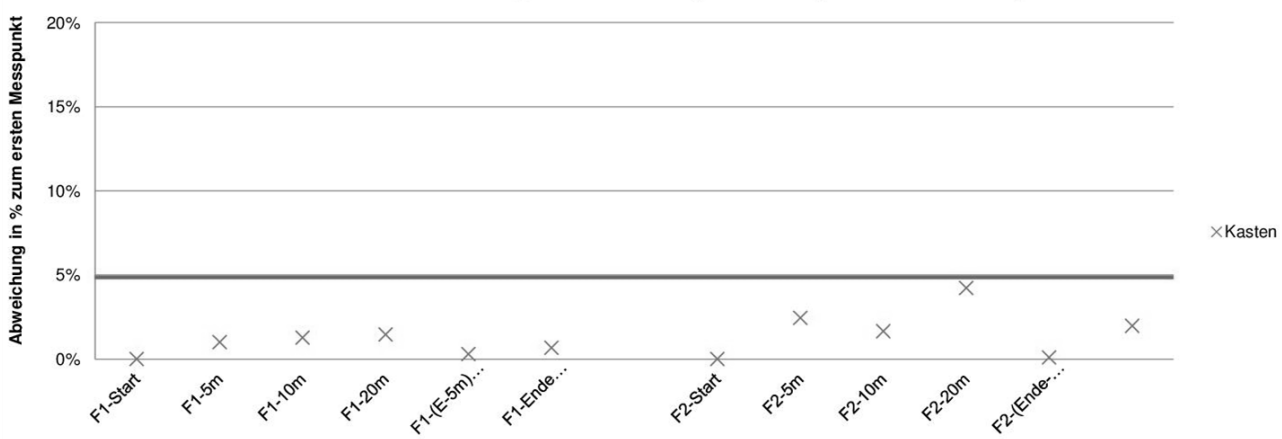


Abbildung 6: Beispielhaft ein sehr gutes Ergebnis der Mischgenauigkeit der untersuchten Ration in Abhängigkeit zum ersten Messpunkt – Milchviehbetrieb 34, TMR auf 22 m Futtertisch verteilt

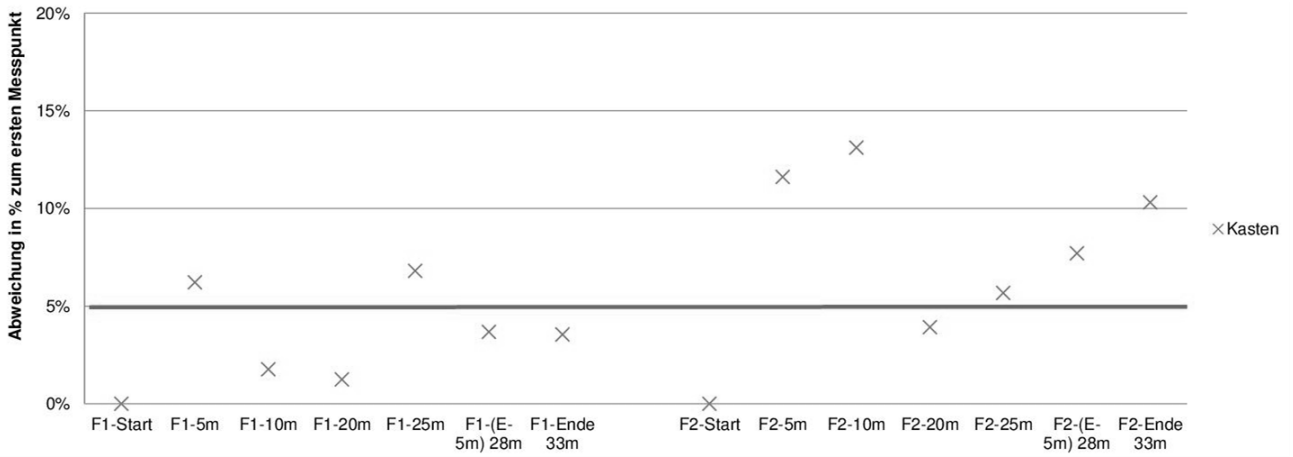


Abbildung 7: Beispielhaft ein weniger gutes Ergebnis der Mischgenauigkeit der untersuchten Ration in Abhängigkeit zum ersten Messpunkt – Milchviehbetrieb 24, TMR auf 33 m Futtertisch verteilt

Diese Unterschiede in der Mischgenauigkeit der beiden Milchviehbetriebe können mit Hilfe der erhobenen Einflussgrößen nicht erklärt werden (vergleiche *Tabelle 1*). So ist zwar ein Unterschied im Trockenmasseanteil der Rationen deutlich erkennbar. Allerdings füttern beide Betriebe bereits kurze, das heißt gehäckselte Grundfutterbestandteile (Grassilage und Stroh) und beide Mischeinheiten wurden sehr voll befüllt. Beide Betriebe wurden kurz hintereinander im März 2016 besucht und beide Milchviehbetriebe können eine abgelieferte Milchmenge / Kuh zwischen 8.600 und 8.950 Liter im Jahr aufweisen.

Um die Unterschiede der Mischgenauigkeit zwischen den AFS Fabrikaten genauer darzustellen, wurden die Abweichungen vom Startwert im Kasten weiter betrachtet (*Tabelle 2*). Hier wurden nur die Milchviehbetriebe ausgewertet, da nicht von allen Herstellern Bullenmastbetriebe am Versuch teilnehmen konnten. Von der Fütterung 1 (F1) wie auch von der Fütterung 2 (F2) wurden die Medianwerte berechnet. Damit die Streubreite der Ergebnisse gezeigt werden können, werden jeweils die Minimal und die Maximalwerte dargestellt. Von F1 und F2 wird der arithmetische Mittelwert gebildet. Um eine Aussage über das Ergebnis des Fabrikats zu haben, wird auch noch der Mittelwert beider Betriebe eines Herstellers ausgegeben. Wie die Ergebnisse zeigen, konnten mit einer Ausnahme alle Fabrikate den geforderten Grenzwert von unter 5 % Abweichung vom Startwert erreichen. Beim Hersteller Schauer war nur ein Milchviehbetrieb Teil des Versuchs. Somit kann hier kein Mittelwert gebildet werden.

Tabelle 2: Abweichung der Siebfraktion im Kasten vom Startpunkt für alle Milchviehbetriebe (Fütterung 1 = F1, Fütterung 2 = F2)

		Ø Abweichung zum Startpunkt in %																
Hersteller / Sieb	**Fütterung; Ø**	**Gea / Mullerup**		**Hetwin / Lemmer Fullwood**		**Lely**		**Pellon**		**Schauer**	**Trioliet**		**Wasserbauer**			**Siloking - FuMi**	
Betrieb		**14**	**22**	**28**	**32**	**24**	**34**	**16**	**27**	**7**	**23**	**33**	**10**	**18**	**25**	**38**	**39**
Anzahl Pns		7	7	5	5	7	6	5	5	5	5	7	5	7	6	7	7
Kasten	**Fütterung 1**																
	Med	3,8	6,8	2,7	7,7	3,6	1,0	2,0	8,8	8,9	2,3	3,8	1,9	3,5	3,2	0,8	7,7
	Min	1,4	4,1	2,3	6,0	1,2	0,3	1,1	1,4	6,2	0,6	0,7	1,2	2,5	0,9	0,0	4,5
	Max	76,6	11,2	3,4	9,9	6,8	1,5	4,1	13,2	9,4	7,7	5,4	8,4	12,0	8,1	2,9	11,1
	Fütterung 2																
	Med	2,9	2,0	2,4	4,8	9,0	2,0	5,1	5,0	17,0	2,3	2,7	2,9	2,8	1,5	6,0	4,2
	Min	1,3	1,4	0,4	1,8	3,9	0,1	1,1	0,1	13,1	1,0	0,9	0,7	1,9	1,0	3,7	0,2
	Max	100,0	4,7	10,6	9,1	13,1	4,2	7,4	3,7	21,0	5,0	6,2	5,2	13,1	3,9	8,9	9,0
	Ø	3,3	4,4	2,7	6,8	5,9	1,4	2,6	6,4	11,3	2,3	3,4	2,0	3,3	1,9	3,3	5,7
Kasten / Hersteller		**3,8**		**4,7**		**3,7**		**4,5**		**11,3**	**2,9**		**2,4**			**4,5**	

Austragsgenauigkeit

Werden die beiden Betriebe hinsichtlich der Austragsgenauigkeit betrachtet, zeigen sie ebenfalls Unterschiede. Bei Betrieb 34 wurden 411 kg TMR auf einer Strecke von 22 m Futtertisch ausgetragen. Die Verteilung entlang des Futtertisches wäre sehr gut, wenn der Austrag erst ab der zweiten Messstelle betrachtet würde. Von Pns 5 m bis Pns E-5 m sind kaum Abweichungen in der ausgetragenen Menge zu sehen (*Abbildung 8* und *Abbildung 9*).

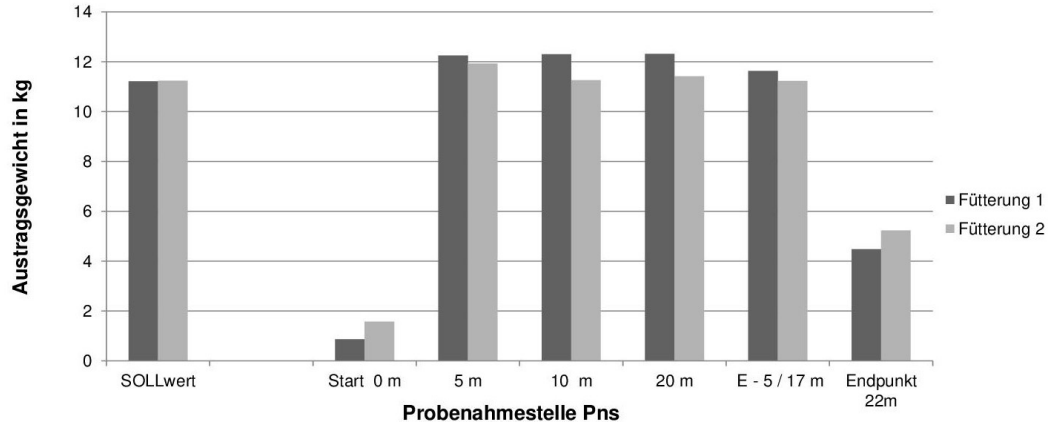


Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung des Austrags der untersuchten Ration – Milchviehbetrieb 34, 411 kg TMR auf 22 m Futtertisch verteilt

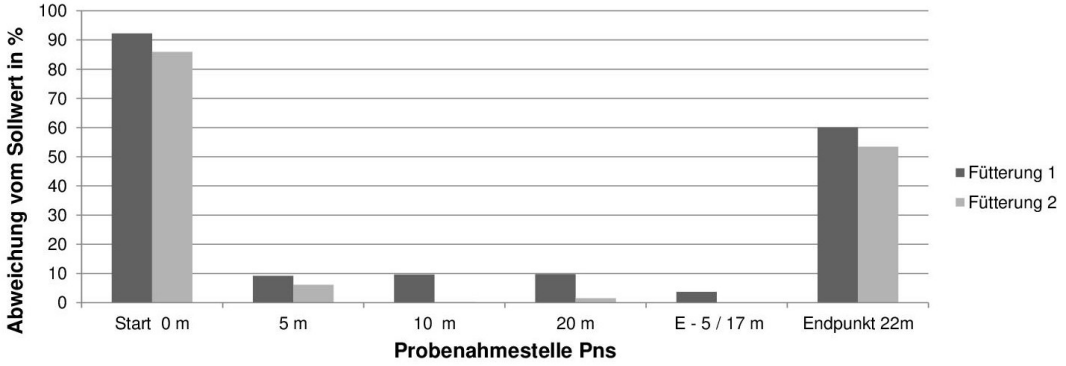


Abbildung 9: Beispielhaft eine gute Austragsgenauigkeit der untersuchten Ration in Abhängigkeit zum Sollwert – Milchviehbetrieb 34, 411 kg TMR auf 22 m Futtertisch verteilt

Bei Betrieb 24 wurden 499 kg TMR auf 33 m Futtertisch ausgetragen. Die Verteilung der Futterration entlang des Futtertisches war bei diesem Betrieb stärker schwankend. Vor allem ergaben sich auch deutliche Abweichungen zwischen Fütterung 1 und Fütterung 2 (*Abbildung 10* und *Abbildung 11*).

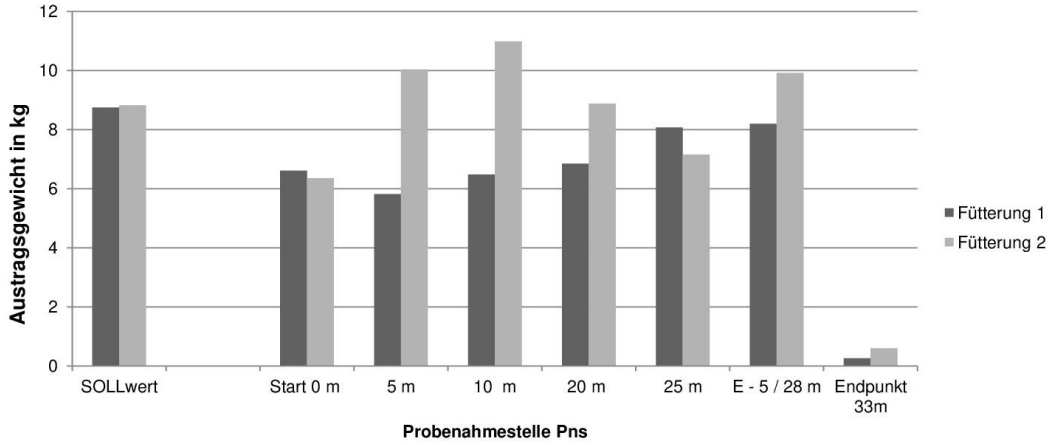


Abbildung 10: Beispielhafte Darstellung des Austrags der untersuchten Ration – Milchviehbetrieb 24, 499 kg TMR auf 33 m Futtertisch verteilt

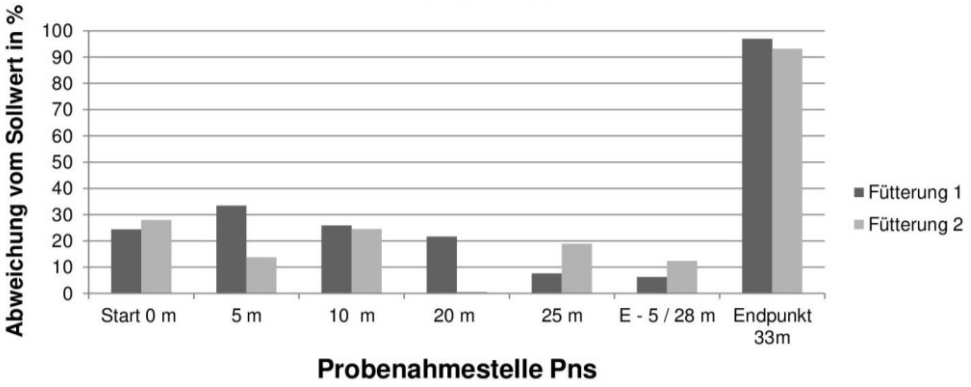


Abbildung 11: Abweichung des Austrags der untersuchten Ration in Abhängigkeit zum Sollwert – Milchviehbetrieb 24, 499 kg TMR auf 33 m Futtertisch verteilt

Um die Austragsgenauigkeit der Fabrikate genauer darzustellen, wurde jeweils der Median der Fütterung 1 und der Fütterung 2 berechnet (*Tabelle 3*) und ebenfalls die Extremwerte (Maxima und Minima) dargestellt. Der Mittelwert der Mediane spiegelt die durchschnittliche Ist-Menge wieder. Die durchschnittliche absolute Abweichung ergibt sich durch Abzug der Ist-Menge vom durchschnittlichen Sollwert (Berechnung siehe 2.3) und die durchschnittliche relative Abweichung errechnet sich aus dem Quotienten der Absoluten Abweichung und dem Sollwert. Hier sind starke Schwankungen bei den AFS der unterschiedlichen Hersteller zu verzeichnen. Die relativen Abweichungen reichen von 2 % bis hin zu 51 %. Über alle Betriebe ergibt die mittlere Abweichung des Austrags 28 %.

Die Beispielbetriebe 24 und 34 sind mit 2 % und 12 % beide weit unterhalb des Mittelwertes.

Tabelle 3: Mediane und Extremwerte der Austragsgewichte nach Hersteller, Betrieb und Fütterung (Fütterung 1 = F1,/ Fütterung 2 = F2)

Hersteller		**Übersicht über Austrag in kg**													
		Gea / Mullerup		**Hetwin / Lemmer Fullwood**		**Lely**		**Pellon**		**Schauer**	**Trioliet**		**Wasserbauer**		
Betrieb		**14**	**22**	**28**	**32**	**24**	**34**	**16**	**27**	**7**	**23**	**33**	**10**	**18**	**25**
Anzahl Pns		7	7	5	5	7	6	5	5	5	5	7	5	7	6
F1	Max	25,65	7,81	11,85	22,56	8,20	12,32	23,56	7,05	11,93	23,14	13,14	15,41	9,89	14,21
	Min	0,21	4,80	6,06	1,39	0,26	0,87	7,01	2,94	3,50	0,01	5,92	2,53	1,94	1,76
	Med	2,91	6,44	7,82	2,99	6,61	11,64	14,63	6,40	3,89	6,34	9,22	6,52	5,45	13,21
Soll / Behälter		5,48	8,30	15,13	6,60	8,75	11,22	18,50	n.b.	7,53	19,80	8,81	11,70	6,29	13,55
F2	Max	24,46	9,17	13,22	33,58	10,99	11,93	23,54	12,90	10,57	28,85	14,61	9,24	15,20	15,87
	Min	0,10	2,68	6,02	3,16	0,60	1,58	6,01	4,55	3,55	8,14	6,56	4,25	2,84	4,03
	Med	2,74	5,10	9,68	3,47	8,89	11,23	13,97	5,94	6,52	13,03	10,15	6,09	5,58	10,59
Soll / Behälter		5,13	8,10	16,68	6,68	8,83	11,24	19,32	n.b.	6,98	19,85	9,17	10,65	6,29	13,49
Ø Abs. Abweichung		**2,48**	**2,43**	**7,16**	**3,41**	**1,04**	**0,20**	**4,61**	**n.b**	**2,05**	**10,14**	**0,69**	**4,87**	**0,77**	**1,62**
Ø Rel. Abweichung (%)		**46,75**	**29,62**	**44,99**	**51,38**	**11,82**	**1,80**	**24,37**	**n.b**	**28,25**	**51,16**	**7,64**	**43,60**	**12,25**	**11,96**

4. DISKUSSION

Die Zahl der AFS nimmt in den letzten Jahren sehr stark zu. Neben diversen Vorteilen in der Arbeitswirtschaft und der regelmäßigen Versorgung der Tiere mit stets frisch gemischtem Futter, wird eine Gleichmäßigkeit der Ration angeführt.

Bisher liegen keine genaueren Untersuchungen zu Misch- und Austragsgenauigkeit der AFS der verschiedenen Hersteller vor. Von Bonsels [12] und dem ITE [13] werden 5 % Abweichung als Grenzwert festgelegt. Die eigenen Untersuchungen konnten diesen Wert bestätigen. Mit einer einzelnen Ausnahme lagen die gemittelten Werte der AFS der verschiedenen Hersteller unterhalb dieses Grenzwerts. Anhand dieser Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die AFS eine geforderte Strukturverteilung und Mischung in Rationen für die Rinderfütterung einhalten können.

Die Verteilung der Futtermenge über den Futtertisch charakterisiert die Austragsgenauigkeit. Hierzu sind noch keine Vorgaben oder Grenzwerte bekannt. Damit jedoch möglichst viele Kühe gleichzeitig Futter aufnehmen können, soll eine gleichmäßige Verteilung angestrebt werden. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen ergeben Abweichungen von 28 % von einem theoretischen Sollwert und Schwankungen zwischen 2 % und 51 %. Ob jedoch aus größeren Abweichungen Nachteile für die Tiere entstehen können, konnte im Rahmen dieser Versuchsanstellung nicht geklärt werden. Allerdings wurde anhand eines Beispiels gezeigt, dass ein gleiches AFS eines Herstellers auf zwei unterschiedlichen Betrieben einmal eine Austragsgenauigkeit von 2 % und einmal eine Austragsgenauigkeit von 12 % erreichen kann. Für eine Bestimmung einer Austragsgenauigkeit konnten in dieser Untersuchung keine Grenzwerte festgelegt werden.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehbestand2030410175324.pdf;jsessionid=45E6FCC1A2170053A402DA3C4F56421E.InternetLive2?__blob=publicationFile (12.12.2017)

[2] INFORMATION.MEDIEN.AGRAR E.V. (I.M.A.) (2012): Das Image der deutschen Landwirtschaft – Ergebnisse einer Repräsentativbefragung in Deutschland. http://www.ima-agrar.de/fileadmin/redaktion/download/image-studie/2012/ima-imagestudie-landwirtschaft_bericht-2012.pdf (12.12.2017)

[3] Gasteiner, J. (2017): Art und Weise der Futtervorlage: Auswirkungen auf Pansenphysiologie und Tiergesundheit. In: LfL-Information Automatische Grundfuttervorlage für Rinder. Hrsg: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. März 2017 Vötting. S. 7-46.

[4] Menge, J.; 2009: Bewertung von Futtermitteln und Milchviehrationen anhand von NDF, ADF und NFC. Themen zur Tierernährung. Fachtagung 2008/2009

[5] Gasteiner, J. (2012): Der Pansensensor – welche Informationen liefert er dem Fütterer? In: Wintertagung 2012 LFZ Raumberg-Gumpenstein.

[6] Steingaß, Koch und Priesmann, 2010: Strukturbewertungen von Rationen für Milchvieh. Hofgut Neumühle 2010

[7] LfL Information (2017): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 42. Auflage. Stand 2017. Hrsg: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. September 2017 Vötting. S. 101

[8] Bonsels, T. (2016): Fütterung mit einem AFS – Bedeutung für das Tier. In: LfL Informationen Automatische Grundfuttervorlage für Rinder. Hrsg: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Februar 2016 Vötting. S. 7-46.

[9] Heinrichs, J.; Kononoff, P. (2002) Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University.

[10] Harms, J.; Haidn, B.; Seidl-Schulz, M. (2017): peNDF – Standardisierung der Schüttelbox. Teil B: Entwicklung und erste Ergebnisse der „LfL Automatisierte Schüttelbox“ zur Untersuchung der Struktur von Futterproben – „LAUS“ In: Forum angewandte Forschung. März 2017.

[11] Heinrichs, J. (2013). The Penn State Particle Separator. (D. o. Science, Herausgeber), Abgerufen am 24. März 2014 von Pennsylvania State University: http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/forages/forage-qualityphysical/separator/extension_publication_file

[12] Bonsels, T. (2017): Persönliches Gespräch in Triesdorf

[13] ITE (2018): Einschätzung der Fütterungsspezialisten von der LfL am Institut für Tierernährung (ITE) in Grub. Persönliches Gespräch

Herausforderungen und Architekturen für Datenintegration in der Landwirtschaft

Martin Wischenbart
Josephinum Research, Wieselburg, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Voranschreiten der Digitalisierung steigen auch in der Landwirtschaft der Umfang und die Auflösung von verfügbaren Daten. Deren Integration, also die Verknüpfung von Daten aus unterschiedlichen Systemen oder Quellen, ist allerdings für eine effiziente und effektive Nutzung unumgänglich. Diese Arbeit gibt einen systematischen Überblick über verschiedene technische Herausforderungen und Architekturen für Datenintegration anhand von praktischen Beispielen aus der österreichischen Landwirtschaft. Als Grundlage werden zunächst die Ziele und Dimensionen der Integration diskutiert und eine Einteilung sogenannter Heterogenitäten beim Mapping von Datenmodellen oder Schemata vorgenommen. Alternative Architekturen für die Verknüpfung von zu integrierenden Quellsystemen und Datenformaten werden vorgestellt, Details zur Instanzdatentransformation diskutiert, sowie Standards und aktuelle Entwicklungsbestrebungen von Landtechnikherstellern präsentiert.

1. EINLEITUNG

Die steigende Technisierung und zuletzt die Digitalisierung in der Landwirtschaft ermöglichen die Aufzeichnung und Sammlung verschiedenster betrieblicher Daten, wie etwa zu Bewegungsmustern, Futteraufnahme oder Melkungen von Milchkühen oder geo-referenzierte Satellitendaten und teilflächenspezifische Mengen ausgebrachter Betriebsmittel im Ackerbau, wie Saatgut, Dünger oder Pflanzenschutzmittel. Moderne Anwendungen und Management-Tools nutzen solche Daten um betriebliche Abläufe zu optimieren und zu vereinfachen. Darüber hinaus kann eine umfangreiche betriebliche und überbetriebliche Datenbasis in der Forschung genutzt werden um neue Zusammenhänge zu erkennen oder um praxisrelevante Methoden zu entwickeln, zu testen und zu verbreiten. Soll jedoch der dafür notwendige Datenaustausch zwischen Systemen verschiedener Hersteller stattfinden, oder Daten von unterschiedlichen Systemen zentral gesammelt werden, so wird die Integration der Daten häufig durch Inkompatibilitäten erschwert und ihre Automatisierung verhindert. Darüber hinaus erfordert das Zusammenspiel mehrerer Datenlieferanten und Nutzer unter Umständen den Einsatz ausgefeilter Architekturen.

Der Schwerpunkt dieses Artikels liegt auf den technischen Gesichtspunkten der Integration. In den folgenden Abschnitten werden Herausforderungen und Architekturen auf Basis von theoretischem Hintergrundwissen aus der Literatur (insbes. [1, 2]) erläutert, sowie mit Beispielen aus der Praxis in den Bereichen Milchwirtschaft und Ackerbau ergänzt.

2. GRUNDLAGEN

Es werden im Folgenden nun grundlegende Begriffsdefinitionen und die Ziele der Integration erläutert. Als Basis dafür dienen zunächst die beiden folgenden Beispielszenarien.

2.1 Beispiele

Beispiel 1: Ein Rinderbetrieb verwendet getrennte Systeme verschiedener Hersteller für Fütterung und Milchmengenerfassung, die jeweils neben anderen Daten auch eigene Tierlisten mit Ohrmarkennummer, Geburtsdatum und Kalbedatum verwalten. Für Milchkühe, die in beiden Systemen eingetragen werden, überlappen diese in unterschiedlichen Quellen mehrfach vorliegenden Tier-Stammdaten. Ein Integrationssystem, beispielsweise ein zentrales Herdenmanagement-System oder ein Farm-

Management-Informationssystem (FMIS), könnte aus den beiden Quellen eine eigene integrierte Tierliste erzeugen und dem Benutzer eine einheitliche Zugriffsmöglichkeit zu den prinzipiell autonomen, verteilten, und heterogenen Datenquellen bieten.

Beispiel 2: Ein Ackerbaubetrieb verwendet eine mobile App zur manuellen Protokollierung all seiner Tätigkeiten und ausgebrachter Betriebsmittel im Feld. Für den gleichzeitigen Zugriff aller Familienmitglieder werden die Daten der App in der Cloud gespeichert. Zur Auswertung und Planung können sie von dort über eine Schnittstelle automatisiert in ein FMIS auf dem Büro-PC heruntergeladen werden. Für diesem Datenintegrationsschritt kann konfiguriert werden ob die Daten aus der Cloud bei jeder Verwendung geladen oder auch zwischengespeichert werden sollen. Darüber hinaus plant der Betrieb die Anschaffung eines modernen Traktors mit Satellitennavigation und Terminal. Unter der Voraussetzung, dass Terminal und App kompatibel sind, könnten am Terminal aufgezeichnete Bewegungsdaten zur App übertragen werden, sodass die Protokollierung teilautomatisiert und etwa die Flächenleistung einfach berechnet werden könnte.

2.2 Begriffe

Eine *Datenbank* (DB) ist eine Menge von meist zusammengehörigen Daten, beispielsweise Namen, Lebensnummern und Geburtsdaten etc. von Kühen (`"Resi"`, `"AT1234567890"`, `"2015-05-05"`), die üblicherweise durch ein *Datenbankmanagementsystem* (DBMS) verwaltet werden. Das *Datenmodell* beschreibt die Struktur oder das *Schema* einer Datenbank, beispielsweise Tabellen und deren Beziehungen (Tabelle *`Kuh`* mit Spalten `Nr`, `Name`, `Lebensnummer`, `Geburtsdatum` und Tabelle *`Milch`* mit Spalten `Lebensnummer`, `Datum`, `Menge`, mit der zusätzlichen Information, dass es für jede Instanz von *`Kuh`* (also jede Zeile in der Tabelle, identifiziert durch ihre `Lebensnummer`), mehrere Instanzen von *`Milch`* geben kann (identifiziert durch `Lebensnummer` und `Datum`)). *Abbildung 1* zeigt beispielhaft solche Instanzdaten zu Kühen aus mehreren Quellen in unterschiedlichen Formaten.

In diesen Zusammenhang, die Begriffe Daten und Information werden in der Informatik allgemein wie folgt verstanden: *Daten* sind definiert als Symbole oder Zeichen, roh und ohne Bedeutung. *Informationen* werden von Daten abgeleitet und bieten Antworten auf verschiedene Fragestellungen, geben also den Daten eine Bedeutung. Die Begriffe *Datenintegration* und *Informationsintegration* sind also technisch gesehen unterschiedlich, werden aber in der Praxis häufig synonym verwendet.

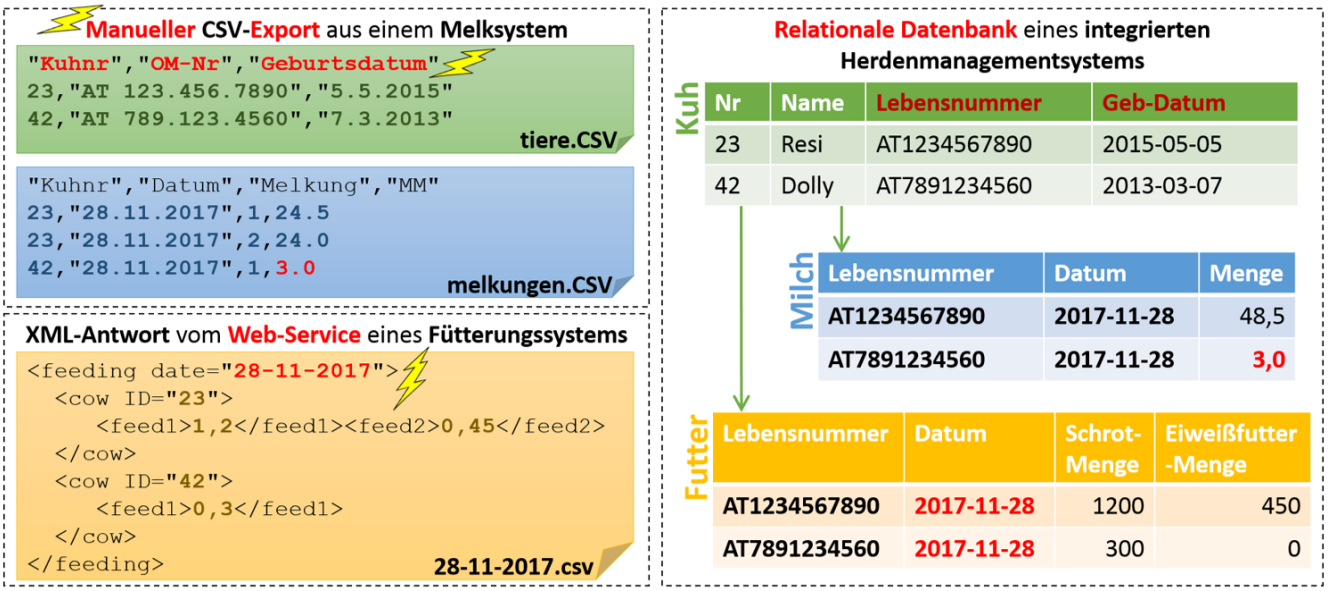


Abbildung 1: Darstellung von Beispiel-Instanzdaten zu Milchkühen von verschiedenen heterogenen Datenquellen – inklusive technischer, syntaktischer und Datenmodell-Heterogenitäten.

2.3 Ziele

Leser und Naumann [1] verstehen Informationsintegration als die Erzeugung einer nicht redundanten (oder zumindest wenig redundanten) *Repräsentation von Information* aus Quellen mit mehr oder weniger überlappenden Inhalten. Dies soll vollständig, korrekt und effizient passieren. Schließlich soll die entstehende Datenbank für Mensch und Maschine nutzbar sein. Doan et al. [2] nennen in diesem Zusammenhang den *einheitlichen Zugriff* auf autonome und heterogene Datenquellen als wesentliches Ziel der Integration, einerseits für Abfragen, andererseits um Daten zu schreiben.

Dem Rinderhalter aus obigem Beispiel sollte ein integriertes Herdenmanagementsystem also alle Daten aus den Quell-Systemen vollständig und korrekt über eine einheitliche Schnittstelle zur Verfügung stellen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von *Transparenz*, wenn Design oder sogar die Existenz der Quellsysteme dem Benutzer vollständig verborgen bleiben. Vollständige Transparenz ist allerdings möglicherweise unerwünscht, etwa zur Unterscheidung ob Tagesmilchmengen im Melkstand oder von dem zusätzlich vorhandenen Melkroboter erfasst wurden. Daher ist in Integrationssystemen oft auch die Dokumentation der Herkunft von Daten gewünscht, etwa durch Speicherung sogenannter *Provenance-Information* [2].

3. DIMENSIONEN

Aufgabe der Integration ist das Zusammenführen von Information aus verteilten, autonomen und heterogenen Quellen. Diese drei Dimensionen werden nun genauer erläutert. Sie sind prinzipiell orthogonal, jedoch bedingen Verteilung und Autonomie oft Heterogenitäten. Letztere stellen auch die größte technische Herausforderung für die Integration dar.

3.1 Verteilung

Es wird zwischen verschiedenen Arten der Verteilung unterschieden [1].

I. Physische bzw. räumliche Verteilung: Während ein Fütterungssystem direkt auf einem Computer am Betrieb laufen könnte (mit DB und DBMS), wird ein Web-basiertes Herdenmanagementsystem möglicherweise in der Cloud gehostet. Dessen DB befindet sich also möglicherweise in einem Rechenzentrum in der Ferne. Es gibt keine physische Verbindung, auch wenn die Systeme indirekt über das Internet verbunden sein können.

II. Logische Verteilung: Fütterungs- und Melksystem könnten sogar auf ein und demselben PC installiert sein und die Daten von demselben DBMS verwaltet werden. Die Daten lägen in unterschiedlichen Tabellen in einer Datenbank, jedoch ohne logische Verbindung, also ohne Querverweise der Tabellen aufeinander.

3.2 Autonomie

Quellen gehören nicht zwangsweise zur selben administrativen Einheit [2]. Konkret werden auf landwirtschaftlichen Betrieben üblicherweise Systeme von Drittherstellern verwendet, und deren Hersteller sind meist unabhängig von den Betrieben und autonom in ihren Entscheidungen in Bezug auf mehrere Aspekte.

I. Designautonomie [1]: Datenmodelle und Datenformate sind unterschiedlich (z. B. unterschiedliche Benennungen für Spaltenüberschriften).

II. Schnittstellenautonomie [1]: Die Freiheit der Datenquellen selbst zu bestimmen, mit welchem technischen Verfahren auf die Daten zugegriffen werden kann (z. B. Web-Service zum Empfang von XML-Daten oder Abfragesprache SQL für Zugriff auf eine relationale Datenbank).

III. Zugriffsautonomie [1]: Festlegung wem der Zugriff auf welche Daten gewährt wird.

IV. Juristische Autonomie [1]: Das Recht einer Datenquelle die Integration der Daten oder die Nutzung generell einzuschränken (in diesem Kontext ist auch das Urheberrecht relevant).

Für die Datenintegration ist es Voraussetzung, dass Zugriff auf die Daten aus den verschiedenen Quellen gewährt wird, sowie, dass entsprechende Nutzungsrechte vorliegen. Diese Aspekte gehen allerdings über den Rahmen dieses Artikels hinaus, Zugriffsmöglichkeit und Nutzungsrechte werden vorausgesetzt.

3.3 Heterogenität

Verteilung und Autonomie sind nicht direkt problematisch, aber sie erzeugen häufig Heterogenitäten (Ungleichheiten). So können Datenquellen eben unterschiedliche Zugriffsprotokolle, Syntax oder Modellierungssprachen verwenden, was mehr oder weniger komplexe technische Lösungen zur Bewältigung erfordert. Ob zwischen den Quellsystemen untereinander oder zwischen Quell- und Integrationssystem, Heterogenitäten können wie folgt eingeteilt [1] werden.

I. Technische Heterogenität: Unterschiedliche Zugriffsprotokolle und Datenformate (z. B. nur manueller Datei-Export, Zugriff über Abfragesprache SQL, spezielle API, Web-Formular, Web-Service etc.; Daten im Format CSV, XML oder in einer relationalen Oracle-Datenbank etc.). Lösung: spezifische Methoden und Technologien.

II. Syntaktische Heterogenität: unterschiedliche Syntax, wie etwa Formatierung von Zahlen/Zeichenketten (z. B. dezimal 23 vs. binär 10111; 28.11.2017 vs. 2017-11-28; AT1234567890 vs. AT 123.456.7890). Lösung: Konvertierung durch meist einfachen Funktionen.

III. Datenmodell-Heterogenität: Unterschiedliche Ausdrucksstärke der verschiedenen Modellierungssprachen (z. B. könnten im XML-Format Daten zu einem Kalendertag geschachtelt werden (auch gemischte Daten zu Milch und Fütterung wären möglich), während im CSV-Format dafür eine eigene Spalte vorgesehen werden muss). Lösung: manuelle Implementierung eines Übersetzers (erfordert Domänenexperten, wie hier etwa einen Landwirt) oder Meta-Modellierung und Model-Transformationen).

IV. Strukturelle Heterogenität: Verschiedene Struktur zur Beschreibung des gleichen Sachverhaltes (z. B. eigene Spalte für Art des Betriebsmittels oder eigene Tabellen; siehe *Abbildung 2* in der App (linkes Datenmodell) ist die Art des Betriebsmittels in einer eigenen Spalte der Tabelle angegeben, im FMIS (rechts) wurde für jede Art eine eigene Tabelle vorgesehen. Anfangs gibt es noch keine Probleme, aber nach Eintragung der Ausbringung von Basamid in der App kann diese nicht ins FMIS übertragen werden, da für Nematizide noch keine Tabelle vorgesehen wurde). Lösung: meist nur möglich mit Hilfe von DomänenexpertInnen.

V. Semantische Heterogenität: Unterschiedliche Interpretation bzw. Bedeutung von Namen und Symbolen: Synonyme (z. B. Feldstück – Schlag, NAC – Nitramoncal), Hypernyme/Überbegriffe (z. B. Gülle – Rindergülle), Homonyme/Mehrdeutigkeiten (z. B. Schläge: Plural von Schlag im Sinne des Feldstückes – Schläge: Wiederkauschläge einer Kuh). Lösung: meist ebenfalls nur mit Hilfe von DomänenexpertInnen, auch: Wörterbücher, Taxonomien, Ontologien.

Neben den genannten Beispielen werden in der Literatur noch weitere Arten von Heterogenitäten genannt [2]. So können unterschiedliche Einheiten und Skalen die Vergleichbarkeit von Werten erschweren (z. B. Temperatur in °Celsius oder Fahrenheit; Masse in Kilogramm oder Tonnen). Schließlich kann es bei Übersetzungen von Begriffen in andere Sprachen vorkommen, dass übersetzte Begriffe leicht unterschiedliche Bedeutung haben (z. B. steht der spanische Begriff ‚pasto' auf Deutsch für ‚Weide' aber auch für ‚Futtermittel'), oder dass diese sich über die Zeit ändert. So wird auch bei Währungen (z. B. Beträge in EUR oder USD) eine Umrechnung durch variable Kurse zusätzlich erschwert.

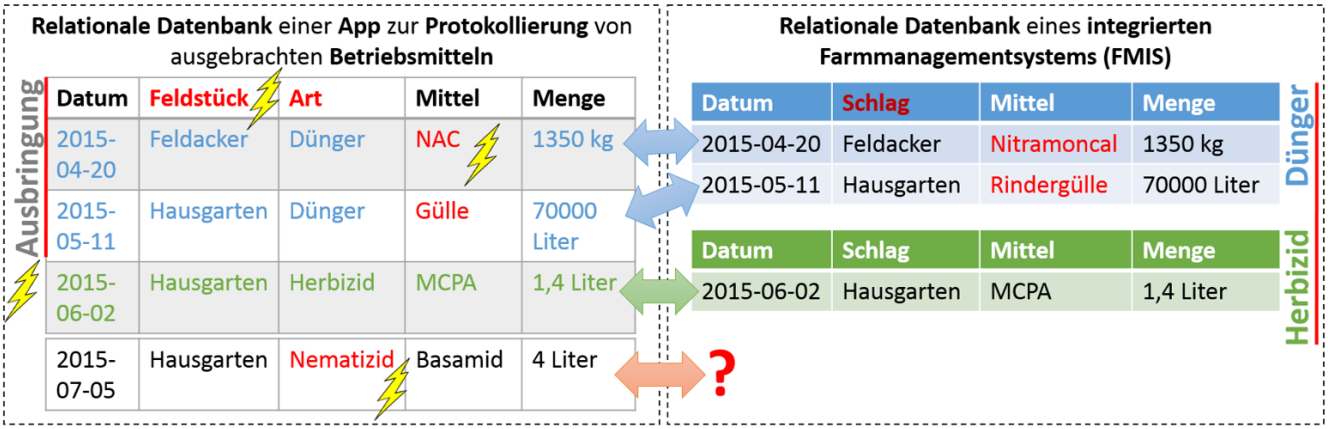


Abbildung 2: Darstellung von Beispiel-Instanzdaten zur Ausbringung von Betriebsmitteln von verschiedenen heterogenen Datenquellen – inklusive struktureller und semantischer Heterogenitäten.

4. DESIGN VON INTEGRATIONSSYSTEMEN

Im Folgenden werden Konsequenzen der sogenannten Materialisierung, also dem Zwischenspeichern von integrierten Daten, und verschiedene Architekturen bei der Integration mehrerer Quellsysteme erläutert.

4.1 Materialisierung

Es kann zwischen materialisierter und virtueller Integration unterschieden werden [1]. Materialisierung bedeutet, dass die Daten ins Integrationssystem kopiert werden. Bei virtueller Integration hingegen werden Daten für jede Anfrage erneut vom Quellsystem geladen. Der eingangs genannte Ackerbaubetrieb könnte selbst entscheiden, ob sein FMIS am Büro-PC die App-Daten aus der Cloud lokal zwischenspeichert oder nicht. Eine Zwischenspeicherung kann einerseits Abfragen beschleunigen, jedoch entsteht andererseits zusätzlicher Aufwand durch das Nachziehen von etwaigen Änderungen. Die folgende *Tabelle 1* erläutert die Charakteristika der beiden Varianten im Detail.

Tabelle 1: Vergleich von materialisierter und virtueller Integration [3]

	materialisiert *(Daten werden kopiert)*	***virtuell*** *(erneutes Laden für jede Anfrage)*
Aktualität	verringert; abhängig davon wann zuletzt Daten geladen wurden	immer aktuelle Daten
Abfragen	prinzipiell unbegrenzt; geringe Komplexität (ausgenommen Erst-Import und Updates)	begrenzt durch Schnittstelle zum Quellsystem; komplexer, da Abfragen/ Ergebnisse übersetzt werden müssen
Ausfallsicherheit	Quellsystem oder Verbindung dürfen ausfallen	Quellsystem muss immer erreichbar sein (ev. Netzabdeckung und stabile Verbindung erforderlich)
Antwortzeit	schnell (alle Daten lokal vorhanden)	verringert (kritischer Faktor ist Netzwerk-kommunikation zur langsamsten Quelle)
Speicherverbrauch	hoch (Daten werden mehrfach gespeichert)	kein zusätzlicher Speicher
Rechenleistungs-bedarf	hoch beim Laden (kann geplant werden)	hoch bei Anfragen (möglicherweise Last-Spitzen)
Datenbereinigung	möglich	schwierig bis unmöglich (Fehlerkorrektur und Duplikaterkennung sind oft komplex und besonders rechenintensiv)
Daten schreiben	in materialisierten Daten: einfach, aber Überschreiben muss verhindert werden; zurückschreiben in Quelle: schwieriger	meist nicht möglich

In Anbetracht von steigenden Datenmengen und Vernetzung muss die geeignete Variante für verschiedene Anwendungsfälle individuell ausgewählt werden, sodass in der Praxis auch hybride Systeme existieren. So müssen z. B. für Echtzeitlokalisierung von Traktoren immer aktuelle Positionsdaten geladen werden. Auswertungen des Pflanzenwachstums auf Basis von Satellitendaten können wiederum durch die Materialisierung der umfangreichen Daten beschleunigt werden.

4.2 Architekturen

In der Literatur werden verschiedenste Architekturen für Integrationssysteme beschrieben [1,2]. Für die Integration von landwirtschaftlichen Daten relevant sind unter anderem die sogenannten *Multidatenbanken*, die mehrere heterogene Quellen auf Anfrageebene integrieren (z. B. könnte ein Fütterungssystem die täglichen Milchmengen vom Melksystem und die monatlichen Inhaltsstoffe der Milchleistungsprüfung (System/Server des LKV) abfragen; ohne ein globales integriertes Datenmodell), oder *föderierte Datenbanken*, bei denen auf Schemaebene integriert wird (z. B. Abbildung des gesamten Datenmodells der Ackerbau-App im FMIS, sodass alle Daten übertragen werden können; das Schema der FMIS-DB dient als globales Datenmodell um alle relevanten Daten abzudecken). In sogenannten *Peer-Daten-Management-Systemen* wird zwischen Datenquellen und Integrationssystemen nicht mehr unterschieden. Die Peers verwenden sogenannte Wrapper und Mediatoren um Daten voneinander abzufragen und agieren selbst wiederum als Mediatoren für andere Peers (z. B. könnte die Ackerbau-App bearbeitete Schläge vom Terminal des Traktors abfragen, das FMIS über die Cloud ausgebrachte Betriebsmittel von der App abfragen, und über ein weiteres System zur Automatisierung von Förderanträgen Daten aus dem FMIS geladen werden; die dort verwendeten Schlaggrenzen könnten wiederum gemeinsam mit Satellitendaten von einem Web-Service für die Generierung von Zonenkarten dienen).

Ein Datenmodell oder Schema ist für den Datenaustausch mit modernen Web-Technologien nicht zwangsläufig notwendig. Die Implementierung der Adapter-Komponenten zur Datenintegration von autonomen und heterogenen Quellen kann dennoch mit hohem Aufwand verbunden sein. *Abbildung 3* zeigt bespielhaft verschiedene Topologien zur Integration der verschiedenen Systeme und Datenquellen auf einem Milchviehbetrieb. Unter der Annahme dass jedes der Systeme mit jedem anderen Daten austauschen möchte, sind mit steigender Anzahl Peers ohne ein globales Schema ungleich mehr Implementierungen von Adaptern notwendig. Mit einem zentralen Integrationssystem als Plattform zum Datenaustauch kann hingegen der Aufwand für die Verknüpfung der Peers wesentlich verringert werden.

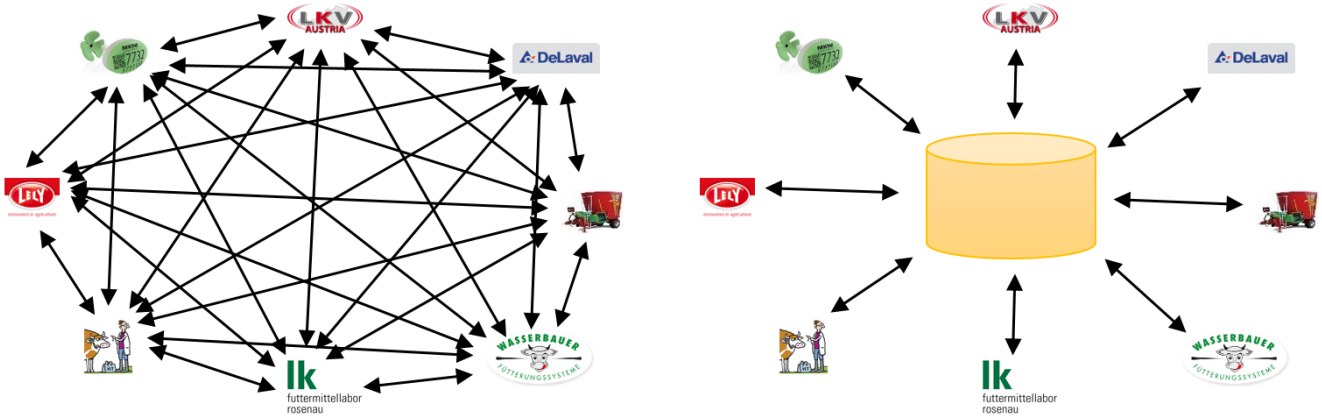


Abbildung 3: Alternative Topologien von Peers und Adaptern zur Informationsintegration (links: direkter Austausch zwischen einzelnen Peers; rechts: Austausch über ein zentrales Integrationssystem mit globalem Schema)

5. INSTANZDATENTRANSFORMATION UND STANDARDS

Die Transformation von Instanzdaten erfolgt üblicherweise auf Basis von Korrespondenzen zwischen Quell- und Ziel-Datenmodell. So könnte z. B. in *Abbildung 2* ein Adapter jede Instanz der Tabelle `Ausbringung` mit `Art = "Dünger"` in eine Instanz der Tabelle `Dünger` transformieren. Dabei können allerdings noch eine Reihe weiterer Probleme auftreten. So kann es vorkommen, dass Datenfehler behoben werden müssen (z. B. unterschiedliche/falsche Schreibweisen und Tippfehler; `Dolly` vs. `Doly`), dass Daten unvollständig sind (z. B. fehlende Tiere; oder Lebensnummern werden nicht oder nur teilweise eingegeben), oder dass Werte mit unterschiedlicher Genauigkeit vorliegen (z. B. `8,5 l` vs. `8,55 l`). In diesem Kontext ist auch die Datenqualität von besonderer Bedeutung (Details und weitere Bsp. siehe [1]).

Um die verschiedenen Konflikte auf Datenmodell- und Instanzebene von vornherein zu vermeiden und damit die Integration von Instanzdaten zu erleichtern, kann durch die Festschreibung von Standards für Datenmodelle, Schnittstellen oder Kommunikationsprotokolle die Autonomie der Quellsysteme eingeschränkt und damit Homogenität erzwungen werden [1]. Beispielsweise definiert die Norm ISO 11783 („ISOBUS“) [4] Stecker, Datenformate und Schnittstellen für den Datenaustausch zwischen Traktoren und Anbaugeräten. ISO 17532 („ISOagriNET“) [5] bietet einen Standard für Vernetzung und Datenaustausch zwischen Geräten in der Innenwirtschaft.

Während diese Standards auf Austauschformate fokussieren, propagiert DKE Data (ein europäisches Konsortium von mehreren größeren Landtechnikherstellern) eine umfangreiche Web-basierte kommerzielle Datenaustauschplattform zur Verknüpfung von landwirtschaftlicher Software auf Betrieben und Landmaschinen, genannt *AgriRouter*. Eine aktuelle Publikation dazu [6] erläutert den Nachrichtenaustausch über Postkästen (IN-boxes und OUT-boxes), inklusive der verschiedenen Sicherheitsmechanismen im System (Authentifizierung, Zertifikate, Tokens und TANs). Im Gegensatz dazu arbeitet AgGateway (ein gemeinnütziges Konsortium aus Nordamerika) an dem Softwareentwicklungs-Framework *ADAPT* (Ag Data Application Programming Toolkit) [7], einer modularen Sammlung von quell-offenen Software-Werkzeugen zur tatsächlichen Konvertierung von Daten zwischen verschiedenen Formaten. Während also beim AgriRouter der Schwerpunkt auf Nachrichtenaustauch und -weiterleitung liegt, bietet ADAPT ein Plug-In-basiertes Grundgerüst für die eigene Implementierung von Adaptern inklusive einem gemeinsamen Datenmodell (als zentrales globales Integrationsschema) und ein Plug-In für ISO 11783.

6. DISKUSSION

Nach einigen Grundlagen wurden die Dimensionen der Informationsintegration diskutiert: Verteilung, Autonomie und Heterogenität, wobei letztere die größte Herausforderung darstellt. Unterschiedliche EntwicklerInnen, etwa von unterschiedlichen Landtechnikfirmen, werden ohne Einschränkungen fast immer unterschiedliche und damit heterogene Datenbanken entwerfen und Instanzdaten werden häufig unterschiedliche Datenqualität aufweisen.

Je nach Art der Heterogenitäten können verschiedene Werkzeuge und Methoden genutzt werden um die Integration zu erleichtern. Zur Implementierung ist dennoch häufig die Zusammenarbeit von Software-EntwicklerInnen und Domänen-ExpertInnen notwendig. Nicht zuletzt deshalb wird in der Praxis der Entwicklungsaufwand für Komponenten zur korrekten und vollständigen Datenintegration häufig unterschätzt. Darüber hinaus gewinnt man den Eindruck, dass oftmals weder Hersteller-Firmen noch LandwirtInnen gewillt sind für diesen Zusatzaufwand aufzukommen (z. B. fordern in der Innenwirtschaft viele LandwirtInnen den Datenaustausch zwischen den Systemen zu automatisieren um Mehrfacheingaben zu vermeiden und gleichzeitig die Datenbanken von Fütterungssystem, Melksystem, Herdenmanagementsystem etc. konsistent zu halten --- durch die hohe Zahl an verfügbaren Produkten sind jedoch Kosten für Entwicklung und Wartung von Adaptern bei den teils geringen Stückzahlen oft schlicht zu hoch).

Eine andere Möglichkeit, um Heterogenitäten zu vermeiden, ist durch Festlegung von Standards die Autonomie der EntwicklerInnen von vornherein einzuschränken, etwa für Zugriffsprotokolle, Datenformate oder mittels Term-Definitionen in Form von Ontologien. Deren nachträgliche Implementierung in existierenden Systemen kann allerdings ebenfalls großen Aufwand verursachen. Abgesehen von der technischen Umsetzung stehen der Implementierung darüber hinaus womöglich auch kommerzielle Interessen der Hersteller entgegen. So könnte ein Marktführer die Öffnung seines Systems bewusst ablehnen um Marktanteile zu sichern (z. B. könnte ein Traktorenhersteller mit eigenem FMIS den Daten-Austausch mit Systemen der Mitbewerber erschweren, und somit erzwingen, dass Landwirte ihren Fuhrpark mit Traktoren desselben Herstellers erweitern).

Zusammenfassend kann man also sagen, dass einerseits viele technische Lösungen, Methoden und Standards zur Datenintegration existieren, deren Umsetzung aber oftmals aus unterschiedlichen weniger technischen Gründen scheitert. Insbesondere die langfristige Verbreitung und Durchsetzung von Standards sollte durch Behörden, Verbände und nichtkommerzielle Konsortien vorangetrieben werden, um schließlich die durch die Digitalisierung vermehrt zur Verfügung stehenden Daten für verschiedenste Anwendungen in der Landwirtschaft besser nutzbar zu machen.

9. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Ulf Leser, Felix Naumann, *Informationsintegration: Architekturen und Methoden zur Integration verteilter und heterogener Datenquellen*, ISBN 978-3-89864-400-6, dpunkt.verlag GmbH, 2007.

[2] AnHai Doan, Alon Halevy and Zachary Ives, *Principles of Data Integration*, ISBN: 978-0-12-416044-6, Morgan Kaufmann, 2012.

[3] Frank Legler, Felix Naumann, *A Classification of Schema Mappings and Analysis of Mapping Tools*, 12. GI-Fachtagung für Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web, 449-464, BTW, 2007.

[4] AEF, *ISOBUS*; http://www.aef-online.org/the-aef/isobus.html, letzter Zugriff am 30.11.2017

[5] Bauförderung Landwirtschaft e.V., *ISOagriNET*, http://www.isoagrinet.org/de/, letzter Zugriff am 30.11.2017

[6] Johannes Sonnen, Jens Möller, *The Technical Concept of a Manufacturer-Independent Web-Based Data Exchange Platform for the Agricultural Sector*, LAND.TECHNIK AgEng 2017, ISBN 978-3-18-092300-0, VDI, 2017

[7] ADAPT Framework; http://adaptframework.org/, letzter Zugriff am 30.11.2017

agrirouter: Das technische Konzept einer herstellerübergreifenden webbasierten Datenaustausch Plattform für die Landwirtschaft

Johannes Sonnen, Jens Möller
DKE-Data GmbH & Co. KG, Osnabrück, Deutschland

ABSTRACT

Der Vortrag beschreibt das technische Konzept einer neuen, webbasierten Datenaustauschplattform für Landwirte und Lohnunternehmer, mit der Maschinen und Agrarsoftware herstellerübergreifend verbunden werden können, um betriebliche Abläufe zu vereinfachen. Nur der Nutzer legt fest, wer mit wem wie lange welche Daten austauscht. Die Datenaustausch-Plattform transportiert dabei nur die Daten; sie speichert sie nicht. Mit dieser neuartigen je User individuell zusammenstell- und konfigurierbaren diskriminierungsfreien Datentransportmöglichkeit wird eine wesentliche Lücke auf dem Weg Digitalisierung der Landwirtschaft geschlossen.

1. AUSGANGSSITUATION

Die Optimierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse und die Verfügbarkeit einer guten Informations- und Kommunikationstechnologie ist in den nächsten Jahren essenziell. Die zunehmende Komplexität der landwirtschaftlichen Prozesse und die wachsende Menge an Daten und Informationen führen zu steigendem Bedarf an neuen Datenmanagementkonzepten. Es sind neue Feature, wie herstellerübergreifender Datentransfer, Datenauswertungen, Dokumentation der Prozesse und Entscheidungsunterstützung gefragt. Auch sollen Maschinendaten automatisch erfasst und in das vom Landwirt oder Lohnunternehmer jeweils genutzte System übertragen werden. Die Nutzer erwarten eine einfache Bedienung der Systeme. Die Agrarmanagement Softwarebranche und auch die Landtechnikhersteller müssen sich den genannten Trends stellen und handeln. Mit den zunehmenden Bedürfnissen der Kunden, verschiedene Teilnehmer der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse zu vernetzen, steigt die Komplexität der herzustellenden Verbindungen.

2. KUNDENBEDÜRFNISSE

Den Landwirten fehlt nach wie vor ein Lösungsansatz, der eine individuelle Vernetzung der von ihm eingesetzten Produkte (Maschinen und Software) ermöglicht und den gewünschten Datenaustausch individuell steuerbar macht. Neben den etablierten Herstellern von Agrarsoftware bieten weitere Unternehmen, zum Teil Startups, neue Softwareprodukte für bestimmte Anwendungen an. Viele dieser Anwendungen benötigen den herstellerübergreifenden Zugang zu Maschinendaten, um den Landwirt bei seiner angestrebten Produktionsprozessoptimierung zu unterstützen Da es keinen zentralen Zugang über die bestehenden herstellerspezifischen Lösungen gibt, müssen viele individuelle Schnittstellen zu den Herstellern aufwendig aufgebaut und gepflegt werden. Wertvolles Knowhow dieser Anbieter ist somit aus Sicht des Landwirts nicht nutzbar.

3. EIN NEUER HERSTELLERÜBERGREIFENDER LÖSUNGSANSATZ

An die neue herstellerübergreifende und webbasierte Datenaustauschplattform namens „agrirouter“ können praktisch alle Softwareapplikationen und Maschinen über eine offene Schnittstelle angebunden werden. Technisch erfolgt die Anbindung über eine auf den Maschinen befindliche Kommunikationseinheit. Softwareapplikationen, wie z. B. Farm-Management-Informationssysteme (FMIS) oder auch App‘s von Drittanbietern, können ebenfalls vom Anwender an seinen agrirouter

angebunden werden. Der offene Ansatz ermöglicht auch weiteren Marktteilnehmern (z. B. Herstellern von Betriebsmitteln, Agrarhandel etc.), ihre digitalen Produkte zu Verfügung zu stellen. Unter my-agrirouter.com findet der Endkunde einen Marktplatz, in dem alle zertifizierten Apps und Kommunikationseinheiten kategorisiert aufgelistet sind, um einen zentralen schnellen Überblick zu bekommen.

Endbenutzer können sich zukünftig ebenfalls über my-agrirouter.com einen kostenlosen personalisierten Account anlegen. Nach dem Anlegen des Accounts verbindet der Benutzer seine Maschinen, indem er einmalig eine TAN-Nummer in die Kommunikationseinheit eingibt. Diese oder auch mehrere erzeugt er sich im Vorfeld in seinem agrirouter Account. Die Kommunikationseinheit bekommt nach der initialen Anbindung ein Token vom agrirouter zugewiesen, welchen sie für die folgenden Anmeldeprozesse speichern muss. Bietet die Kommunikationseinheit die Möglichkeit mehrere Token zu speichern und diese via Profilauswahl zu steuern, so kann diese Kommunikationseinheit auch überbetrieblich eingesetzt werden. Vornehmend werden Landwirte und oder Lohnunternehmer zukünftig Ihre Traktoren mit einer Kommunikationseinheit am ISOBUS versehen, da aus Sicht des agrirouters die angeschlossenen Geräte (Devices) variant sein dürfen. Der agrirouter prüft lediglich das im Zertifizierungsverfahren zugeteilte Zertifikat einer Kommunikationseinheit. Alle DKE-Data Gesellschafter sowie Hardware Drittanbieter dürfen Ihre Kommunikationseinheiten zur Zertifizierung vorstellen. Durch diesen Ansatz können mobile Kommunikationseinheit auf den Betrieben auch Maschinenübergreifend eingesetzt werden, um z. B. nicht auf nur kurzzeitig genutzten Selbstfahrern zu verweilen.

Nach der technischen Anbindung seiner Maschinen, wählt der Endbenutzer im Markplatz seine bevorzugten Apps aus und vervollständigt damit seine individuelle Zusammenstellung seines agrirouter Accounts (siehe *Abbildung 1*).

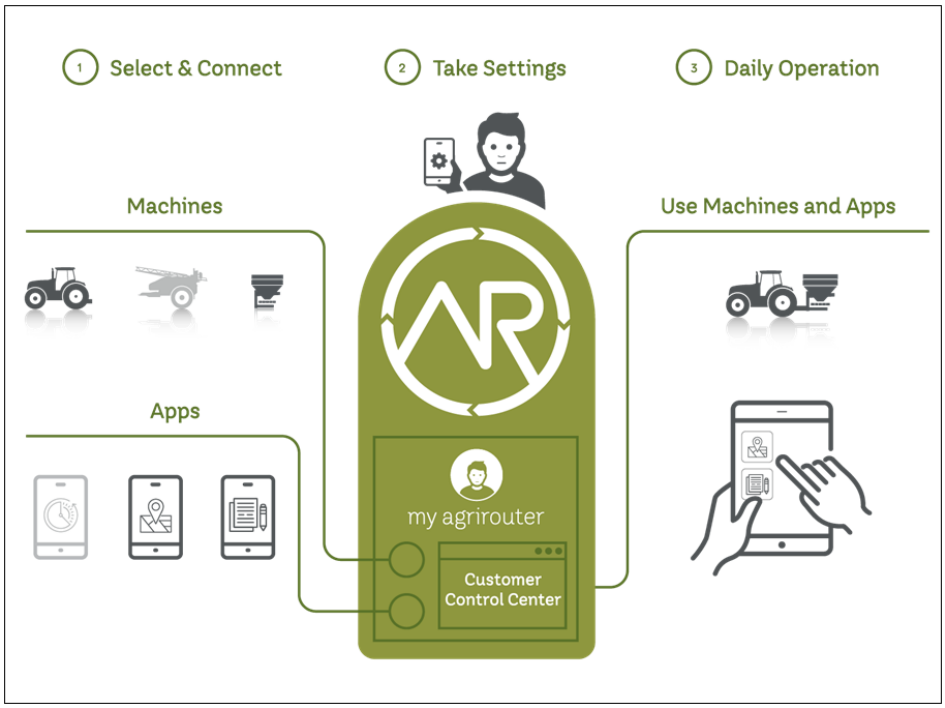


Abbildung 1: Arbeitsweise mit der Datenaustausch-Plattform agrirouter

Die Anbindung der App-Instanzen erfolgt wie bei den Kommunikationseinheiten, durch die Eingabe einer generierten TAN-Nummer. Die App-Instanz bekommt ebenfalls vom agrirouter ein Token zurückgeliefert, der für alle weiteren Authentifizierungen vorgehalten werden muss. Nach dem Anbinden der Kommunikationseinheiten (Maschinen) und der Apps muss der Endbenutzer auf einer responsiven agrirouter Web-Oberfläche (*Abbildung 2*) mit Regeln festlegen, welcher seiner Daten, in welchem Umfang und für welchen Zeitraum mit welchen seiner angeschlossenen Endpunkte austauschen dürfen (siehe *Abbildung 1*).

Anzumerken ist, dass jeder Software-Entwickler eine agrirouter-ready Applikation anbieten darf. Dabei sind keine technischen Voraussetzungen wie festgelegtes Betriebssystem oder Oberflächengestaltung zu erfüllen. Die Apps müssen lediglich ein Zertifizierungsverfahren ähnlich dem der Kommunikationseinheiten durchlaufen. Im Vorfeld des Zertifizierungsverfahren können App-Entwickler via my-agrirouter.com Einsicht in die notwendigen Schnittstellendokumente (Integration Guide) nehmen, um im Anschluss einen Zugang zu einer Test-Umgebung des agrirouters zu bekommen, auf der sie Ihre App in Hinblick auf korrekte Anmeldung und Austausch von Daten prüfen können.

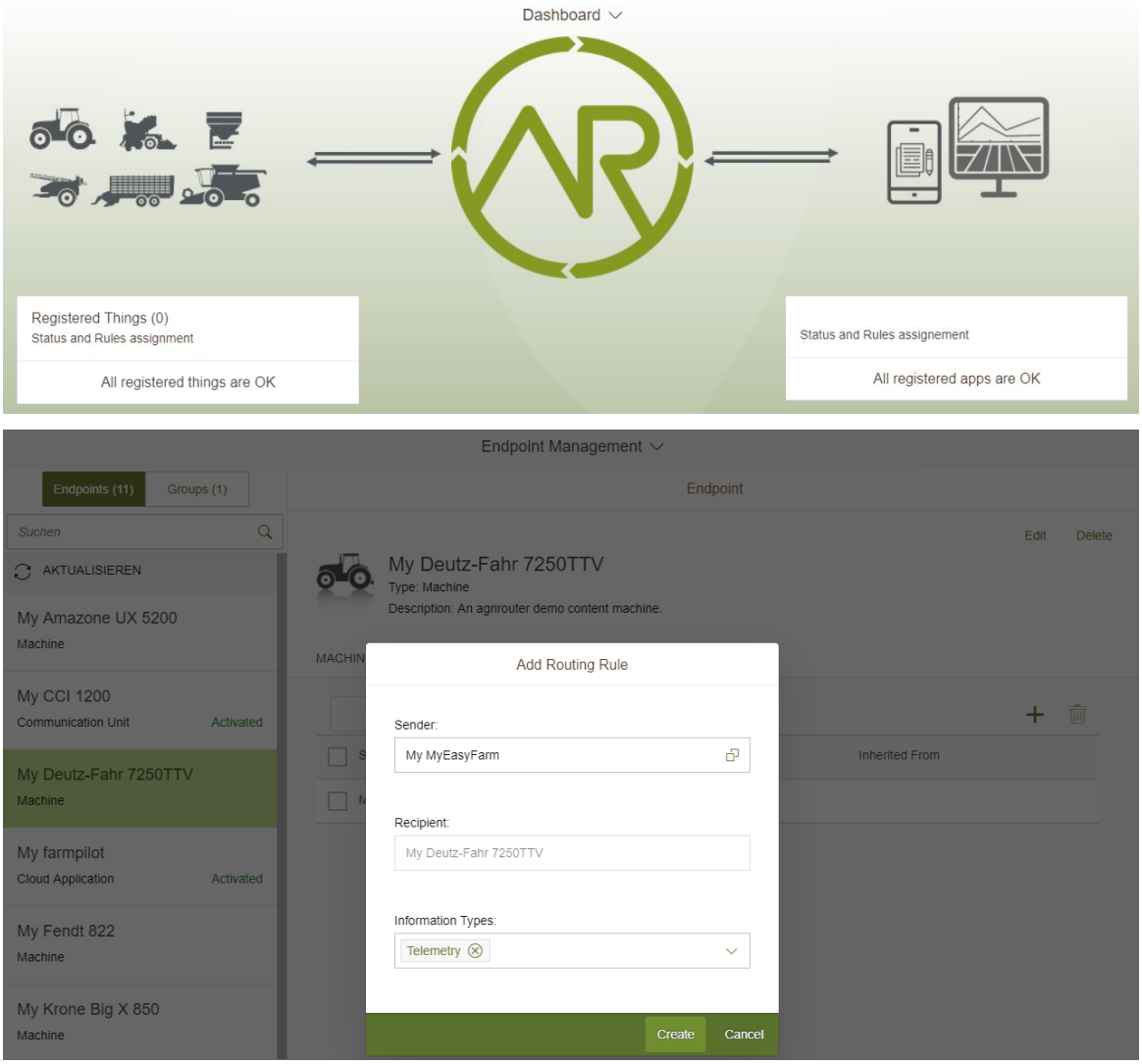


Abbildung 2: agrirouter Web-Oberfläche

Inhalte wie Beschreibung und Screenshots der App müssen die App-Entwickler in den Sprachen selber pflegen, in denen Sie Ihre Applikation den Endkunden anbieten möchten. Beim Einreichen einer App zur Zertifizierung müssen die App-Entwickler festlegen welche der aktuellen Nachrichtenformate, die auf dem agrirouter transportiert werden können, sie empfangen und welche sie senden können. Die Nachrichtenformate der agronomischen Daten sind für die App-Entwickler frei einsehbar. Die sich daraus ergebenden Fähigkeiten einer App Nachrichtenformate zu empfangen bzw. zu senden, benutzt der agrirouter um das Setzen fehlerhafter Regeln durch den Endbenutzer zu verhindern. So kann der Nutzer z. B. keine Regel definieren, die Nachrichten des Formates M1 zu einer Kommunikationseinheit senden soll, wenn die Kommunikationseinheit nicht in der Lage diese entgegen zu nehmen. Neben den Nachrichtenformaten für agronomische Daten können einfach weitere Nachrichtenformate aufgenommen werden. Die DKE-Data Gesellschafter haben darüber hinaus die Möglichkeit herstellerspezifische Nachrichtenformate für nicht agronomische Daten anlegen zu lassen. Mit dieser Möglichkeit können die DKE-Data Gesellschaftern Ihre Maschinen mit smarten Zusatzfunktionen am Markt anbieten, um sich somit gegenüber ihren Wettbewerbern zu differenzieren.

Nachdem der Benutzer seine individuellen Regeln auf Nachrichtenformatebene festgelegt hat, benutzt er seine angebundenen Maschinen und Apps, wobei der agrirouter währenddessen im Hintergrund arbeitet (siehe *Abbildung 1*). Sofern der Anwender keine neue Kommunikationseinheit oder Softwareapplikation anbinden oder Regeln verändern möchte, braucht er sich nicht erneut in seinen Account einzuloggen. Den App-Entwicklern wird die Möglichkeit eingeräumt einen „Spring zu meinem agrirouter Account“ Button einzubauen, um dem Endnutzer den Einlogprozess zu vereinfachen. Dem Anwender wird somit die individuelle Konfiguration „seines“ Routers und die vollständige Kontrolle über seine Daten ermöglicht.

4. DIE DATENAUSTAUSCH-PLATTFORM AGRIROUTER IM TECHNISCHEN DETAIL

Die vom Anwender an seinen agrirouter angeschlossenen Endpunkte (Maschinen u. Apps) weisen sich mit Ihnen zugeteilten Zertifikaten und Token aus, um sich die Nachrichten aus Ihren Postausgangsboxen (Out-Box) abzuholen. Der agrirouter arbeitet passiv; d. h. er legt die Nachrichten entsprechend der vom Landwirt gesetzten Regeln in die Postausgangsboxen. Die angeschlossene App-Instanz, die heutzutage in ihrem Funktionsumfang häufig modular gestaltet sind, kann sich den Inhalt der Out-Box ansehen, bevor sie letztendlich dedizierte Nachrichten aus der Box herausnimmt (siehe *Abbildung 3*). Jede Nachricht wird maximal 4 Wochen in einer IN oder OUT-Box gehalten, sofern sie in diesem Zeitraum nicht abgeholt wurde.

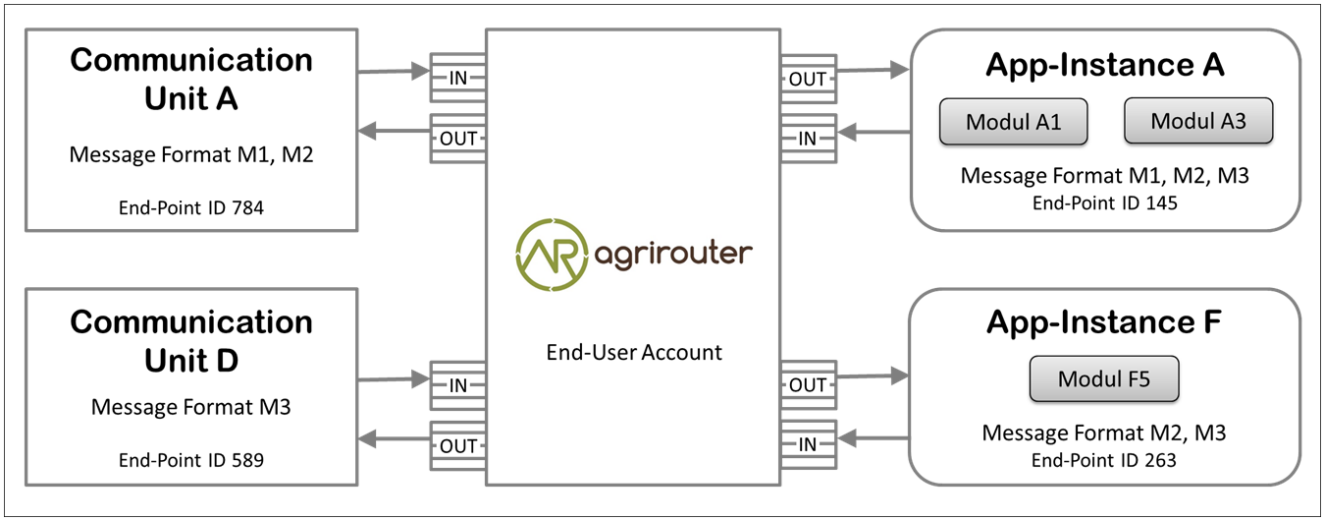


Abbildung 3: agrirouter Detail-Overview

Nach 3 Wochen bekommt der Anwender einen Hinweis, dass die Nachricht in einer Woche gelöscht wird. Auf Maschinen verbaute Kommunikationseinheiten sowie sendende App-Instanzen legen ihre erhobenen bzw. generierten Daten in die IN-Box des zugewiesenen agrirouter Accounts. Dann greifen die vom Endnutzer gesetzten Regeln und legen die Nachrichten in die entsprechenden OUT-Boxen. Dabei kann der agrirouter im Vergleich zur realen Post Nachrichten duplizieren, sofern mehreren OUT-Boxen die gleiche Information zugestellt werden soll. In *Abbildung 4* wird ein Beispiel für eine gesetzte Regel beschrieben. Der Anwender hat bestimmt, dass das Nachrichtenformat M2 vom Endpunkt ID 784 und das Nachrichtenformat M3 vom Endpunkt ID 589 zur OUT-Box des angeschlossenen Endpunkts ID 263 transferiert werden soll. In *Abbildung 4* ist ebenfalls zu erkennen, dass die Nachrichtenformate unterschiedliche Sendezyklen haben können.

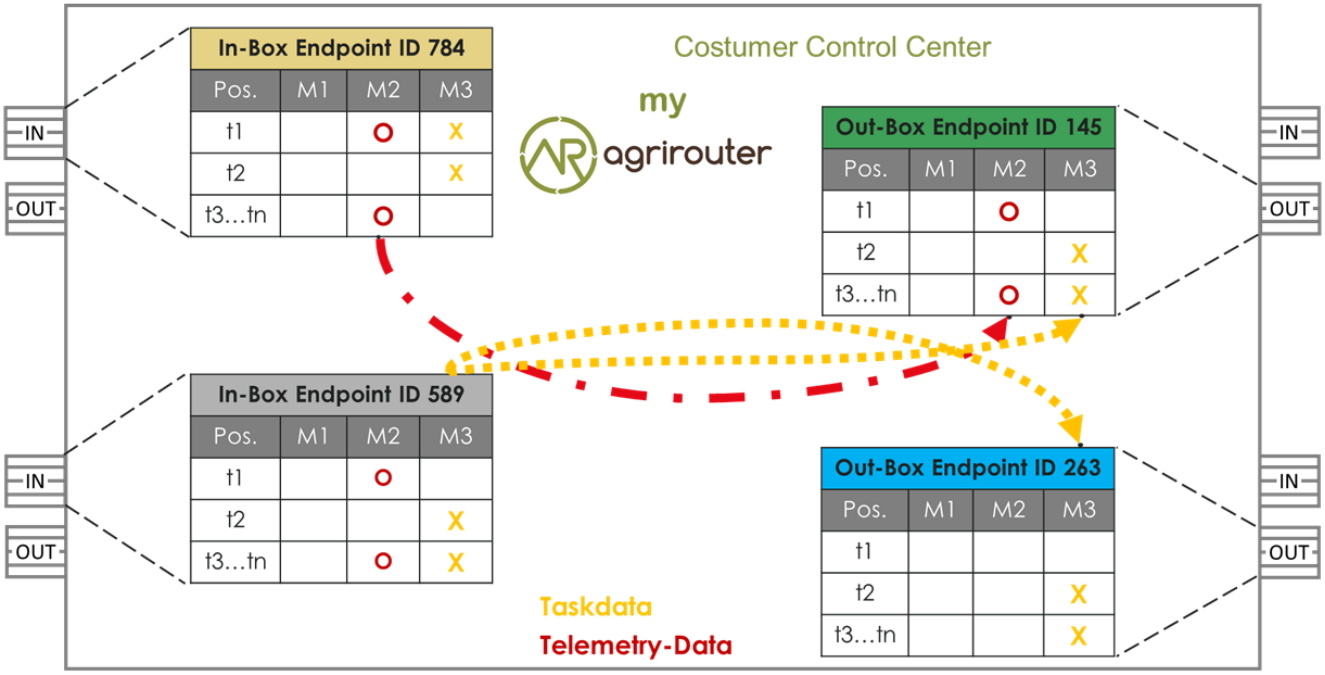


Abbildung 4: Beispiel für vom Anwender gesetzte Regeln

Neben der direkten Zustellung von Nachrichten zu dedizierten einzelnen Endpunkten (siehe Bsp. *Abbildung 4*), kann der Benutzer seinen agrirouter auch so einstellen, dass bildlich gesehen ein LKW mit den eingehenden Daten umherfährt und jede angeschlossene App-Instanz sich das vom LKW nimmt, was sie benötigt. Möchte der Landwirt / Lohnunternehmer einer App-Instanz den Datenzugriff verwehren, so kann er einzelne Endpunkte deaktivieren oder auch ganz löschen. Arbeitet ein Landwirt mit einem Lohunternehmer zusammen, können beide Parteien nach einer einmaligen Verbindung der beiden agrirouter Accounts, Daten untereinander austauschen. So kann der Lohnunternehmer z. B. dem Landwirt nur die ortsbezogenen Ertrags- und Feuchtigkeitswerte seines Häckslers virtuell freigeben. Der Landwirt kann für diese Daten dann wiederum entsprechende Regeln setzen, so dass die vom Lohunternehmer generierten Daten z. B. in seine Dokumentations-Applikation einlaufen.

Sowohl Anwender als auch App-Provider können die Mengen der transportierten Daten für Ihren Account bzw. bei den App-Providern die Mengen der einzelnen App-Instanzen transparent einsehen.

5. GEWÄHRLEISTUNG DER AUSFALLSICHERHEIT

Bei der technischen Auslegung des Gesamtsystems wurde bewusst auf eine extrem hohe Ausfallsicherheit geachtet, um die Sicherheit der zu transportierenden Daten auf ein maximales Niveau zu heben. So ist beispielhaft anhand *Abbildung 5* zu erkennen, dass das Configuration Module, mit der der Anwender über einen Browser seine Einstellungen vornimmt, getrennt vom eigentlichen Messaging Module ist.

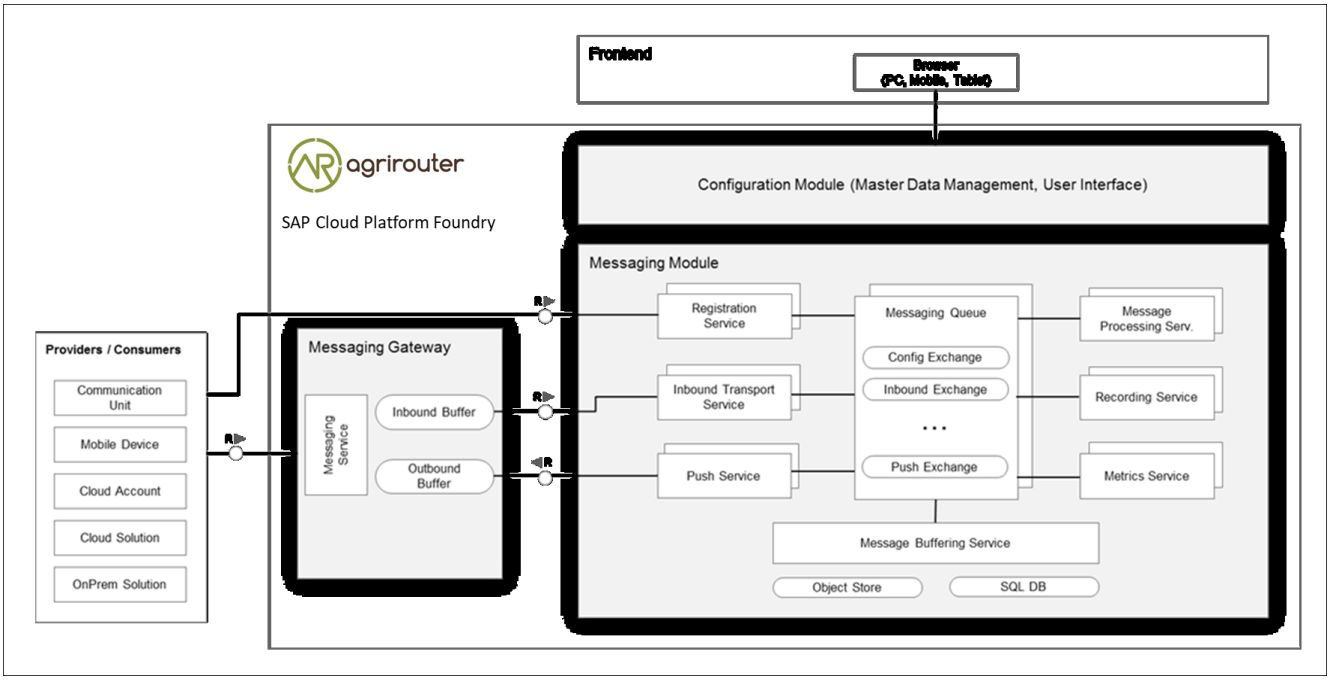


Abbildung 5: agrirouter Technische Struktur Übersicht

Alle vom Anwender gesetzten Einstellungen werden in das Messaging Modul repliziert, um im Falle eines Ausfalls des Configuration Modules den Datentransport aufrecht zu erhalten. Fällt das Kernelement das Messaging Module aus, so können eingehende Nachrichten weiterhin in die IN-Boxen abgelegt werden. Diese werden dann lediglich zeitversetzt zugestellt, sobald das Messaging Modul wieder seinen Dienst aufgenommen hat. Datenverluste sollen so auf ein absolutes Minimum reduziert werden. Um den landwirtschaftlichen Spitzenzeiten gerecht zu werden, kann jede eingesetzte Komponente unabhängig von der anderen auf Applikationsebene skaliert werden.

Welchen Beitrag leistet ein FMIS für ein modernes Betriebsmanagement?

Reinhard Streimelweger
Josephinum Research, Wieselburg, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Ein FMIS unterstützt das Betriebsmanagement von Landwirten, indem eine Gesamtbetrachtung des landwirtschaftlichen Betriebes jederzeit schnell und einfach möglich ist. Der Einsatz von FMIS hilft nicht nur betriebsspezifisch sondern auch überbetrieblich effizienter und umweltschonender zu arbeiten.

Es gibt derzeit zahlreiche FMIS-Anbieter am Markt, welche mit verschiedenen Schwerpunkten und Funktionen um die Gunst der Landwirte ringen. Für österreichische landwirtschaftliche Betriebe beziehungsweise für die im Verhältnis kleine Betriebsstruktur in Österreich gibt es oftmals die nicht darauf abgestimmten FMIS-Lösungen. Von zahlreichen ausländischen FMIS-Anbietern werden etwa die österreichischen länderspezifischen Regelungen oder ein AMA-Datenimport der Tierliste zu wenig oder gar nicht berücksichtigt.

Im Zuge eines Forschungsprojekts wurde daher ein Vergleich von verschiedenen Farmmanagement- und Informationssystemen (FMIS) angestellt. Der Fokus lag dabei auf FMIS-Anbietern aus dem deutschsprachigen Raum.

Ein FMIS fungiert als Zentrale für alle digitalen betrieblichen und agronomischen Anwendungen und Tools eines Betriebes und dient der Vernetzung einzelner Teilkomponenten zu einem Gesamt-System, mit intelligenten Komponenten zur Entscheidungsunterstützung. Essentiell dabei ist die Integration von Daten, mit dem Ziel Prozesse und Abläufe zu automatisieren, und dadurch Zeit-, Ressourcen- und Kostenersparnis zu ermöglichen.

Es wurden wissenschaftliche Literaturrecherchen, Experteninterviews mit Vertretern diverser Anbieter, sowie Befragungen und Workshops von und mit Landwirten und Praktikern durchgeführt. Anhand von herausgearbeiteten Schlüssel-Funktionen, die im Zuge der Anforderungsanalyse in Workshops erhoben wurden, können die Systeme gefiltert und schlussendlich eine objektive Entscheidungsbasis für eine FMIS-Auswahl bereitgestellt werden. Die geforderten Funktionen wurden dabei genau beschrieben, um eine klare Betrachtung der einzelnen FMIS zu ermöglichen und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Einige zentrale Anforderungen an ein FMIS seitens der Landwirte sind jedenfalls die einfache Datenerfassung sowie Bedienbarkeit, die Einbindungsmöglichkeit Externer, eine Gewährleistung der Datensicherheit gleichwohl wie Berichte und Auswertungen als Entscheidungshilfe im Betriebsmanagement.

1. EINLEITUNG

FMIS vernetzen Daten und Maschinen am landwirtschaftlichen Betrieb zum Bauernhof 4.0. [3] Durch die fortschreitende Digitalisierung in der Landwirtschaft, etwa durch den verstärkten Einsatz von modernen Sensoren an Maschinen, werden am Feld, am Traktor oder im Stall immer mehr Daten generiert. Diese Datenmengen gilt es sinnvoll zu sog. „Smart Data“ zu vereinfachen und für den Landwirt zu nützlichen Entscheidungshilfen zu bündeln. Diese zentrale Aufgabe kann ein Farmmanagement- und Informationssystem (FMIS) vollbringen. Der Landwirt wird durch diese Entwicklungen aber jedenfalls auch mehr und mehr zum Datenmanager.[17] In der Landwirtschaft besteht derzeit aber eher das Problem, dass noch keine ordentliche Infrastruktur besteht, um die Daten überhaupt zu sammeln bzw. gesammelt zu speichern.

Ein FMIS unterstützt den Nutzer bei der Automatisierung bestimmter Abläufe, wie zum Beispiel der schlagbezogenen Aufzeichnung einzelner Maßnahmen um die gesetzlichen

Aufzeichnungsverpflichtungen einzuhalten oder der minutengenauen Zeiterfassung von Maßnahmen zur Lohnabrechnung. Durch fundierte Daten und Fakten, welche ein FMIS übersichtlich und schnell bereitstellen kann, wird der Landwirt unterstützt um seine Entscheidungen und seinen Ressourceneinsatz zu optimieren und so seinen Betrieb wirtschaftlicher und wettbewerbsfähiger zu betreiben. Die in der Vergangenheit vorherrschende „Zettelwirtschaft“ und die Nutzung eines Drehkalenders für Aufzeichnungen wird oftmals den heutigen Anforderungen nicht mehr gerecht. Dafür haben sich die rechtlichen als auch betrieblichen Rahmenbedingungen und Auflagen mit denen sich ein Landwirt heutzutage konfrontiert sieht zu stark verändert. Neben dem „Bauchgefühl“ bei Entscheidungen stellt ein FMIS dem Benutzer also fundierte Daten und Fakten und eventuell sogar Handlungsempfehlungen zur Verfügung, sodass betriebliche Entscheidungen besser gefällt werden können [15].

Ein FMIS hilft dem Landwirt dabei die Daten sinnvoll nutzen zu können. Ein Trend bei FMIS Programmen geht dahin, den gesamten Betrieb zu optimieren und nicht nur Teilbereiche. Dies wird umgesetzt, indem alles auf einer Plattform angeboten wird, von der Ackerschlagkartei, dem Tiermanager bis hin zu Lohnabrechnungen oder Berichten. Anhand der folgenden Aussage des Vorsitzenden der Gesellschaft für Informatik in der Landwirtschaft (GIL), Michael Clasen, soll der Vorteil einer ganzheitlichen Betrachtung hier kurz auf den Punkt gebracht werden. Clasen meint etwa, dass man zwar mit einer Sauenplaner-Software effizient Sauen produzieren kann, jedoch zeigt dieses Programm dem Landwirt nicht, ob es für dessen Betrieb sinnvoller wäre, eigentlich Puten zu halten.[14]

Ein Trend in der Landwirtschaft ist auch, dass eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung im Bereich der Düngung und des Pflanzenschutzes verstärkt zum Einsatz kommen wird [4] [1]. FMIS können hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten.

Dieser Artikel zeigt in den weiteren Kapiteln neben den Grundlagen für ein FMIS, ausgewählte Anforderungen und Funktionen von FMIS in der Praxis auf. Dadurch soll ein Einblick von möglichen Beiträgen eines FMIS für ein modernes Betriebsmanagement geschaffen werden.

1.1 Grundlagen

Im Folgenden werden die Grundlagen für ein FMIS und dessen Funktionsbereich erläutert.

1.1.1 **Definition FMIS**

Das erste Farmmanagement- und Informationssystem (FMIS) wurde bereits in den 1970 Jahren eingeführt mit ersten Funktionen der Aufzeichnung und operativen Planung.[12] Folgende Definitionen sollen ein besseres Verständnis für ein FMIS leisten.

Ein FMIS ist laut Ebner/Stolz [3] eine Art Zentrale für alle digitalen betrieblichen und agronomischen Anwendungen und Tools eines landwirtschaftlichen Betriebes und dient der Vernetzung einzelner Teilkomponenten zu „intelligenten Systemen“.

Boehlje/Eidman definierten 1984 ein FMIS als elektronisches Werkzeug für die Datenerfassung und -verarbeitung mit dem Ziel der Bereitstellung von potentiell wertvoller Information für Managemententscheidungen [2].

Murakami et al. definiert wesentliche Komponenten für ein FMIS, nämlich ein spezifisch Landwirt-orientiertes Design, geeignete Benutzeroberflächen, automatisierte Datenverarbeitungsfunktionen, Fachwissen und Anwendungsnutzen, standardisierte Datenkommunikation und Skalierbarkeit, sowie einen für Landwirte erschwinglichen Preis [13].

1.1.2 **Smart Farming und FMIS**

Unter Smart Farming oder Landwirtschaft 4.0 bzw. Digitalisierung in der Landwirtschaft versteht man eine Verknüpfung der Daten von Maschinen und landwirtschaftlichen Betriebsbereichen, wie Ackerbau, Tierhaltung und Ressourcenplanung. Zentrales Element ist die Verknüpfung vieler Einzeldaten, die die digitale Technik generiert, zu „Smart Data“. Durch Smart Farming können mehr relevante Parameter als bisher berücksichtigt (Satellitendaten, Wetterprognosen) werden. Die umfassende Integration von Daten aus Feld, Maschine und Stall sowie aus externen Quellen und deren Auswertung für den Betrieb sind

das Ziel von FMIS. Die Verarbeitung der Daten zielt auf eine Effizienzsteigerung der betrieblichen Ressourcen ab und betrifft die Managementebene eines landwirtschaftlichen Betriebes.

Um einen besseres Verständnis für die Unterscheidung der Begriffe Smart Farming und Precision Farming zu erhalten, gilt es das 4-Ebenen Modell von Dr. Jürgen Karner (Josephinum Research) in *Abbildung 1* zu beachten.

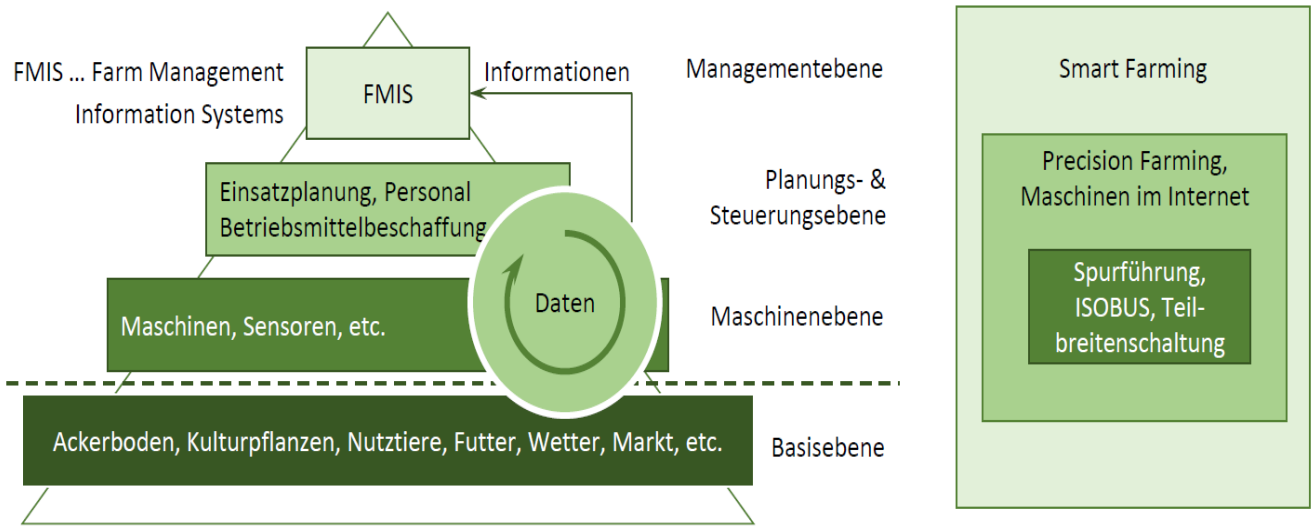


Abbildung 1: 4-Ebenen Modell nach J. Karner (Josephinum Research)

Die vier Ebenen des Modells sind die Basisebene, die Maschinenebene, die Planungs-und Steuerungsebene und die Managementebene. Es wird aus *Abbildung 1* ersichtlich, dass Precision Farming einen Teilbereich von Smart Farming darstellt und im Bereich der Planungs- und Steuerungsebene angesiedelt ist. Smart Farming betrifft im Vergleich dazu jedoch die Managementebene. Der Begriff Precision Farming umfasst neben der Teilflächenbewirtschaftung auch die Bereiche automatische Datenerfassung, Flottenmanagement und Feldrobotik [18]. Aus der Verknüpfung der Daten über das FMIS aus der Basisebene, Maschinenebene und der Planungs-und Steuerungsebene können die Daten für den Landwirten zu einem Mehrwert für sein Management verarbeitet werden. Precision Farming im Vergleich ermöglicht unter Zuhilfenahme von neuen Technologien (Global Navigation Satellite System GNSS, Geographic Information System GIS) landwirtschaftliche Verfahren wie z. B. Aussaat, Düngung oder den Pflanzenschutz individuell auf die Unterschiede innerhalb eines Feldes abzustimmen. Dazu ist die Ermittlung der erforderlichen Ausbringmenge mittels Sensorik in Abhängigkeit der lokalen Ertragsfähigkeit des Bodens notwendig. Die von den verschiedenen Sensoren und Maschinen zur Verfügung gestellten Informationen können auch visualisiert werden (z. B. in Form einer interaktiven Karte) und über ein FMIS anschließend weiter genutzt werden. Auf diese Informationen kann sich der Landwirt in seiner fachlichen Interpretation und Handlungsableitung stützen.

1.2 Elf übergeordnete Funktionsbereiche eines FMIS

Eine Studie von Fountas et. al. [12] aus dem Jahr 2015 hat 141 FMIS von 75 verschiedenen Anbietern auf der ganzen Welt analysiert und dabei elf übergeordnete Funktionsbereiche von FMIS erhoben, welche am Markt von FMIS-Anbietern abgedeckt werden. Die übergeordneten Funktionsbereiche zeigen ein umfassendes Spektrum der möglichen Funktionen eines FMIS an und werden in der folgenden *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: übergeordnete Funktionsbereiche eines FMIS

Nr.	Funktionsbereich	Beschreibung
1	Ackerschlagkartei	Dient der Aufzeichnungen sämtlicher Maßnahmen am Betrieb und pro Schlag.
2	„best-practice“ Funktion	Den Landwirten werden bewährte Praktiken, Standards, hypothetische Szenarien oder eine Ertragsschätzung bei der Maßnahmenauswahl vorgeschlagen.
3	Finanzmanagement	Ermittlung der Kosten pro Maßnahme und Mitarbeiter, um Vergleiche anstellen zu können.
4	Warenmanagement	Diese Funktion ermöglicht eine Überwachung und ein besseres Management aller produzierten Güter oder Hauptbetriebsmittel am landwirtschaftlichen Betrieb.
5	Nachverfolgbarkeit	Dadurch wird eine Kontrolle und Nachverfolgbarkeit (Transparenz) jedes einzelnen Schlages und Produktes möglich, welche im Rahmen der Vermarkung als Argument für ein Produkt eingesetzt werden kann.
6	Berichte und Auswertungen	Dies ist ein in der Praxis zentraler Funktionsbereich und umfasst Berichte und Auswertungen von sämtlichen Maßnahmen, Planungsberichten oder Arbeitsinstruktionen. In diesen Bereich fallen auch jene Auswertungen und Berichte die vom FMIS bereitgestellt werden können, welche bei „Vor-Ort“-Kontrollen vorgelegt werden müssen.
7	ortspezifisches Management	Auch also teilflächenspezifisches Management bezeichnet unterstützt den Landwirt mittels Applikationskarten bei Aussaat, Dünge- oder Pflanzenschutzmaßnahmen.
8	Verkaufsmanagement	Darunter werden etwa das Auftragsmanagement mit Bestellungen, das Management der Verpackung und Verrechnung sowie der Transport der Ware verstanden.
9	Maschinenmanagement	Hierunter können detaillierte Aufzeichnungen des Maschineneinsatzes und der jeweiligen Kosten, sowie das Flottenmanagement subsumiert werden.
10	Personalmanagement	Einsatzplanung der Mitarbeiter für eine gewisse Zeit und einen gewissen Ort. Dies anhand eines strukturierten Prozesses der überwacht werden kann.
11	Qualitätsmanagement	Ermöglicht ein Monitoring und eine Evaluation der Maßnahmen, unter Berücksichtigung rechtlicher Standards.

1.3 Elf Anforderungen an eine Ackerschlagkartei

Um ein besseres Verständnis für ein FMIS zu gewinnen, gilt es auch die Anforderungen an eine Ackerschlagkartei zu kennen, die ein zentrales Element vieler FMIS ist. Das allgemeine Ziel einer Ackerschlagkartei liegt in der Dokumentation aller schlagbezogenen Maßnahmen, FMIS gehen jedoch weit über diese Grundfunktion hinaus.

Im Folgenden wird auf elf wesentliche Aspekte einer Ackerschlagkartei eingegangen, welche die Basis für wesentliche Funktionen und damit Beiträge für einen FMIS-Nutzer darstellen sollen. Diese Zusammenstellung gründet auf den Ausführungen und Tipps von M. Puhlmann [16] zur Unterstützung bei der Auswahl einer Ackerschlagkartei, welche in der folgenden *Tabelle 2* aufgezeigt werden.

Tabelle 2: Anforderungen an eine Ackerschlagkartei

Nr.	Anforderung	Beschreibung
1	Datenerfassung	Das wichtigste Kriterium bei der Auswahl einer Ackerschlagkartei ist die einfache Datenerfassung. Der Aufwand der Dokumentation sollte so gering wie möglich sein. Je mehr automatisch erfasst wird desto weniger muss händisch eingepflegt werden. Die Daten sollten in Echtzeit an die Ackerschlagkartei gesendet werden, sodass automatisch und schlagspezifisch dokumentiert wird und somit alle Cross-Compliance relevanten Daten erfasst sind. Ein solches System sollte die Funktion besitzen, dass, wenn ein und dieselbe Maßnahme auf mehreren Schlägen durchgeführt wird, in einem Schritt die Dokumentation für mehrere Schläge möglich ist. Dies erfolgt entweder durch die Auswahl der Schläge bei der Maßnahmenbuchung oder per GPS-Position während der Arbeit, womit die durchgeführte Maßnahme automatisch dem richtigen Schlag zugeordnet wird.
2	Bedienung	Zweitwichtigstes Kriterium ist die einfache Bedienung. Diese muss selbsterklärend und übersichtlich sein. Der Funktionsumfang des Systems muss an den Nutzer angepasst werden können. Das heißt, ein Anfänger sollte mit weniger Funktionen konfrontiert werden als ein Profi oder Berater. Die einfache Bedienung spielt vor allem bei saisonalen Mitarbeitern eine Rolle. Eine wochenlange Pause bei der Bedienung des Systems darf kein Problem darstellen, sodass ein Nutzer „kinderleicht“ weiterarbeiten kann und sich nicht wieder stundenlang einarbeiten muss.
3	Datensicherheit	Dritter zentraler Aspekt einer Ackerschlagkartei betrifft die Datensicherheit. Diese muss so sicher sein wie beim Online-Banking und daher eine SSL-Verschlüsselung (https://) aufweisen. Neben der Verschlüsselung und Einhaltung europäischer Datenschutzstandards kommt auch dem Serverstandort eine wesentliche Bedeutung zu. Um Ausfälle möglichst zu vermeiden, sollten zumindest zwei Serverstandorte die Regel sein.
4	Zugriffsrechte	Viertes Kriterium betrifft die Zugriffsrechte und die Einbindungsmöglichkeit Externer in das System. Zunächst muss die Einbindung in das System einfach und unkompliziert möglich sein. Dies wird über ein sog. „rollenbasiertes Zugriffsystem“ realisiert, wodurch der Betriebsleiter genau bestimmen kann, wer welche Daten sehen, verwalten und bearbeiten darf.
5	Arbeitszeiterfassung	Diese sollte minutengenau sowie schlag und maßnahmenbezogen möglich sein und im Endeffekt so genau sein wie eine Stempeluhr. Aufgrund dieser genauen Arbeitszeiterfassung kann sodann auch die Lohnabrechnung erstellt werden.
6	„Smart Data“	Bei der Auswahl einer Ackerschlagkartei ist auf die Bereitstellung von nützlichen Informationen für Entscheidungen, sog. „Smart Data“ anstatt „Big Data“, zu achten. Denn um konkrete Handlungsempfehlungen aus den Daten ableiten zu können, müssen diese einfach aufbereitet und verständlich sein. Diese bereitgestellten „Smart Data“ helfen Sparpotentiale aufzuzeigen und Kostenfresser zu identifizieren.
7	Stammdaten-Import	Der einfache Import und die Aktualisierung der Stammdaten ist eine wichtige Arbeitserleichterung. Die Betriebsdaten und sonstigen vorgefertigten Betriebsmittellisten müssen nicht einzeln eingegeben und kontrolliert werden, sondern können im Idealfall über eine Schnittstelle ins System eingepflegt und aktualisiert werden. Derzeit jedoch fehlt in den meisten Fällen eine solche Schnittstelle etwa zu Institutionen wie der Agrarmarkt Austria (AMA) oder der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES). Zu berücksichtigen ist, dass je genauer die Stammdaten, also Betriebsdaten, Schläge, Betriebsmittellisten etc., geführt werden, auch die Ergebnisse umso aussagekräftiger werden.
8	Unterstützung	Hierunter ist etwa eine Servicehotline oder ein persönlicher Betreuer zu verstehen, den der Landwirt anrufen oder welcher auf dessen Hof Vor-Ort

	nach dem Kauf	kommen kann. Einige Systeme bieten auch eine Fernwartung an, womit der Kundendienst über eine Fernwartungssoftware (z. B. Teamviewer) auf das System des Landwirts zugreifen kann und neben einem akustischen auch einen visuellen Support geben kann. Für Spezialisten oder Berater wird ein Handbuch für das System nützlich sein, wohingegen für den Anfänger ein solches nicht zwingend notwendig sein sollte, da das System einfach und intuitiv aufgebaut sein sollte.
9	Sonderkonditionen	Als neuntes Kriterium sind Sonderkonditionen beim Kauf zu beachten, also ob es eine Vorführung, Rabatte oder sogar eine Geld zurück Garantie gibt.
10	Updates	Das System sollte immer am neuesten Stand laufen. Hier müssen jedoch auf allfällige Update-Kosten geachtet werden.
11	Zusatzfunktionen	Bietet der Anbieter etwa weitere Module an, um die das System erweitert werden kann. Dies kann zum Beispiel ein Modul für die Viehhaltung betreffen.

2. AUSGEWÄHLTE FMIS ANFORDERUNGEN UND FUNKTIONEN AUS DER PRAXIS

2.1 Allgemein

Wir betrachten im Folgenden ausgewählte FMIS-Anforderungen, also allgemeine Systemanforderungen die nicht mit den Funktionen eines FMIS gleichzusetzen sind. Im Abschnitt 2.3 werden wir auf die konkreten Funktionen eines FMIS eingehen, welche dem Landwirt bei seiner Managementtätigkeit unterstützen können. Es gilt daher in diesem Artikel FMIS-Anforderungen und FMIS-Funktionen zu unterscheiden. FMIS-Anforderungen bzw. nicht-funktionale FMIS Anforderungen, wie etwa das Preismodell, die Systemstruktur oder die gewählte Softwaresystemlösung werden im Folgenden Abschnitt 2.2 erläutert.

2.2 Ausgewählte FMIS-Anforderungen

2.2.1 Systemstruktur - Gesamtversion vs. Modulbauweise eines FMIS

Es können am Markt im Wesentlichen zwei Systemstrukturen unterschieden werden. Die erste Systemstruktur beinhaltet ein vollumfängliches Gesamtpaket, mit allen Funktionen die der FMIS-Anbieter derzeit im Programm hat. Da es sich um ein Gesamtpaket handelt, können für den Nutzer neben unerlässlichen Funktionen aber auch für ihn weniger wichtige Funktionen mitumfasst sein, welche der Nutzer nicht immer nutzen wird, aber trotzdem dafür zahlt.

Die zweite Systemstruktur betrifft die Modulbauweise oder Bausteinstruktur. Neben einem Basismodul mit den wichtigsten Basisfunktionen, wie etwa der Stammdatenverwaltung und der Anbauplanung, gibt es weitere optional käufliche Zusatzmodule. Der Landwirt kauft nach Bedarf für ihn interessante Module bzw. Funktionalitäten. Jedes einzeln gebuchte Modul wird dabei separat verrechnet.

2.2.2 Softwaresystemlösungen

Die Softwaresystemlösungen können in Bezug auf das Datenmanagement in drei Gruppen unterteilt werden. [19]

Erstens dem klassischen Programm für Computer oder Tablet ohne zwingende Onlineanbindung. Der Datenaustausch erfolgt über manuelle Eingabe oder Jobrechner Datei-Import via USB oder SD-Card. Die zweite Gruppe betrifft die webbasierten Online-Anwendungen (Web-Applikation bzw. Web-App). Bei dieser Variante ist eine ständige Internetverbindung erforderlich, da die Web-App im Internetbrowser ausgeführt wird. Die dritte Gruppe ist eine Kombination der beiden anderen und wird

als hybride Softwarelösung bezeichnet. Das heißt, zwischen der Desktop-Anwendung und mobilen Endgeräten werden Daten über die Internetverbindung auf einen zentralen Server synchronisiert und

stehen mobilen Endgeräten (Smartphone, Tablet) über die Web-Applikation oder in einer App zur Verfügung. Auch ohne dauerhafter Internetverbindung können Daten erfasst und später, wenn eine Internetverbindung wieder zur Verfügung steht, über den Server synchronisiert werden.

2.2.3 **Preismodelle**

Welche Kosten mit einem FMIS verbunden sind und welche Preismodelle geboten werden, ist ebenso Bestandteil der FMIS-Anforderungen.

Es können entweder Pauschalbeiträge eingehoben oder Kosten gemäß Betriebsgröße pro Hektar (ha) und Zeiteinheit (Monat/Jahr) verrechnet werden. Pauschalbeiträge sind unabhängig von der Betriebsgröße und werden pauschal pro Modul oder FMIS verlangt.

Es gibt verschiedene Preismodelle, wobei vermehrt auf den Lizenzerwerb eines FMIS seitens der FMIS-Anbieter gesetzt wird. Vorteil der Lizenz im Bereich der webbasierten Online-Anwendungen ist etwa, dass der FMIS-Anbieter Updates völlig unabhängig vom Endbenutzter machen kann und diese auch kostenlos zur Verfügung stellt.

In Bezug auf die Modulbauweise (2.2.1) eines FMIS, welches hektarbezogen verrechnet wird, gibt es verschiedene Varianten wie das Preismodell konkret aussehen kann. Ein Beispiel kann sein, dass das Grundmodul mit Ackerschlagkartei kostenlos ist und die einzeln und individuell dazu buchbaren Module pro Hektar und Jahr verrechnet werden. Die kostenpflichtigen Module können monatlich kündbar sein, wobei die Möglichkeit bestehen kann, das jeweilige Modul für einen begrenzten Zeitraum unverbindlich und kostenlos zu testen.

2.3 Ausgewählte FMIS-Funktionen aus der Praxis

2.3.1 **Anbauplanung**

Im Rahmen der Anbauplanung ist eine korrekte und vollständige Anbauplanung für das Folgejahr auf Schlagebene im FMIS möglich. Dabei werden idealerweise Vorjahresdaten vom FMIS berücksichtigt und der Landwirt kann sich in einer Historie ansehen, was auf welchen Schlag bisher angebaut wurde. Im Rahmen der Anbauplanung wird von einigen FMIS auch zugleich eine Nährstoffkontrolle der Anbauplanung vollzogen, sodass der Landwirt die Grenzen der Nähstoffversorgung im Überblick behält.

Im FMIS AgrarCommander [5] wird neben dieser soeben beschriebenen Anbauplanung auch eine sog. „Live-Prüfung“ der eingegebenen Daten vollzogen. Das heißt, dass das FMIS dem Landwirt bereits nach der Eingabe der gewünschten Maßnahme oder Planung ein Prüfergebnis anzeigt, ob seine Eingabe richtig oder korrekturbedürftig ist. Damit können Eingabefehler bereits in einem sehr frühen Stadium vermieden werden.

Anhand der folgenden Grafik (*Abbildung 2*) soll die Anbauplanung des FMIS AgrarCommander [5] dargestellt werden.

Abbildung 2: FMIS AgrarCommander - https://agrarcommander.moneysoft.at/agrar

Neben einer tabellarischen Darstellung gibt es FMIS, welche auch eine geografische Darstellung der Schläge bereitstellen. Über diese geografische Darstellung können die Feldstücke und Schläge, wie über das INVEKOS-GIS der AMA, geteilt, zusammengelegt oder Grenzen neu eingezeichnet bzw. geändert werden. Die folgende Grafik (*Abbildung 3*) soll diese Darstellungsweise anhand des FMIS Next Farming [8] aufzeigen.

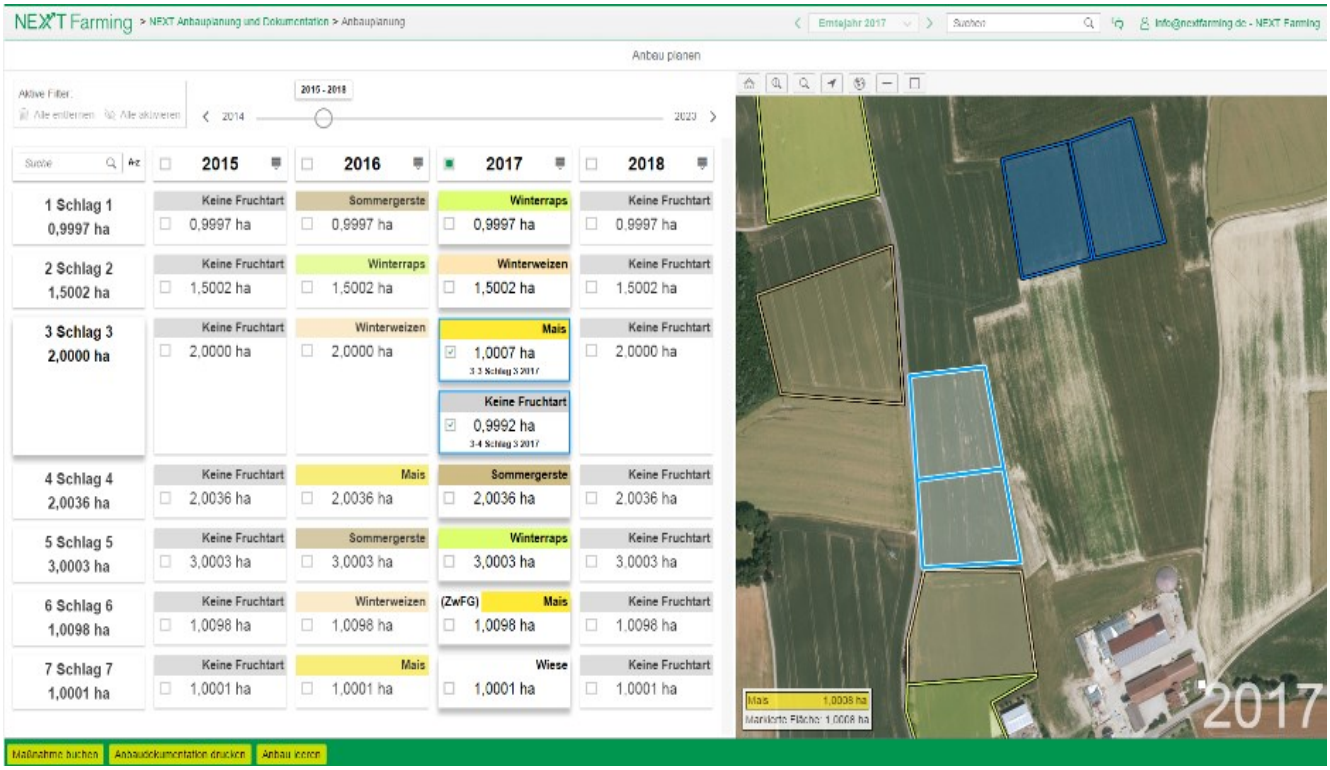


Abbildung 3: FMIS Next Farming - https://www.nextfarming.de/

2.3.2 **Dokumentation**

Unter Dokumentation allgemein im FMIS ist die Erfassung, Umbuchung und das Speichern der getätigten Maßnahme pro Schlag bzw. Feldstück zu verstehen. Es können dadurch Berichte zur Planung, laufend (zur Kontrolle) und am Ende des Jahres erstellt werden. Die Dokumentation kann am PC, oder auf einem mobilen Endgerät erfolgen und umfasst sämtliche Betriebsbereiche, wie Bodenbearbeitung, Anbau, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte, sowie allgemeine Managementmaßnahmen.

Die Eingabe der Daten in das FMIS für eine vollständige Dokumentation kann bei einigen FMIS auch automatisiert erfolgen. Bei der automatischen Aufzeichnung gibt der Nutzer die Maßnahme ein, aktiviert das GPS und die Aufzeichnung und die Dokumentation startet. Die Dokumentation von Arbeitsabläufen erfolgt also automatisch und mobil mit dem Handy oder Tablet. Wenn der Landwirt quasi vom Traktor am Ende des Tages absteigt ist die Aufzeichnungsverpflichtung erfüllt, und er muss nicht noch handschriftliche Notizen auf Papier machen oder etwas in das FMIS eintippen. Der Landwirt kontrolliert die automatisch aufgezeichneten Daten und bestätigt nur mehr deren Richtigkeit oder nimmt Anpassungen vor.

Als Beispiel für diese Funktion der automatischen Dokumentation soll das FMIS FarmDok [6] dienen (*Abbildung 4*).

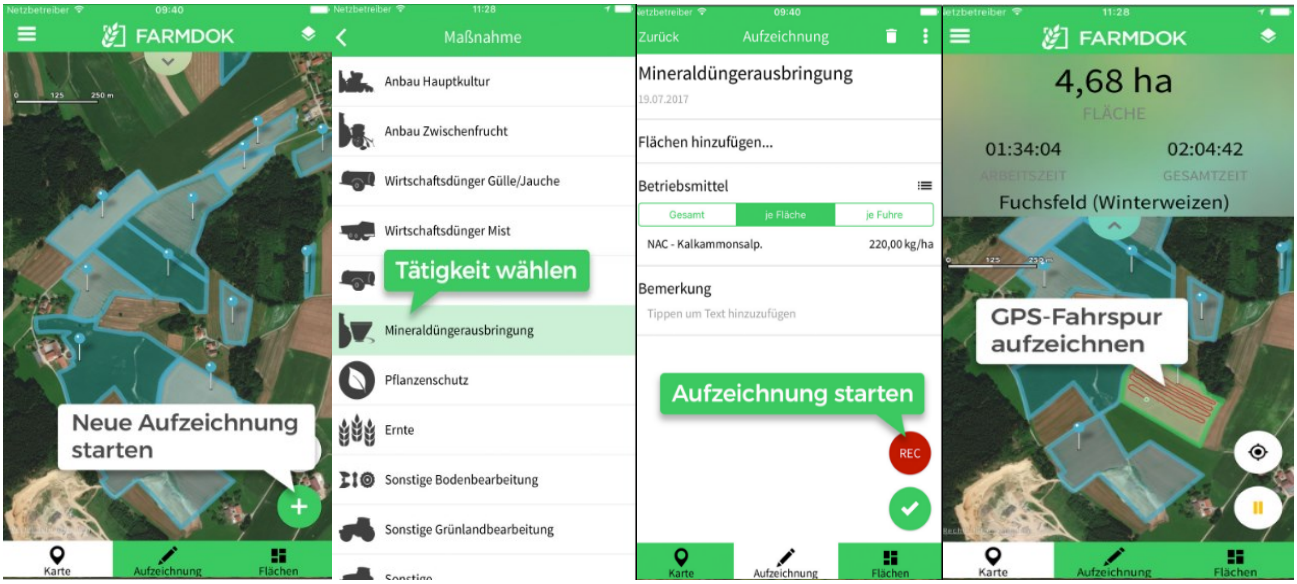


Abbildung 4: FMIS FarmDok - https://www.farmdok.com/

2.3.3 **Dünge- und Pflanzenschutzplanung**

In einigen FMIS ist eine Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmenplanung möglich. Im Rahmen von Berichten und Auswertungen können die dokumentierten Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen und deren Mengen ausgedruckt und bei etwaigen „Vor-Ort“ Kontrollen vorgezeigt werden. Wichtig ist darauf zu achten, dass der FMIS-Anbieter, neben den Cross-Compliance Vorschriften, auch die landesspezifischen Vorschriften, wie etwa das Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) oder Greening, berücksichtigt. Einige FMIS ermöglichen auch die Erstellung von Applikationskarten, um Betriebsmittel teilflächenspezifisch auszubringen.

Die beispielhafte Darstellung einer Applikationskarte für die Düngung ist in *Abbildung 5* dargestellt (FMIS Next Farming [8]). Dabei werden jene Zonen im Schlag herausgearbeitet und grafisch dargestellt, wo mehr oder weniger gedüngt werden soll. Die angezeigte Applikationskarte gibt etwa die Information, dass in den dunkleren Bereichen des Schlages (Mitte des Bildes) mehr gedüngt werden soll als an den Randbereichen, weil die Zonen in der Mitte ertragreicher sind.

Abbildung 5: FMIS NextFarming - https://www.nextfarming.de/

Als Beiträge eines FMIS im Pflanzenschutzbereich sollen hier noch zwei FMIS-Angebote aufgezeigt werden. Einerseits der „Agrimentor“ des FMIS „myfarm24.de“ von HELM und anderseits der Baustein „ISIP-Septora-Prognose“ des FMIS „365 FarmNet“. Der Agrimentor prüft bei der Planung und direkt vor der Ausbringung auf Knopfdruck, ob die vom Landwirt vorgesehene Mischung auf dem Schlag zulässig ist und ob Abstandsauflagen vorhanden sind. Gewässer werden automatisch erkannt und die Schutzzonen im Luftbild auch angezeigt. [7] Der von 365 FarmNet angebotene Baustein der „ISIP-Septoria-Prognose“ dient bei Winterweizen zur Vorbeugung von Pilzbefall mit Septoria tritici. Der Nutzer erhält über das FMIS täglich eine schlagspezifische Berechnung der möglichen Infektionsgefahr. Quadratkilometergenau wird auf Basis aktueller Witterungsdaten das optimale Datum für Pflanzenschutzmaßnahmen bereitgestellt. Auch die Anfälligkeit der jeweiligen Weizensorte wird dabei berücksichtigt. Weiters weist das System darauf hin, wann auf den oberen Blattetagen Septoria-Läsionen zu sehen sein müssten. Damit kann ein verfrühtes bzw. zu spätes Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln im Winterweizen vermieden werden. [11]

2.3.4 **Arbeitszeiterfassung**

Im Rahmen der Funktion „Zeiterfassung“ können die Zeiten von Maßnahmen digital erfasst. Einige FMIS ermöglichen per App und dem Einsatz von GPS eine minutengenaue Aufzeichnung pro Maßnahme und Mitarbeiter. Diese Zeitaufzeichnung kann auch als Basis für Lohnabrechnungen oder sonstige Auswertungen im FMIS herangezogen werden.

In *Abbildung 6* wird diese Funktion anhand des FMIS Trecker.com [10] dargestellt. Neben einer Aufschlüsselung der Zeiten in Rüst-, Fahr-, und Feldzeit pro Maßnahme und Mitarbeiter, werden auch die Kosten pro Maßnahme aufgeschlüsselt. Diese Daten werden dem Nutzer auch grafisch, in Form von Balken, dargestellt.

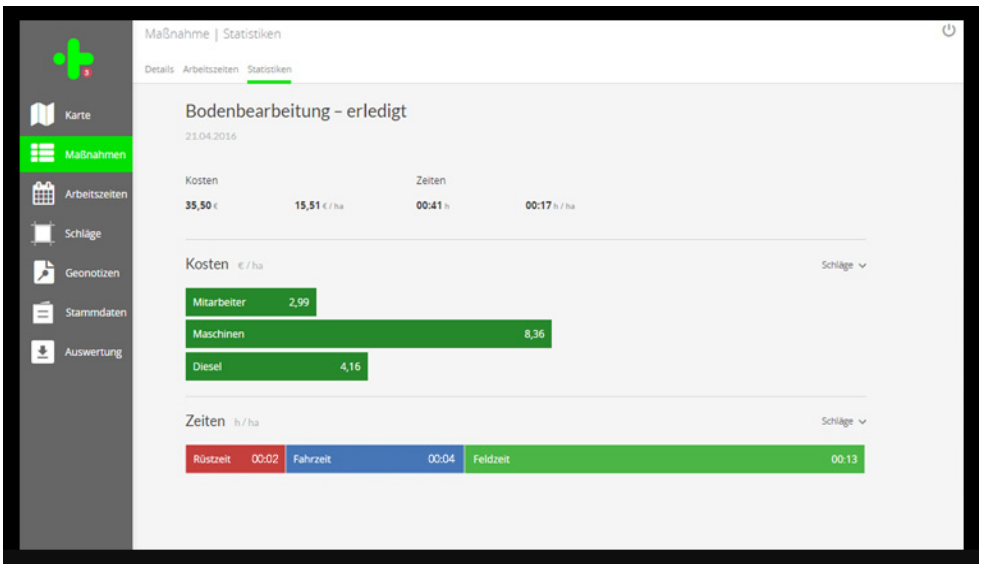


Abbildung 6: FMIS Trecker.com - https://www.trecker.com/

2.3.5 **Sammelbuchungen, Vorlagen und „rollenbasiertes Zugriffsystem“**

Um den praktischen Nutzen eines FMIS zu verbessern, ist sind bei Mehrfacheingaben Sammelbuchungen nützlich. Wird eine bestimmte Maßnahme etwa auf mehreren Schlägen vorgenommen, so ist es durch die Sammelbuchung möglich, durch die Auswahl der gewünschten Schläge zur Maßnahme, diese auf einmal einzugeben. Ein mehrmaliges Eingeben derselben Maßnahme ist somit nicht notwendig. Um wiederkehrende Eingaben nicht immer neu in das FMIS eingeben zu müssen, können neben Sammelbuchungen bei einigen FMIS auch wiederkehrende Vorlagen, etwa für bestimmte Schlaggrenzen, erstellt und abgespeichert werden. Eine einmal abgespeicherte Vorlage für eine bestimmte Schlagform, kann von den Landwirten im Bedarfsfall dann einfach übernommen werden und er muss diese nicht noch einmal einzeichnen. Diese grafischen Vorlagen setzen natürlich voraus, dass das FMIS eine grafische Darstellung der Schläge bereitstellt. Denn nur eine grafische Darstellung der Schläge ermöglicht es dem Nutzer, die Schlaggrenzen GIS basiert einzuzeichnen und abzuspeichern.

Neben der Erleichterung der Eingaben in das FMIS durch Sammelbuchungen und wiederkehrenden Vorlagen ist eine weitere Funktion das sog. „rollenbasierte Zugriffsystem“. Dieses sog. „rollenbasierte Zugriffsystem“ braucht es etwa, wenn neben dem Betriebsleiter auch andere Personen (Mitarbeiter, externe Dienstleister, Berater) gewisse Informationen im FMIS sehen oder verwalten können sollen. Der Betriebsleiter bestimmt durch diese Funktion, welche Daten die jeweilige Person sehen, verwalten und bearbeiten darf. Dadurch können Aufträge an bestimmte Personen verteilt und anschließend die Ergebnisse genau zugeordnet werden.

2.3.6 **Agrar-Navi und Wetterdaten**

In der Praxis kann es immer wieder vorkommen, dass betriebsfremde Personen Maßnahmen durchführen, wie Saisonarbeitskräfte oder Lohnunternehmer, welche die zu bearbeitenden Schläge nicht genau kennen. Zudem kann es auch vorkommen, dass benachbarte Schläge fast identisch aussehen, aber unterschiedlichen Betrieben zuzuordnen sind. Um das Auffinden des richtigen Schlages zu gewährleisten und eine Verwechslungsgefahr von Schlägen auszuschließen, bieten einige FMIS die Funktion eines „Agrar-Navi“ an, also ein Navigationssystem, welches dem Fahrer über das FMIS den genauen Weg, Entfernung und Wegzeit hin zum Schlag am Smartphone oder Tablet anzeigt.

Abbildung 7 zeigt das Agrar-Navi im FMIS ProFlura [9]. Das FMIS ProFlura bietet darüber hinaus (rechte Grafik) auch die Möglichkeit, eine Reihenfolge (1, 2, 3, ...) der zu bearbeitenden Schläge festzulegen und dies auch grafisch darzustellen.

Neben dem Agrar-Navi kann ein FMIS auch einen Beitrag bei der Bereitstellung von aktuellen und lokalen Wetterdaten leisten. So bietet etwa das soeben erwähnte FMIS ProFlura [9] seinen Nutzern auch aktuelle regionsbezogene Wetterdaten an. Ziel einer solch angebotenen Funktion im FMIS ist, dass der Landwirt Schönwetterphasen besser ausnützen kann.

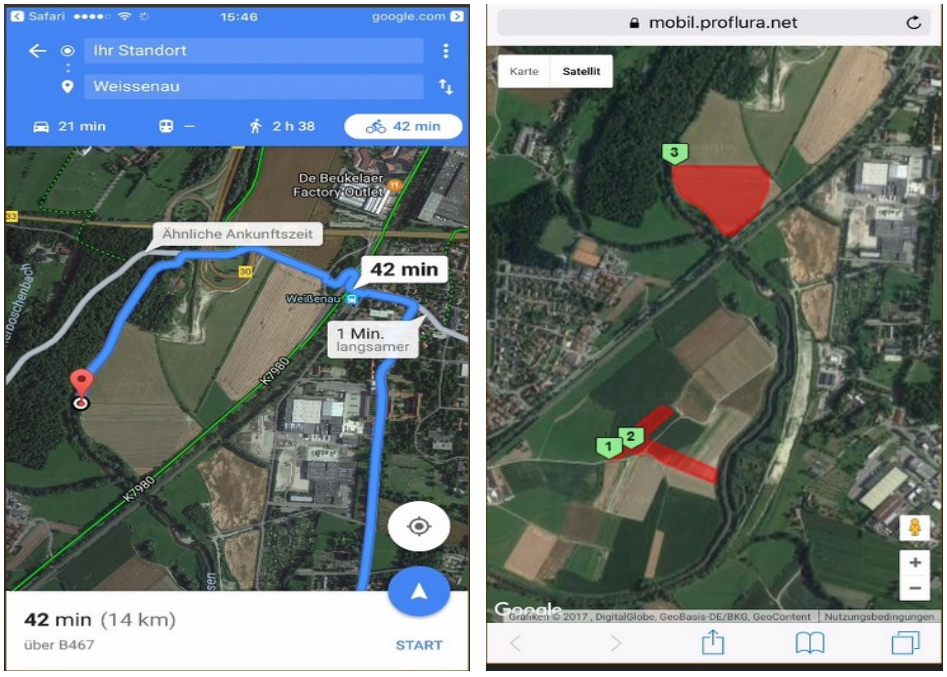


Abbildung 7: FMIS ProFLura - https://www.proflura.de/

2.3.7 **Herdenmanagement**

Neben den Funktionen eines FMIS für die Außenwirtschaft eines landwirtschaftlichen Betriebes, bieten einige FMIS auch für die Innenwirtschaft ein Herdenmanagement an oder sind gänzlich auf das Herdenmanagement fokussiert. Ein FMIS für die Innenwirtschaft unterstützt den Landwirt beim Managen seiner Herde, also beim Verwalten, Dokumentieren und Überwachen sämtlicher tierbezogener Aktionen. Die Kernpunkte eines Herdenmanagementsystems sind jedenfalls die Bestandsverwaltung sowie die Steuerung der täglichen Arbeitsorganisation in der Herde [20]. Das Herdenmanagement kann bei einigen Anbietern durch eine App per Smartphone oder Tablet im Stall abgerufen werden. Dadurch können etwa zu meldende Kälber mobil in das System gebucht werden. Der Funktionsumfang heutiger Programme ist jedenfalls groß und reicht von der automatischen Meldung von Zu- und Abgängen, der Dokumentation (etwa über verabreichte Medikamente etc.), über die tierindividuelle Fütterung bis hin zum Controlling.

2.3.8 **Berichte und Auswertungen**

Ein zentraler Beitrag eines FMIS im Betriebsmanagement liegt für den Landwirt in den Berichten und Auswertungen. Ein FMIS kann Berichte und Auswertungen zur Verfügung stellen, welche das Betriebsmanagement unterstützen und welche der Landwirt ohnehin aufgrund von gesetzlichen Aufzeichnungsverpflichtungen parat haben muss. Im Rahmen einer Vor-Ort Kontrolle kann ein Landwirt die geforderten Unterlagen aus dem FMIS ausdrucken und dem Kontrollorgan vorlegen. Dadurch, dass sämtliche Unterlagen elektronisch und in einem System gespeichert sind, sind Informationen schnell und einfach abrufbar.

Berichte und Auswertungen helfen den Landwirten durch „Daten und Fakten“ betriebliche Entscheidungen fundierter zu treffen. Dies unter anderem durch betriebswirtschaftliche Kennzahlen oder schlicht durch eine bessere Übersicht über den Betrieb. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang jedoch auch, dass das gewählte FMIS nur dann einen verwertbaren Beitrag leisten wird, wenn dieses auch die jeweiligen länderspezifischen Regelungen berücksichtigt. Ein FMIS aus österreichischer Sicht muss daher die länderspezifischen Regelungen (z. B. ÖPUL) berücksichtigen, um Landwirten korrekte und damit nutzbare Ergebnisse liefern zu können.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ein FMIS kann das Betriebsmanagement der Landwirte durch verschiedene Funktionen wesentlich unterstützten und geht weit über eine reine Dokumentationsfunktion hinaus. Der erste zentrale Beitrag eines FMIS stellt aber die Dokumentation der betrieblichen Maßnahmen dar. Die digitale Erfassung von Daten in ein FMIS erleichtert den Nachweis von gesetzlich geforderten Aufzeichnungsverpflichtungen.

Ein FMIS leistet auch einen wesentlichen Beitrag im Betriebsmanagement von Landwirten, indem eine Gesamtbetrachtung des landwirtschaftlichen Betriebes jederzeit schnell und einfach möglich ist. Der Landwirt trifft Entscheidungen nicht mehr nur nach seinem Bauchgefühl, sondern auch durch die vom FMIS bereitgestellten Daten und Fakten. Die Entscheidungsbasis von Landwirten wird daher durch den Einsatz eines FMIS verbessert. Ein FMIS ersetzt jedoch nicht die notwendigen landwirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Kenntnisse eines Landwirtes. Denn ein aus dem FMIS gezogener Nutzen hängt stark davon ab, welche Daten vom Betriebsleiter in das FMIS eingeben wurden und wie die Ergebnisse anschließend auch interpretiert werden. Durch die Nutzung eines FMIS lernt der Landwirt seinen Betrieb besser kennen und kann diesen wiederrum besser steuern.

Neben grundlegenden Funktionen wie der Anbauplanung oder der Dünge- und Pflanzenschutzplanung, kann ein FMIS den Nutzer durch weitere hilfreiche Funktionen unterstützen. Zu beachten gilt es jedoch bereits in Hinblick auf Auswertungen und Berichte, dass das FMIS, aus österreichischer Sicht, die länderspezifischen rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Durch die Optimierung des Logistik- und Betriebsmitteleinsatzes können Kosten gesenkt werden. Ein FMIS hilft nicht nur betriebsspezifisch sondern auch überbetrieblich effizienter und umweltschonender zu arbeiten. Sowohl für den Landwirt als auch für den Lohnunternehmer kann ein FMIS einen Mehrwert generieren, indem Abläufe automatisiert werden.

Der Beitrag einer schnelleren Bereitstellung von Informationen und der besseren Datenaufbereitung durch Berichte und Auswertungen eines FMIS führen auch zu effizienteren Betriebsberatungen, da ein mühsames zusammensuchen von Informationen nicht notwendig ist. Eine bessere Datengrundlage hilft Schwachstellen des Betriebes, also etwa „Kostenfresser", schneller aufzudecken und Änderungen vorzunehmen. Ein Vergleich mit anderen ähnlichen Betrieben mit FMIS wird erleichtert. Ein Benchmarking mit den vergleichbar besten Betrieben kann die eigene Betriebsführung unterstützen. Ein FMIS erleichtert auch hier die Vergleichbarkeit von Daten.

Sowohl in der Außenwirtschaft als auch in der Innenwirtschaft leisten FMIS einen Beitrag. Durch die Bereitstellung eines Herdenmanagementsystems wird der Landwirt bei der Arbeit im Stall unterstützt. Ziel muss es in Zukunft sein, die vielen vorhandenen Softwaresystem-Insellösungen in der Innenwirtschaft besser miteinander zu vernetzen, damit ein FMIS Landwirte beim Management bestmöglich unterstützen kann.

Neben den hier aufgezeigten Beiträgen beim Einsatz eines FMIS besteht derzeit in der Praxis ein wesentliches Hindernis der Digitalisierung im Bereich des reibungslosen Datenaustausches zwischen verschiedenen Anbietersystemen und/oder Institutionen. Es bedarf vermehrter Schnittstellen in diesem Bereich, welche jedoch voraussetzen, dass auch die Daten einheitlichen Formaten folgen. Diese gewünschte Standardisierung von Schnittstellen und Formaten hat den Vorteil, dass die Daten einfacher ausgetauscht werden können, jedoch ist dabei auch zu berücksichtigen, dass sich jeder Entwickler und Nutzer schließlich auch an diesen einen Standard halten muss.

Welchen Beitrag ein FMIS für das moderne Betriebsmanagement leisten kann, soll schlussendlich anhand des folgenden sinngemäßen Zitats von Novkovic et. al. [15] unterstrichen werden: „Aufgrund des höheren finanziellen Gefahrenpotentials, größerer interner als auch externer Komplexität der Agrarwirtschaft, sind fundierte Entscheidungen überlebenswichtig. Ein ausgereiftes FMIS kann hier einen wesentlichen Beitrag durch bessere Managemententscheidungen leisten."

4. QUELLENVERZEICHNIS

[1] *BACH, H.* (2014): Big Data für die Landwirtschaft – TalkingFields; Online: https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lel/Abteilung_1/Landinfo/Landinfo_extern/02_14/Dr.%20Heike%20Bach.pdf?attachment=true., Stand: 06.12.2017.

[2] *BOEHLJE/EIDMAN* (1984): Farm Management; Agricultural Systems 18 (1), 61-65.

[3] *EBNER, STOLZ* (2016): Forecast Studie Smart Farming - Gegenwart und Zukunft der Landwirtschaft; Online: https://www.ebnerstolz.de/de/forecast-studie-smart-farming-99889.html, Stand: 01.12.2017.

[4] *FLEISCHMANN, M.* (2017*):* Als die Felder sprechen lernten - Satellitenkarten bahnen den Weg zur digitalen und nachhaltigen Landwirtschaft, DLR Countdown Newsletter Nr 33, 1/2017. Online: http://www.vista-geo.de/als-die-felder-sprechen-lernten/, Stand: 01.12.2017.

[5] FMIS AgrarCommander, Online: https://agrarcommander.moneysoft.at/agrar, Stand 12.12.2017.

[6] FMIS FarmDok, Online: https://www.farmdok.com/, Stand:12.12.2017.

[7] FMIS myfarm24, HELM-Software, Online: https://helm-software.de/produkte/agrimentor, Stand:12.12.2017.

[8] FMIS Next Farming, Online: https://www.nextfarming.de/, Stand:12.12.2017.

[9] FMIS ProFlura, Online: https://www.proflura.de/, Stand:13.12.2017.

[10] FMIS trecker.com, Online: https://www.trecker.com/, Stand:13.12.2017.

[11] FMIS 365FarmNet, Online: https://www.365farmnet.com/produkt/bausteine/pflanze/isip-septoria-prognose/, Stand 13.12.2017.

[12] *FOUNTAS et. al.* (2015): Farm management information systems: Current situation and future perspectives, in: Computers and electronics in agriculture: an international journal. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier.

[13] *MURAKAMI et. al.* (2007): An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture; Computer and Electronics in Agriculture 58 (1), 37–48.

[14] *N.N.* (2014): Wegweiser im Datendschungel, Online: https://www.agrarheute.com/traction/tests-technik/wegweiser-datendschungel-520285, Stand. 01.12.2017.

[15] *NOVKOVIC et.al.* (2015): Farm Management Information Systems, Online: http://ceur-ws.org/Vol-1498/HAICTA_2015_paper80.pdf, Stand: 01.12.2017.

[16] *PUHLMANN, M.* (2016): Ackerschlagkartei – Die 11 wichtigsten Tipps; Online: https://www.trecker.com/index.php/unkategorisiert/ackerschlagkartei-die-11-wichtigsten-tipps/, Stand: 05.12.2017.

[17] *PUHLMANN, M.* (2016): Warum Agrarsoftware die nächste große Revolution der Landwirtschaft ist; Online: https://www.trecker.com/index.php/unkategorisiert/warum-agrarsoftware-die-naechste-grosse-revolution-der-landwirtschaft-ist/, Stand: 01.12.2017.

[18] *STEINBERGER, G. (2012*): Methodische Untersuchungen zur Integration automatisch erfasster Prozessdaten von mobilen Arbeitsmaschinen in ein Informationsmanagementsystem „Precision Farming“; Dissertation, TU München.

[19] *WINTER, R.* (2014): Schlagkarteien und die Cloud - Der Markt sortiert sich neu, DLG-Mitteilungen 6/2014, 30-33.

[20] *RICHARZ/STÖCKER* (2011): Herdenmanagement – Hilfe vom Computer; Online: http://2015.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/anwender/Herdenmanagement.pdf, Stand: 20.12.2017.

CLAAS Telematics – Datenmanagement

Wolfgang Meyer
Claas Regional Center Central Europe GmbH, Spillern, Österreich

DEN MASCHINENEINSATZ NOCH BESSER MANAGEN

Mithilfe moderner Kommunikation- und Informationstechnologien können Traktoren & Co. überwacht und deren Einsatz weiter optimiert werden. Verschiedene Hersteller bieten mittlerweile solche Systeme an. Wir haben Claas Telematics bei Arbeiten mit dem Traktor Arion 550 genauer unter die Lupe genommen.

Unter dem Titel „**EASY**“ – “**Efficient Agriculture Systems by Claas**” bündelt Claas firmeneigene Elektroniklösungen mit dem Ziel, alle Komponenten optimal aufeinander abzustimmen. Claas unterteilt in:

- „**On board**“ ist Maschinensteuerung und Leistungsoptimierung direkt aus der Kabine, z. B. mithilfe des Cebis- Terminals auf Erntemaschinen und Traktoren oder des Isobus-fähigen „Communicator“-Terminals.
- „**On field**“ dient der Produktivitätssteigerung direkt im Feld. Dieser Teilbereich umfasst Sensoren wie den „Crop Sensor“ zur Stickstoffdüngung oder Lenkautomaten wie den „GPS Pilot“.
- „**On farm**“ sind Softwarelösungen für den landwirtschaftlichen Betrieb: Logistik, Datenauswertung, Planung und precision farming für PC und mobile Endgeräte.
- „**On track**“ umfasst schließlich Maschinenüberwachung und Ferndiagnose. Claas Telematics wird hierfür verwendet.

1. DREI AUSBAUSTUFEN

Claas Telematics besteht im Wesentlichen aus einem Kommunikationsmodul in der Maschine sowie sicheren Datenspeichern im Internet (Server in Deutschland) plus „webbasierter“ Auswertungssoftware. Nutzer können zwischen drei Berechtigungsstufen wählen (jährliche Lizenzgebühr von 230,- bis 570,- Euro exkl. MwSt., inkl. EU28-Sim-Karte; System-Voraussetzung: Kommunikationsmodul samt GPS-Empfänger/Antenne).

- Telematics „**basic**“ bietet die wichtigsten Funktionen wie Maschinenstandort und -status sowie Ferndiagnose.
- „**Advanced**“ liefert zusätzlich berechnete Prozesskennzahlen und Meldungen von der Maschine.
- Erst Telematics „**professional**“, die Vollversion, ermöglicht umfassende Datenanalysen über lange Zeiträume, für Mähdrescher zusätzlich Kampagnen-Report (den es bald auch für Traktoren geben soll) und „Combine League“ zum Vergleich von Leistungsdaten der eigenen Maschine mit anderen.
- „**TONI**“, Telematics on Implements, zeichnet zusätzlich Daten von Anbaugeräten auf, wobei Claas hier derzeit vorrangig mit deutschen Herstellern kooperiert (z. B. Amazone, Horsch, Lemken, …).

2. UND IN DER PRAXIS ...

Soweit die Theorie – und wie ist Claas Telematics mit einem Traktor in der Praxis? Eigentlich absolut unauffällig: Das Kommunikationsmodul, das alle Daten (einfache GPS-Antenne für die Positionen, Maschinendaten aus dem Traktor-CAN-BUS) zusammenfasst und via GSM-Datenmodem zum Claas-Server schickt, ist an einer unauffälligen Stelle der Maschine montiert – wohl auch, um im Fall von Missbrauch oder Diebstahl nicht gleich entdeckt zu werden und die Position orten zu können. Das System verrichtet seine Aufgaben automatisch und zuverlässig, ohne jegliches Eingreifen des Fahrers. Sämtliche Aktivitäten (plus etwa vierzig Maschinenparameter), vom Rangieren bis zu Tankstopps, werden alle paar Sekunden mit Position und Zeit gespeichert.

Interessanter ist der Zugriff auf die gesammelten Informationen am Büro-PC oder am mobilen Endgerät (Smartphone und Tablets mit iOS und Android). Darin liegt der eigentliche Wert der Telematiklösung: eine klare, aussagekräftige (grafische) Darstellung derjenigen Werte, die für den Betriebsverantwortlichen relevant sind. Grundsätzlich sind ein aktueller Internetbrowser und eine „starke“ Internet-Verbindung zum Claas-Server erforderlich, Claas empfiehlt mind. 768 kbit/s.

So kann z. B. ein Maschinenringkoordinator jederzeit Position und Arbeitsinfos der Maschine abrufen und sich auf einer Google Earth-Hintergrundkarte zeigen lassen – schon in der Basisversion. Wer mehr an Optimierungen interessiert ist und tiefer in die Materie einsteigen will, findet in den gehobenen Versionen etliche Parameter, die weitergehende Rückschlüsse auf die bearbeitete Fläche liefern: Wo war z. B. der Dieselverbrauch höher, wo war ein dichterer Bestand und folglich die Geschwindigkeit niedriger. So wird die Arbeitsmaschine zum fahrenden Sensor, der eine gezielte Planung späterer Arbeiten erlaubt.

Exportmöglichkeiten bestehen für das Claas eigene AFT-Format sowie CSV-Dateien. Auftragsbezogene Konturkarten sind als PDF oder Shape-Dateien exportierbar, weitere Schnittstellen bestehen zu

ISO-/agroXML sowie Claas Fleet View und 365FarmNet.

3. TELEMATIK

3.1 Zusammenspiel zweier Technologien

Das Wort Telematik setzt sich zusammen aus Telekommunikation und Informatik. Zu verstehen ist darunter Informationsaustausch über (größere) Distanzen mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie, letztlich mittels Computern.

Logistikunterstützung (Standort, Leistungsparameter, Abrechnungszeiten, ...) ist für die Leitzentralen großer Betriebe, der Maschinenringe oder Lohnunternehmer interessant. Werkstätten bzw. Servicezentralen können Fehlerzustände schneller eingrenzen und dadurch Schäden und Stillstandszeiten minimieren, eventuell bei reinen Softwareproblemen sogar nur mittels Fernwartung (z. B. Claas CDS Remote). Nicht zuletzt bekommt der Anwender selbst durch vielfältige, automatisch gesammelte Informationen echte, belastbare Fakten über seine geleistete Arbeit, die genauso Basis für künftige Planungen sein können.

In den letzten Jahren legten die Anbieter (jeder große Traktor- bzw. Erntemaschinenkonzern hat Telematik heute im Lieferprogramm) besonders Augenmerk darauf, dass die Anwender möglichst einfach auf die Informationsfülle zugreifen können bzw. „mit wenigen Klicks“ grafisch gut aufbereitete Visualisierungen bekommen. Allerdings ist die Übergabe der Infos an „andere“, nicht konzerneigene Programme vielfach noch verbesserbar.

Abbildung 1: Telematics bietet vielerlei Auswertungsmöglichkeiten.
Hier rechts zu erkennen: Ertrag Mähdrescher (rot wenig Ertrag, grün viel Ertrag – Angabe in %)

4. FAZIT TEST

4.1 Ein beachtliches Hilfsmittel

Klar, es gibt bei automatisch generierten Sensordaten noch immer „erkennbare Ausreißer“, wie z. B. eine Tankfüllstandsanzeige, die je nach Traktorneigung kurzfristig unplausible Werte liefert, oder automatisch errechnete Aktivitätszuordnungen, die man „händisch“ vielleicht anders berücksichtigt hätte. In Summe aber ist Claas Telematics nach mehreren Jahren kontinuierlicher Weiterentwicklung ein beachtliches und mächtiges Hilfsmittel, um mehr Information und letztlich mehr Leistung aus seiner Maschine herauszukitzeln. Für größere Maschinenflotten ist das System zweifellos sinnvoll. Doch auch abseits davon zeigt der fahrende Sensor interessierten „Optimierern“ vielerlei „kleine Schrauben“ auf, an denen gedreht werden könnte.

Kalkulationsrechnung für ein optimales Supply Chain Management

Michael Schmid, Sascha Wörz, Heinz Bernhardt
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Die Milcherzeugung bietet die Existenzgrundlage vieler landwirtschaftlicher Betriebe in Deutschland, deren erzeugte Rohmilch von einer der wichtigsten Branche der deutschen Lebensmittelbranche verarbeitet wird. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Beitrag neben einer Analyse und einer Primärdatenerhebung der Milchannahmesituation bei 100 Milcherzeugern mittels REFA Methode die Vollkosten sechs verschiedener Milchlogistikketten jeweils für vier Milchlogistikszenarien zwischen Milcheinzugsgebiet und milchverarbeitendem Unternehmen quantifiziert. Die Bestimmung eines „Anhängerzuschlages“ erfolgt aus Sicht einer Molkerei, der mit Erhöhung der Entfernung zwischen Milcherzeugern ansteigt. Die Vollkosten der analysierten Milchlogistikketten in den jeweiligen Szenarien unterscheiden sich und nehmen mit zunehmender Entfernung zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei zu. Zusätzlich steigen die Vollkosten bei einer Entfernungssteigerung zwischen Milcherzeugern. Innerhalb der Szenarien erhöhen sich die Grenzkosten zwischen der günstigsten Verfahrensvariante und der teuersten Verfahrensvariante um 100 %. Die Klassifizierung der erhobenen Primärdaten im Rahmen der Milchannahmeanalyse erfolgt aus Sicht des Arbeitsplatzes eines Milchsammelwagenfahrers in günstige Milchannahmesituation und ungünstige Milchannahmesituation. Die Umstellung der Milcherzeuger mit einer ungünstigen Milchannahmesituation, die im Modell 50 % der bayerischen Milcherzeuger aufweisen, auf eine optimale Milchannahmesituation ergibt für das Jahr 2016 ein Einsparpotential für die gesamt bayerische Milchwirtschaft von 1,72 Mio. €/Jahr. Deshalb ist die Analyse der Milchannahmesituation und die Quantifizierung der verfahrensartabhängigen Vollkosten der Milchlogistik für ein optimales Supply Chain Management von hoher Relevanz für die milchverarbeitenden Unternehmen.

1. EINLEITUNG

Die Milcherzeugung ist der wichtigste Produktionszweig für die deutsche Landwirtschaft; gleichzeitig verfügt die Molkereiwirtschaft über die größte Branche in der deutschen Ernährungsindustrie. Jedoch resultieren aus dem Strukturwandel bei den Milcherzeugern und der Konzentration standortspezifischer Verarbeitungskapazitäten bei den milchverarbeitenden Unternehmen größere Distanzen zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei. Dies verdeutlicht die Steigerung der nominellen Erfassungskosten von Kuhmilch in den letzten zwölf Jahren von etwa 15 % [1]. Gleichzeitig bietet aber der technische Fortschritt des 21. Jahrhunderts im Bereich der Milchlogistik Optimierungsmöglichkeiten zur Milchannahmesituation beim Milcherzeuger und zur Kostenreduzierung der Milcherfassung für milchverarbeitende Unternehmen. Deshalb sind für prospektive ökonomische Kalkulationen zur Bestimmung einer kostenoptimalen Verfahrensvariante, der Tourenplanung und der Milchlogistikabrechnung spezifische Leistungs- und Kostendaten nötig.

Optimierungen zur Senkung der Milchlogistikkosten werden in den Bereichen Verlängerung des Erfassungszeitraumes, der Ausweitung des Abholintervalls, einer Optimierung der Tourenplanung und einer Erhöhung der Milchmengenanlieferung pro Milcherzeuger diskutiert. Eine zusätzlich Determinante auf die Milchlogistikkosten stellt die Topographie des Milcheinzugsgebiet dar [4; 9; 13]. In einer retrospektiven Analyse mittels Befragung von Molkereien wiesen Weindlmaier et al. für das Jahr 2007 durchschnittliche Milcherfassungskosten in Deutschland von 1,21 €Ct/kg Milch, und in Österreich 1,80 €Ct/kg aus [8]. Im Rahmen einer prospektiven Kalkulation der Milcherfassungskosten

für die gesamte irische Milchwirtschaft nach dem Quotenausstieg prognostizierten Quinlan et al. Milcherfassungskosten mittels der Verfahrensvariante Sammelauflieger in Höhe von 0,94 bis 1,02 €Ct/kg Milch. Dabei wurden ein dreitägiges Abholintervall und eine durchschnittliche Entfernung von 1,5 km zwischen den gesamt irischen Milcherzeugern zu Grunde gelegt [8]. Für das Bundesland Bayern werden monatlich von der Landesanstalt für Landwirtschaft die durchschnittlichen Erfassungskosten für Rohmilch durch obligatorische Mitteilung aller bayerischen milchverarbeitenden Unternehmen erhoben [1]. Die durchschnittlichen Milcherfassungskosten in Bayern wurden zuletzt im Jahr 2016 für konventionelle Kuhmilch von 1,42 €Ct/kg Milch und für Biokuhmilch auf 2,32 €Ct/kg Milch quantifiziert [2, 3].

Anstelle von Optimierungen im Bereich Tourenplanung oder Milcherfassungskosten für ein ganzes Land zu kalkulieren, soll in diesem Beitrag die optimale Milchlogistikkette jeweils für vier Szenarien durch den ökonomischen Vollkostenvergleich verschiedener Verfahrensvarianten bestimmt werden. Zusätzlich soll die Arbeitssituation des Milchsammelwagenfahrers bei der Milchannahme am landwirtschaftlichen Betrieb des Milcherzeugers verfahrensschrittspezifisch analysiert und quantifiziert werden.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Datengrundlage

Das Modellmilcheinzugsgebiet besteht aus 100 Milcherzeugern mit einer durchschnittlichen Milchmengenanlieferung von 2.500 kg/Landwirt und einem 48 h Abholintervall. Daraus resultiert eine Gesamtmilchmenge von 250.000 kg des Modellmilcheinzugsgebiets während dieses Abholintervalls. Dieses Modellmilcheinzugsgebiet ist durch eine flache Topografie charakterisiert.

Für dieses Modellmilcheinzugsbiet werden die Milchlogistikkosten sechs verschiedener Verfahrensvarianten jeweils für die beiden Zwischenerzeugerentfernungsklassen 3,2 km (Zwischenerzeugerentfernungsklasse A) und 5,0 km (Zwischenerzeugerentfernungsklasse B) erhoben. Der Begriff Zwischenerzeugerentfernung stellt die durchschnittliche Entfernung zwischen Milcherzeugern im Milcheinzugsgebiet dar. Eine weitere Disaggregation erfolgt in die beiden Entfernungsklassen 35 km (Entfernungsklasse I) und 250 km (Entfernungsklasse II) zwischen Milcheinzugsgebiet und milchverarbeitendem Unternehmen. Nachfolgende *Tabelle 1* stellt anhand einer Szenarienmatrix die vier analysierten Szenarien zwischen den zwei Zwischenerzeuger-entfernungsklassen und den beiden Entfernungsklassen dar.

Tabelle 1: Szenarienmatrix zwischen Zwischenerzeugerentfernungsklasse und Entfernungsklasse zwischen Milcheinzugsgebiet und milchverarbeitendem Unternehmen

	Zwischenerzeugerentfernungsklasse A (3,2 km)	Zwischenerzeugerentfernungsklasse B (5,0 km)
Entfernungsklasse I (35 km)	AI	BI
Entfernungsklasse II (250 km)	AII	BII

Die in *Tabelle 1* dargestellten Abkürzungen dienen als Grundlage für Ausführungen im Ergebnisteil. Nachfolgende *Tabelle 2* zeigt die analysierten Verfahrensvarianten der Milchlogistik mit numerischer Abkürzung für *Abbildung 1* und *Abbildung 2*.

Tabelle 2: Verfahrensvarianten der Milchlogistik

Abkürzung	Verfahrensvariante
1	Drei-Achser LKW solo ungebrochen
2	Vier-Achser LKW solo ungebrochen
3	Drei-Achser LKW mit Anhänger gebrochen
4	Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen
5	Drei-Achser LKW mit Anhänger und Milchtransportsattelauflieger gebrochen
6	Vier-Achser LKW und Milchtransportsattelauflieger gebrochen

Bei einer ungebrochenen Verfahrensvariante der Milchlogistik wird Milch ohne Umladen innerhalb eines Verkehrsträgers und eines Transportmittels vom Milcherzeuger zur Molkerei transportiert. Bei einer gebrochenen Verfahrensvariante wird Milch ohne Änderung des Verkehrsträgers ein- oder mehrmals gewechselt bzw. umgepumpt [6]. In Verfahrensvariante drei wird die Milch mit dem Drei-Achser LKW Sammelwagen ohne Abkupplung des Anhängers im Milcheinzugsgebiet erfasst, so dass die Höfe der Milcherzeuger mit Anhänger befahren werden. Dagegen wird bei der gebrochenen Verfahrensvariante vier der Anhänger an einem zentralen Platz im Milcheinzugsgebiet abgestellt; bei Verfahrensvariante fünf und sechs steht der Milchtransportsattelauflieger als Transportobjekt an einem zentralen Platz im Milcheinzugsgebiet. Bei den gebrochenen Verfahrensvarianten ist der Verfahrensschritt Hin- und Rückfahrt zum Anhänger oder Sattelauflieger nötig. Der am zentralen Platz stehende Anhänger und/oder Milchtransportauflieger wird mittels Umpumpen befüllt. Zusätzlich erfordern die gebrochenen Verfahrensvarianten den Verfahrensschritt Routinetätigkeit zum Milchumpumpvorgang. Bei den gebrochenen Verfahrensvarianten unter Verwendung des Milchtransportsattelaufliegers muss das Milchsammelfahrzeug mindestens einmal während des 48 h Abholintervalls zur Reinigung in die Molkerei beladen zurückfahren. Nachfolgende *Tabelle 3* fasst die beschriebenen Verfahrensschritte zusammen.

Tabelle 3: Disaggregierte Verfahrensschritte der gebrochenen und ungebrochenen Verfahrensvarianten der Milchlogistik zwischen Milcherzeuger und Molkerei

Verfahrensschritte	Ungebrochene Verfahrensvariante	Gebrochene Verfahrensvariante
Transportfahrt	x	x
Milchsammelfahrt zwischen Erzeugern	x	x
Routinetätigkeit pro Milchannahmestelle	x	x
Milchpumpvorgang am Milchviehbetrieb	x	x
Hin- und Rückfahrt zum Anhänger/Sattelauflieger		x
Routinetätigkeit zum Umpumpvorgang		x
Milchpumpvorgang am Anhänger/Sattelauflieger		x
Routinetätigkeit in der Molkerei	x	x
Entladungspumpzeit der Milch in der Molkerei	x	x

[Quelle: 4, eigene Annahmen]

Eine Disaggregation der Verfahrensschritte Routinetätigkeit pro Annahmestelle und Milchpumpvorgang am Milchviehbetrieb erfolgt in Kapitel 2.2; die Analyse der Ergebnisse zeigt Kapitel 3.1. Der Verfahrensschritt Routinetätigkeit in der Molkerei beinhaltet den Zeitbedarf für die administrative Abwicklung des Milcheinganges in der Molkerei und der Tankreinigung des Milchsammelwagens. Die Entladungspumpzeit der Milch in der Molkerei steigt mit Erhöhung der angelieferten Milchmenge.

Die Datenerhebung der Routinetätigkeit pro Annahmestelle zeigt nachfolgendes Kapitel 2.2, die restlichen Daten beruhen auf eigenen Erhebungen. Die Kosten der Milchlogistik werden netto

angegeben. Für die ökonomische Bewertung der Verfahrensvarianten wird die Vollkostenrechnung angewendet [11]. Strategisch ist die Vollkostenkalkulation an den einzelnen Verfahrensschritten (*Tabelle 3*) des Prozessablaufes Milchlogistik zwischen Milcherzeuger und Molkerei angelehnt.

2.2 Milchannahme beim Milcherzeuger

Die Routinearbeitszeit der Milchannahme beim Milcherzeuger und die Messung der Saugleistung werden unter Verwendung der REFA Methodik erhoben. Diese Daten wurden im Rahmen einer Sammelwagenbegleitung mit einem Milchsammelwagen der Verfahrensvariante Drei-Achser solo gebrochen während der Milcherfassung bei einer Stichprobe von 100 Milcherzeugern erfasst. Dabei wurde die zyklische Ablauffolge der Milchannehme beim Landwirt mit definierten Messpunkten in einzelne Verfahrensschritte disaggregiert [10]. Nachfolgende Tabelle 4 veranschaulicht die analysierten Verfahrensschritte.

Tabelle 4: Disaggregierte Verfahrensschritte mit Leistungseinheit im Rahmen der Milchannahme beim Milcherzeuger

Verfahrensschritt	Leistungseinheit
Rangierzeit hinein	s/Vorgang
Rangierzeit heraus	s/Vorgang
Rangierzeit gesamt	s/Vorgang
Pumpzeit	l/min
Routinezeit Aufbau	s/Vorgang
Routinezeit Abbau	s/Vorgang
Routinezeit gesamt	s/Vorgang
Hofzeit gesamt	s/Vorgang

Die Rangierzeit hinein beschreibt die Zeitspanne zwischen Hofeinfahrt und dem vollständigen Abstellen des Sammelwagens vor dem Milchannahmeplatz. Die Zeitspanne zwischen dem vollständigen Abstellen des Sammelwagens und dem Start der Milchpumpe wird als Routinezeit Aufbau definiert. Somit beinhaltet dieser Verfahrensschritt den Zeitbedarf für das Anschließen des Milchpumpschlauches am Milchtank. Der Verfahrensschritt Pumpzeit charakterisiert den Zeitraum für das Milcheinsaugen mit den Grenzwerten durch das Ein- und das Ausschalten der Milchpumpe, deren Leistung in l/min ermittelt wird. Der Verfahrensschritt Routinezeit Abbau erläutert die Zeitspanne zwischen dem Ausschalten der Milchpumpe und dem Start des Fahrzeuges zur Fahrt. Der Verfahrensschritt Rangierzeit heraus beschreibt den Zeitraum zwischen dem Start des Sammelwagens und der Hofausfahrt. Die Routinezeit gesamt ist die Summe der Rangierzeit hinein und der Rangierzeit heraus. Die Summe der Routinezeit für den Aufbau und dem Abbau wird als Routinezeit Gesamt bezeichnet. Die Hofzeit Gesamt resultiert aus der Summe der Rangierzeit Gesamt und der Routinezeit Gesamt und stellt somit den gesamten Aufenthalt des Sammelwagens am Hof ohne dem Zeitbedarf für das Milcheinsaugen dar.

Die Klassifizierung der einzelnen Routinearbeitszeitschritte erfolgt in „günstig“ und „ungünstig“ nach nachfolgenden Grenzwerten, die mit einem Milchlogistikexperten einer Molkerei diskutiert wurden.

Tabelle 5: Klassifizierung der analysierten Verfahrensschritte

Verfahrensschritt	Günstig	Ungünstig
Rangierzeit	<= 40 s	> 41 s
Pumpzeit	>= 600 s	< 599 s
Rüstzeit	<= 50 s	> 51 s
Hofzeit	<= 90 s	> 91 s

Die statistische Auswertung der jeweiligen Verfahrensschritt-Mittelwerte zwischen günstiger und ungünstiger Klassifizierung wird mit einem t-Test bei einem Signifikanzniveau von 5 % durchgeführt. Diese analysierten Ergebnisse dienen als Kalkulationsgrundlage zum ökonomischen Vergleich verschiedener Milchlogistikketten. Es wird zu Grunde gelegt, dass 50 % der Betriebe günstige Milchannahmesituationen und 50 % der Betriebe ungünstige Milchannahmesituationen aufweisen. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt eine Analyse der Grenzkosten der schlechten Milchannahmesituation in €/kg.

3. ERGEBNISSE

3.1 Kalkulationsdaten der Milchannahme beim Milcherzeuger

Die Ergebnisse der Analyse der Milchannahmesituation beim Milcherzeuger werden in nachfolgender *Tabelle 6* dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnis der Primärforschung

Verfahrensschritt	x	y	df	t	Inf
Rangierzeit hinein	12,67	25,34	92,98	-1,66	-9,80
Rangierzeit heraus	14,09	29,93	93,96	-1,66	-12,87
Rangierzeit Gesamt	26,77	55,26	89,98	-1,66	-24,66
Pumpzeit	719,84	485,64	62,98	1,67	205,89
Routinezeit Aufbau	19,00	30,40	87,38	-1,66	-8,59
Routinezeit Abbau	23,22	35,38	97,98	-1,66	-9,36
Routinezeit Gesamt	42,22	65,80	90,01	-1,66	-19,45
Hofzeit Gesamt	75,27	113,00	89,46	-1,66	-31,39

x: günstige Milchannahmesituation; y: ungünstige Milchannahmesituation; df: Freiheitsgrade; t: Testprüfgröße; Inf: Grenzdifferenz

Zum Signifikanzniveau von 5 % ist der Mittelwert der günstigen Rangierzeiten in den Hof hinein um mindestens 9,80 s signifikant kleiner als der Mittelwert der ungünstigen Rangierzeiten. Im Verfahrensschritt der „Rangierzeit heraus“ beträgt dieser Grenzunterschied signifikant mindestens 12,87 s. Bei dem Verfahrensschritt Rangierzeit gesamt ist der Mittelwert der günstigen Rangierzeiten um mindestens 24,66 s signifikant kleiner als beim Mittelwert der ungünstigen Rangierzeiten. Determiniert wird diese große Zeitdifferenz durch die innerbetriebliche Logistik beim Milcherzeuger. Der Mittelwert der günstigen Pumpzeiten ist um mindestens 205,89 l/min signifikant größer als bei ungünstigen Pumpzeiten. Durch kleine Reduzierungen am Tankauslauf, durch Schlauchverlängerungen oder Krümmungen des Saugschlauches wird die Pumpleistung reduziert. Die Routinezeit für den günstigen Aufbau ist um mindestens 8,59 s kleiner als bei einer ungünstigen Aufbausituation. Mindestens 9,36 s ist der Mittelwert der günstigen Routinezeiten Abbau signifikant kleiner als bei der schlechten Routinezeit Abbau. Der Mittelwert der guten Rüstzeiten Abbau gesamt ist um mindestens 19,45 s signifikant kleiner als bei der ungünstigen Rüstzeit Abbau. Große Entfernungen zwischen Sammelwagen und Milchkammer und aufwendigen Öffnungsmechanismen des Milchtanks tragen zu einer Erhöhung der Routinezeiten bei. Mindestens 31,39 s und damit über eine halbe Minute ist der Mittelwert der günstigen Hofzeit Gesamt signifikant kleiner als bei der ungünstigen Hofzeit Gesamt.

3.2 Analyse der Vollkosten verschiedener Verfahrensvarianten in Zwischenerzeuger-entfernungsklasse A

Die analysierten Vollkosten der sechs Verfahrensvarianten in Zwischenerzeugerentfernungsklasse A jeweils für Szenario AI (grau) und Szenario AII (schwarz gepunktet) sind in nachfolgender *Abbildung 1* dargestellt.

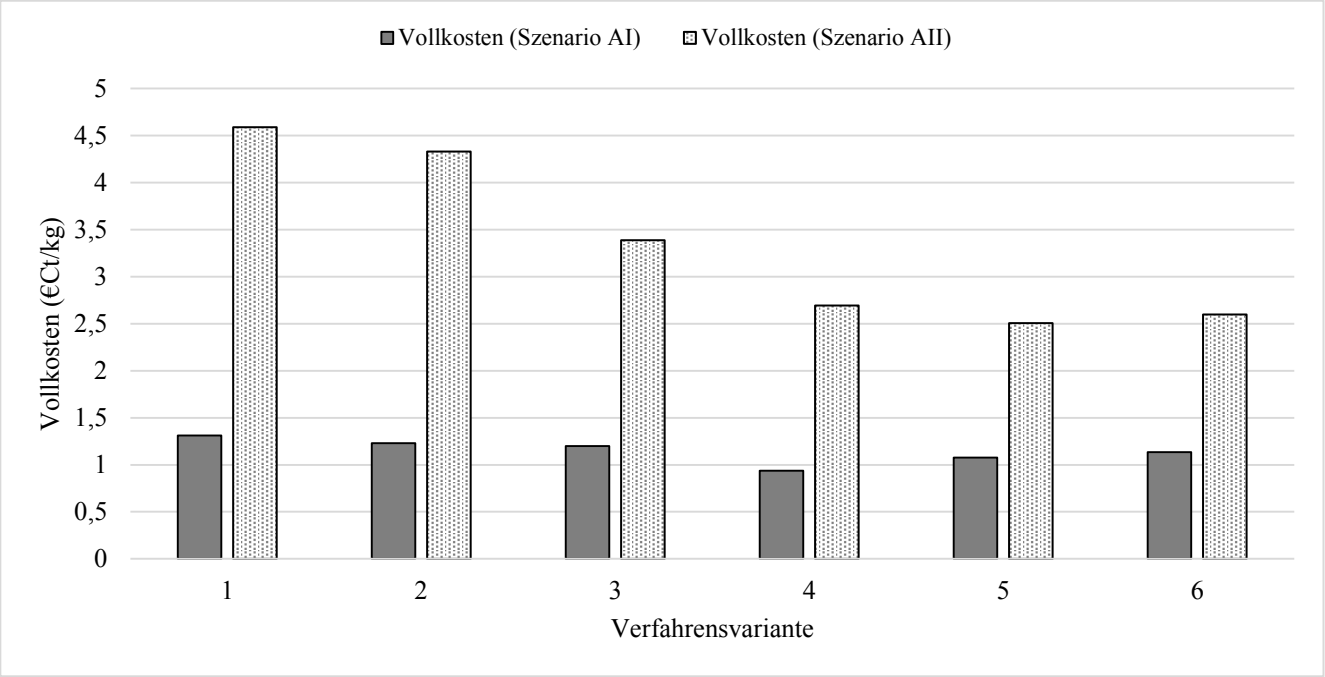


Abbildung 1: Vollkosten verschiedener Verfahrensvarianten der Milchlogistik in €Ct/kg in Zwischenerzeugerentfernungsklasse A für Szenario AI (grau) und Szenario AII (schwarz gepunktet) zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei bei „normaler Milchannahmesituation“

Im Szenario AI liegen die Vollkosten der analysierten Milchlogistikketten im Bereich von 0,94 €Ct/kg (Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen) und 1,31 €Ct/kg (Drei-Achser LKW solo). Die Standardabweichung der Vollkosten zwischen den sechs Verfahrensvarianten innerhalb dieser Entfernungsklasse beträgt 0,11 €Ct/kg. Die spezifischen Vollkosten im Szenario AII schwanken zwischen 2,51 €Ct/kg (Drei-Achser LKW mit Anhänger und Milchtransportsattelauflieger gebrochen) und 4,59 €Ct/kg (Drei-Achser LKW solo). Die Standardabweichung der spezifischen verfahrensartabhängigen Vollkosten liegt in diesem Szenario bei 0,84 €Ct/kg. Die Vollkosten der Verfahrensvariante Drei-Achser LKW solo stellen in den Szenarien AI und AII aufgrund der geringsten Nutzlast von 13.000 kg die teuerste Milchlogistikvariante dar. Nachfolgende *Tabelle 7* zeigt die spezifischen Grenzkosten in €Ct/kg und in €/Abholintervall zwischen teuerster und günstigster Verfahrensvariante für die Szenarien AI und AII.

Tabelle 7: Spezifische Grenzkosten in Zwischenerzeugerentfernungsklasse A zwischen der teuersten und der billigsten Verfahrensvariante für Szenarien AI und AII

Kostenkalkulation	Szenario AI	Szenario AII
Niedrigste Milchlogistikkosten (€Ct/kg Milch)	0,94	2,51
Niedrigste Milchlogistikkosten (€/Abholintervall)	2.340,27	6.266,92
Höchste Milchlogistikkosten (€Ct/kg Milch)	1,31	4,59
Höchste Milchlogistikkosten (€/Abholintervall)	3.279,78	11.470,82
Grenzkosten (€Ct/kg Milch)	0,37	2,08
Grenzkosten (€/Abholintervall)	940	5.204

In Szenario AI liegt das ökonomische Einsparpotential der Molkerei für die Auswahl der günstigsten Verfahrensvariante der Milchlogistik im Vergleich zur teuersten Verfahrensvariante bei 940 € pro Abholintervall. In Szenario AI beträgt dieses betriebswirtschaftliche Einsparpotential zwischen beiden „Extremwerten“ 5.204 € pro Abholintervall. Die Grenzkosten der Milchannahme beim Landwirt (Routinearbeitszeit Erzeuger, Milchpumpkosten Landwirt) betragen für jede Verfahrensvariante im Modell 533,71 € pro Abholintervall. Knapp 23 Prozent beanspruchen diese Grenzkosten der

Milchannahme an den Vollkosten der Milchlogistikkette bei der Verfahrensvariante Drei-Achser LKW Sammler mit Zwei-Achser Anhänger ungebrochen.

Bei einer Optimierung der ungünstigen Milchannahmesituation auf 100 % günstige Milchannahmesituationen können die Milchannahmekosten um 110,89 €/Abholintervall auf 422,82 €/Abholintervall reduziert werden. Bei dieser optimierten Milchannahmesituation resultieren in Szenario AI die niedrigsten Milchlogistikvollkosten von 0,89 €Ct/kg (Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen), Szenario AII 2,46 €Ct/kg Milch (Drei-Achser LKW mit Anhänger und Milchtransportsattelauflieger gebrochen).

3.3 Analyse der Vollkosten verschiedener Verfahrensvarianten in Zwischenerzeugerentfernungsklasse B

Für Zwischenerzeugerentfernungsklasse B stellt nachfolgende *Abbildung 2* die ermittelten Vollkosten für Szenario BI (grau) und Szenario BII (schwarz gepunktet) dar.

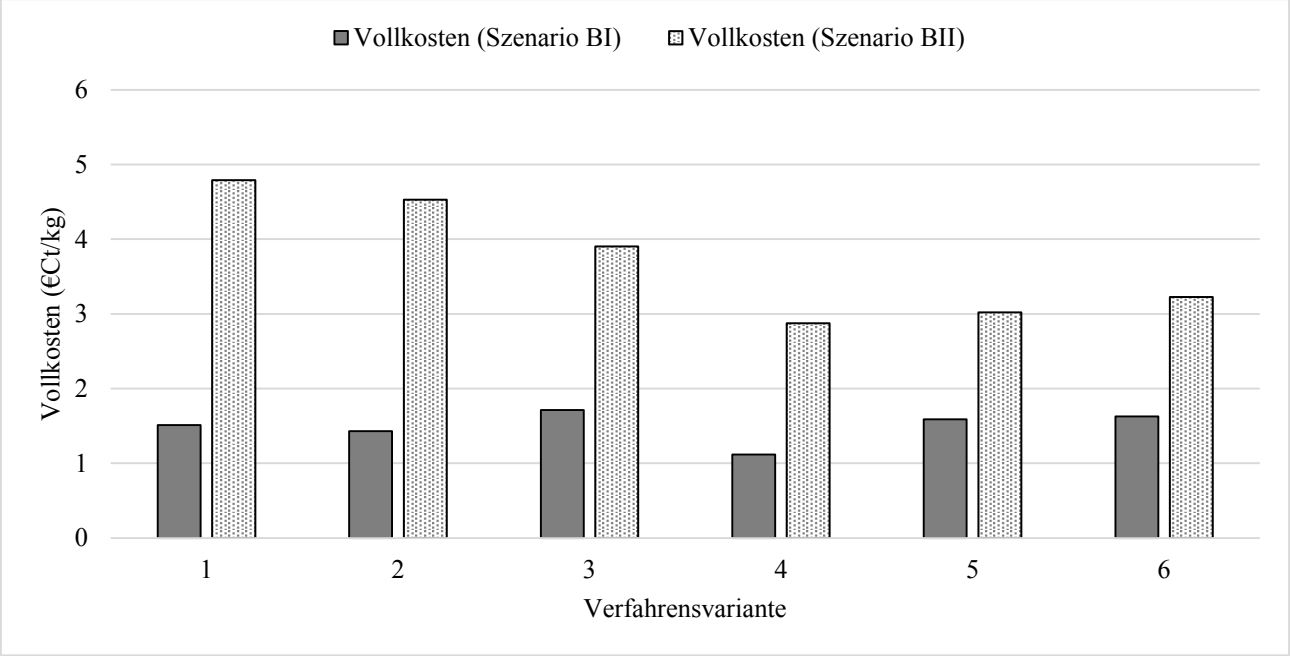


Abbildung 2: Vollkosten verschiedener Verfahrensvarianten der Milchlogistik in €Ct/kg in Zwischenerzeugerentfernungsklasse B für Szenario BI (grau) und Szenario BII (schwarz gepunktet) zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei bei „normaler Milchannahmesituation“

Die Vollkosten in Szenario BI der verfahrensartabhängigen Milchlogistikkette liegen zwischen 1,12 €Ct/kg Milch (Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen) und 1,80 €Ct/kg Milch (Vier-Achser LKW und Milchtransportsattelauflieger gebrochen). Die Standardabweichung resultiert bei 0,22 €Ct/kg Milch. In Szenario BII reichen die Vollkosten der Milchlogistik von 2,87 €Ct/kg Milch (Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen) bis 4,79 €Ct/kg Milch (Drei-Achser LKW solo). Die Standardabweichung beträgt in dieser Entfernungsklasse 0,74 €Ct/kg Milch. Zusammenfassend sind in Entfernungsklasse I die Vollkosten der drei ungebrochenen Verfahrensvarianten niedriger als die Vollkosten der drei analysierten gebrochenen Verfahrensvarianten. In nachfolgender *Tabelle 8* sind die spezifischen Grenzkosten zwischen den niedrigsten und den höchsten Vollkosten der jeweiligen Milchlogistikketten für Szenario BI und Szenario BII dargestellt.

Tabelle 8: Spezifische Grenzkosten in Zwischenerzeugerentfernungsklasse B zwischen der teuersten und der billigsten Verfahrensvariante für Entfernungsklasse I und Entfernungsklasse II

Kostenkalkulation	Szenario BI	Szenario BII
Niedrigste Milchlogistikkosten (€Ct/kg Milch)	1,12	2,87
Niedrigste Milchlogistikkosten (€/Abholintervall)	2.791,22	7.181,43
Höchste Milchlogistikkosten (€Ct/kg Milch)	1,81	4,79
Höchste Milchlogistikkosten (€/Abholintervall)	4.521,85	11.975,14
Grenzkosten (€Ct/kg Milch)	0,69	1,92
Grenzkosten (€/Abholintervall)	1.731	4.794

Im Szenario BI liegen die Grenzkosten zwischen der teuersten und der günstigsten Verfahrensvariante bei 0,69 €Ct/kg Milch und 1.731 €/Abholintervall. Die Spanne zwischen beiden Extremwerten resultiert im Szenario BI von 1,92 €Ct/kg Milch und 4.794 €/Abholintervall.

4. DISKUSSION

4.1 Routinetätigkeit beim Milcherzeuger

Die im Rahmen dieses Beitrages analysierten Ergebnisse mittels REFA Methode können als Grundlage für Kalkulationen prospektiver Milcherfassungskosten verwendet werden. Im Vergleich zu den von Quinlan et al. analysierten Kenndaten der irischen Milchwirtschaft zur Routinearbeitszeit beim Milcherzeuger in Höhe von fünf Minuten pro Erzeuger konnten in der Stichprobe niedrigere Routinezeiten im Mittelwert in Höhe von 1,57 Minuten pro Erzeuger erhoben werden. Der Begriff Routinezeit steht synonym zur Hofzeit gesamt. Die manuelle Milchprobenflaschenentnahme und die aufwendigere Hofeinfahrt mit dem Milchsammelauflieger tragen in Irland zu einer erhöhten Routinearbeitszeit bei. Gleichzeitig wurde die mittlere Pumpleistung von 603 l/min der Milchförderpumpe des Sammelwagens erhoben, die im Vergleich zu der von Quinlan et al. quantifizierten Saugleistung von 386 l/min größer ist [8].

Trotzdem wurde im Rahmen dieses Beitrages eine Zeitdifferenz zwischen einer günstigen Hofzeit und der ungünstigen Hofzeit von 31 s ermittelt, die des Milchsaugvorganges 234 l/min ceteris paribus. Bei einer Gesamtbetrachtung der bayerischen Milchwirtschaft liegt dadurch das jährliche ökonomische Optimierungspotential bei 1,72 Mio. € pro Jahr [5]. Dieses Ergebnis basiert auf der angelieferten Milchmenge der bayerischen Milcherzeuger von 7.773,6 Mio. kg und Grenzkosten der schlecht annehmbaren 50 prozentigen Milchmenge von 0,00044 €/kg. Durch Optimierung der ungünstigen Milchannahmesituationen kann dieser Betrag eingespart werden.

Für die Analyse der verfahrensartspezifischen Milchlogistikkosten wurden für die verschiedenen Verfahrensvarianten die gleichen analysierten Milchannahmekosten zu Grunde gelegt. In der Praxis können jedoch die Routinearbeitszeiten von der spezifischen Verfahrensvariante beeinflusst werden. Somit besteht in diesem Bereich der Datenerfassung der spezifischen verfahrensartabhängigen Routinearbeitszeit beim Milcherzeuger noch weiterer Forschungsbedarf.

4.2 Zunahme des ökonomischen Optimierungspotentials bei Erhöhung der Distanzen

Mit steigender Entfernung zwischen Milcherzeugern im Milcheinzugsgebiet und zunehmender Entfernung zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei erhöhen sich die Vollkosten der Milchlogistikkette. Ebenso steigen die Spanne und damit Grenzkosten zwischen günstigster und teuerster Verfahrensvariante mit Erhöhung der Milchtransportstrecke und der Zwischenerzeugerentfernung. Durch dieses ökonomische Optimierungspotential wird die Optimierungsnotwendigkeit aus der Sicht einer Molkerei erhöht. Dies wurde durch die Bestimmung der ökonomisch optimalen Verfahrensvariante im Vergleich zur teuersten Verfahrensvariante in Szenario

AI mit einer Kostensenkung von 28 % und in Szenario AII von 45 % deutlich. Gleichzeitig wird für die in Szenario AI und in Szenario BI analysierten optimalen Verfahrensvarianten Drei-Achser LKW Sammler und zwei-Achser Anhänger ungebrochen die Befahrungsmöglichkeit einer jeden Milchannahmestelle mit Anhänger zu Grunde gelegt. In der Praxis können jedoch lediglich 50 % der Milchannahmestellen aufgrund innerbetrieblicher Logistik der Milcherzeuger mit dem Anhänger problemlos befahren werden. Somit stellt diese Verfahrensvariante in Szenario AI und in Szenario BI nur das theoretisch ökonomische Optimum dar. Unter Berücksichtigung dieser Restriktion "Hofeinfahrtsmöglichkeit" werden im Szenario AI für Logistikkette fünf (Drei-Achser LKW mit Anhänger und Milchtransportsattelauflieger gebrochen) die niedrigsten Vollkosten in Höhe von 1,08 €Ct/kg Milch ermittelt. Im Szenario BI führt diese Restriktion zur ökonomisch optimalen Verfahrensvariante Vier-Achser solo ungebrochen, die Vollkosten in diesem Szenario von 1,43 €Ct/kg aufweist.

Im Vergleich zu den durchschnittlichen für Bayern im Jahr 2016 ausgewiesenen Milcherfassungskosten von 1,42 €Ct/kg im Jahr 2016 liegen die analysierten Vollkosten der Milchlogistik im Szenario AI und im Szenario BI für konventionelle Kuhmilch in diesem Bereich. Die erhobenen Vollkosten für Entfernungsklasse AII und BII übersteigen jedoch aufgrund der zu Grunde gelegten Transportentfernung von 250 km diesen erhobenen Betrag deutlich. Für einen genauen Kostenvergleich zwischen den erhobenen Vollkosten im Rahmen dieses Beitrages und den ausgewiesenen Milcherfassungskosten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft als Benchmark sind jedoch spezifische Informationen in Bayern zur Entfernung zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei und zur Struktur der Milchviehhalter nötig. Im Vergleich zu den von Quinlan et al. für Irland erhobenen Milchlogistikkosten stellen die retrospektiven bayerischen Milchlogistikkosten und die analysierten Milchlogistikkosten höhere Werte dar. Dazu tragen in Irland eine geringe Transportentfernung zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei, regional höhere Milchdichten der Erzeuger und die Verfahrensvariante Sammelauflieger ungebrochen bei.

Im Vergleich von Entfernungsklasse I und Entfernungsklasse II steigt mit zunehmender Entfernung zwischen Molkerei und Milcheinzugsgebiet die relative Vorzüglichkeit der gebrochenen Verfahrensvariante mit dem Milchtransport per Sattelauflieger, der aufgrund des Fehlens einer Milchannahmeeinrichtung über eine Nutzlast von 27.000 kg verfügt. Die Grenzkosten des Milchtransportes per Sammelauflieger betragen 0,70 €Ct/kg und 100 km Milchtransport. Daraus können Strategieempfehlungen im Rahmen der Milcherzeugerakquise für milchverarbeitende Unternehmen abgeleitet werden, da die Milchlogistikkosten von den Molkereien selbst getragen werden. Die Eignung des jeweiligen Milcherzeugers bezüglich der Milchlogistikkosten werden von der Entfernung des potentiellen Milcherzeugers zur Molkerei und der Nähe zu bisherigen Milchlieferanten determiniert.

4.3 Zuschlag einer ungebrochene Milchlogistikkette mit Anhänger

Die „Anhängereinfahrtsmöglichkeit" vergüten im westdeutschen Raum einige Molkereien mit einem Anhängerzuschlag. Diejenigen Milcherzeuger, die über eine mit Anhänger problemlos befahrbare Milchannahmesituation verfügen, erhalten im Rahmen der Milchgeldabrechnung einen "Anhängerzuschlag" in Höhe von 0,15 €Ct/kg Milch. Aus Sicht einer Molkerei wurde in der ökonomischen Modellrechnung für Szenario AI ein Grenzunterschied zwischen der Verfahrensvariante Drei-Achser LKW mit Anhänger gebrochen und Drei-Achser LKW mit Anhänger ungebrochen von 0,26 €Ct/kg Milch quantifiziert. Dieser Schattenpreis entspricht einem maximalen Anhängerzuschlag von 0,26 €Ct/kg Milch. Aus Sicht des durchschnittlichen Milcherzeugers des Modellmilcheinzugsgebietes mit einer Jahresmilchanlieferung von 456.250 kg Milch im Modellmilcheinzugsgebiet können somit pro Jahr 1.209,65 € durch den Anhängerzuschlag mehr erlöst werden. Im Szenario BI beträgt dieser Grenzunterschied zwischen den Verfahrensvarianten Drei-Achser LKW mit Anhänger gebrochen und Drei-Achser mit Anhänger ungebrochen 0,59 €Ct/kg Milch. Somit steigt mit zunehmender Entfernung zwischen den Milcherzeugern im Milcheinzugsgebiet der Schattenpreis des maximal zahlbaren Anhängerzuschlages aus Sicht einer Molkerei. Der Anhängerzuschlag stellt somit einen dynamischen Wert dar.

5. FAZIT

In diesem Beitrag wurden die Vollkosten der Milchlogistik sechs verschiedener Verfahrensvarianten für vier verschiedene Milchlogistikszenarien bestimmt, die sich innerhalb der jeweiligen Szenarien deutlich unterscheiden. Die im Rahmen der Analyse der Milchannahmesituation beim Milcherzeuger erhobenen Daten dienen als Grundlage für Abrechnungssysteme und prospektive Kalkulationen der Milcherfassungskosten. Weiterer Forschungsbedarf und logistische Optimierungsmöglichkeit bestehen in der Analyse einer Milcherfassung im dreitägigen Abholintervall, und einer Bestimmung prospektiver Milchlogistikkosten unter Berücksichtigung des Strukturwandels der Milcherzeuger.

6. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Milchmarkt aktuell - Monatsstatistiken. Institut für Ernährungswirtschaft und Märkte. Online verfügbar unter https://www.lfl.bayern.de/iem/milchwirtschaft/index.php, zuletzt geprüft am 15.12.2017.

[2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2017a): Milchgeldauszahlung an bayerische Erzeuger für Bio-Kuhmilch ab Erfassungsstelle im Jahr 2016. München.

[3] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2017b): Milchgeldauszahlung an bayerische Erzeuger für Kuhmilch konventionell ab Erfassungsstelle im Jahr 2016. München.

[4] Betz, Josef.; Weindlmaier, Hannes.: Kosteneinsparung durch die Umstellung auf die zweitägige Milcherfassung. In: Milchwirtschaftliche Forschung Weihenstephan Jahresbericht, 2006.

[5] Berghaus-Schmidt, Susanne; Kellermann, Magnus (2017): Statistik der bayerischen Milchwirtschaft 2016. Freising-Tüntenhausen: ES Druck.

[6] Gudehus, Timm (2011): Logistik. Grundlagen - Strategien - Anwendungen. 4., aktualisierte Aufl 2010. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[7] Kaene, Michael (1986): The economics of Milk Transport, Cork.

[8] Quinlan, Carrie; Keane, Michael; Connor, Declan O'; Shalloo, Laurence (2010): The transport implications for ireland of the elemination of the milk quota regime in 2015. In: Proceedings of ITRN 2010, S. 1–15.

[9] Quinlan, Carrie; Kaene, Michael; Connor, Declan O'; Shalloo, Laurence (2011): Milk transport costs under differing seasonality assumptions for the Irish dairy Industry. In: International journal of dairy technology, S. 22–31.

[10] REFA (1997): REFA Methodenlehre der Betriebsorganisation, Datenermittlung, Leipzig.

[11] Steinhauser, Hugo; Langbehn, Cay; Peters, Uwe (1992): Allgemeiner Teil. Produktionsgrundlagen, Produktionstheorie und Rechnungssysteme mit Planungsrechnungen; 5., neubearb. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Agrarwissenschaften, 113).

[12] Weindlmaier, Hannes; Betz, Josef (2009): Zur aktuellen Situation der Milcherfassung in Deutschland und Österreich im Jahr 2007. In: Deutsche Milchwirtschaft 60, S. 12–17.

[13] Weindlmaier, Hannes.; Huber Alois.: Viel Milchgeld verbrennt auf der Straße. In: Deutsche Landwirtschaftszeitung (2), S. 10–12, 2010.

Development of a prediction model for automatic lameness detection in dairy cows

Isabella Lorenzini, Katharina Grimm, Bernhard Haidn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Poing, Deutschland

Eyal Misha
ENGS Dairy Solutions, Israel

Due to the average increase in the size of dairy farms, there has been a reduction in the time available to farmers for animal observation. Animal observation is an important part of the daily work routine; it is essential for the detection of health issues within the heard, for example cases of lameness. In 2015 9,1% of all losses on Bavarian dairy cattle were due to claw and limb disorders; in order to avoid unnecessary pain for the affected animals as well as economic loss for the farmers, it is essential to recognise lameness in its early stages. In a current project at the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry in Grub, Bavaria, data concerning animal behaviour and claw health will be collected for a year on four farms. It has been found in in a previous project at the same institute that the lying and feeding behaviour of the animals are very susceptible to changes due to lameness even in its early stages. The aim of the current project is to expand on these results and verify them on a larger number of animals. The behavioural data will be automatically collected by pedometers, whilst claw health will be extensively documented by carrying out regular locomotion scores followed by a clinical examination of the lame animals. The pedometers contain three-dimensional accelerometers that regularly register the position of the animal's front limb in space and thus identify whether the animal is lying, standing or moving. The feeding behaviour is recorded by means of an induction loop which is installed at the feeding table and that recognises every animal which steps into the induced magnetic field. All the collected data will then be summarized into one daily dataset containing the behavioural data as well as the claw health data for each animal. Locomotion scoring is the standard method for evaluating claw health; in this project a three-point locomotion scoring system was used, by which animals are either considered sound (1), suspected lame (2) or lame (3) based on various gait parameters. The locomotion scoring was performed on video recordings of the animals coming out of the milking parlour. The aim of this investigation is to use the behavioural changes of lame animals to develop an algorithm that could help farmers recognise lame animals earlier.

Die durchschnittliche Größenzunahme der Milchviehbetriebe hat zu einer Verminderung der für die Einzeltierbeobachtung zur Verfügung stehenden Zeit geführt. Die Einzeltierbeobachtung im Arbeitsalltag ist wichtig um Hinweise auf gesundheitliche Störungen, zum Beispiel Lahmheiten, zu erkennen. Nach LKV-Bayern waren 2015 mit 9,1 % aller Abgangsursachen die Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen von besonderer Bedeutung; um unnötige Schmerzen der Tiere sowie die durch Lahmheit verursachten wirtschaftlichen Verluste zu vermeiden spielt die Früherkennung von Klauenerkrankungen eine wesentliche Rolle. In einem aktuellen Projekt am Institut für Landtechnik und Tierhaltung werden auf 4 Praxisbetrieben über ein Jahr Verhaltensdaten erfasst und gleichzeitig die Klauengesundheit aller Tiere dokumentiert. In einem Vorgängerprojekt wurde herausgefunden, dass vor allem das Liege- und Fressverhalten der Tiere sich in den frühen Stadien einer Lahmheit signifikant verändern. Diese Erkenntnisse sollen im aktuellen Projekt vertieft und an einer größeren Tierzahl überprüft werden. Die Verhaltensdaten werden über Pedometer gemessen, während die Klauengesundheit durch regelmäßige Gangbeurteilungen und anschließende Untersuchungen der lahmen Tiere ausführlich dokumentiert wird. Die Pedometer enthalten Beschleunigungssensoren, die in regelmäßigen Zeitabständen die Lage der Vordergliedmaße registrieren und somit das Verhalten Liegen, Stehen oder Aktivität erfassen. Das Fressverhalten wird über eine am Futtertisch angebrachte Induktionsschleife erfasst, die die Einzeltiere beim Betreten des induzierten magnetischen Feldes

registriert. Die somit erfassten Daten werden zu einem aus den Verhaltensdaten sowie aus einem Locomotionscore bestehenden Tagesdatensatz für jedes Einzeltier zusammengefasst. Das Locomotionscore ist die Standardmethode zur Erfassung des Klauengesundheitsstatus. Dabei handelt es sich um ein Dreipunkte-System bei dem verschiedene Gangparameter ausgewertet werden und das Tier als gesund (1), verdächtig (2) oder lahm (3) eingestuft wird. Das Locomotionscore aller Tiere wird über Videoaufnahmen der Melkzeiten ausgeführt. Das Ziel dieser Untersuchungen ist es mithilfe der gemessenen Abweichungen im Verhalten lahmer Tiere einen Algorithmus zu entwickeln, der Landwirte dabei helfen soll, im Arbeitsalltag lahme Tiere leichter und früher zu erkennen.

1. INTRODUCTION

Lameness is defined as a sign of a structural or functional disruption that affects one or more limbs and is evident when walking and/or standing [1].

The causes for lameness in dairy cows can be found proximally or distally in the limbs, although claw diseases represent the most common trigger for an abnormal gait pattern and behavioural changes [2]. Even though claw diseases are multifactorial, the underlying pathological mechanism is always a weakening of the structural integrity of the claw's horn and surrounding tissues [3].

Both intrinsic factors, such as metabolic illnesses and the lactation status, and external factors, such as management, weather conditions, housing etc., play an important part in the development of claw disorders [3]. The frequency and the timing of the claw trimming are also of great significance when it comes to the prevention of lameness, as is also the quality of the feed and the ration composition.

Lameness in dairy cows is a major welfare problem, causing pain to the animal, and at the same time it is also a significant economic factor; in 2015 in Bavaria 9,1 % of all losses on dairy cattle were caused by lameness [4]. Despite the technological innovation and advancements in the field of genetics, there has been no significant reduction in the average lameness prevalence on European dairy farms in the last 20 years [5]. These statistics highlight the need for further research into early lameness recognition, which is the key to reducing economic losses and avoiding unnecessary pain to the affected animals.

One of the limiting factors in early lameness recognition is the time invested by farmers in animal observation; the structural transformation that has taken place in the last few years in German dairy farms has resulted in the increase of the average number of dairy cows per farm in Germany from only 16 animals per farm in 1986 to the 61 animals per farm today [6]. This increase negatively affects the time available to farmers to perform animal observation and lameness assessment.

Locomotion scoring systems are considered the gold standard for lameness detection. They use gait and posture as parameters to assess the presence of irregularities in the locomotion of the animal. There are many different types of locomotion scoring systems; some are more suitable for on-farm use, whilst others are relevant only for research purposes. Schlageter-Tello et al. [7] reviewed various different locomotion scoring methods and highlighted their common problem, namely their variable agreement and reliability. The percentage of agreement between two observers estimates range from 17 to 42 % for the locomotion scoring system according to Manson & Leaver [10] [11], 37 % for O'Callaghan et al.'s scoring system [12], and 83 % for the locomotion scoring system according to Sprecher et al. [9] [8].

Channon et al. determined the percentage of agreement between multiple observers using the Manson & Leaver score [10] and concluded that when the agreement was calculated using a lame/not lame rating threshold only, 88 % of observers agreed, whilst only 33.3 % agreed when using all 9 different scores [11], indicating that by reducing the number of available scores in a locomotion scoring system, a higher percentage of agreement and thus of reliability can be achieved between observers. For this reason a new score with fewer levels was developed in the context of a larger project at the Bavarian State Research Centre for Agriculture; the locomotion scoring system according to Grimm & Lorenzini [13]. The aim of this study is to verify the interrater and intrarater reliability of this three point locomotion scoring system and to assess its accuracy with the prospect of using it as a reference system for the development of an automatic lameness detection system. This system could help farmers recognise lame animals earlier, thus addressing both the welfare and economic issues connected to lameness in dairy cows.

2. ANIMALS, MATERIALS AND METHODS

2.1 Farms and animals

The aim of the current project at the Bavarian State Research Centre for Agriculture is to develop an algorithm that could automatically detect lameness in dairy cows by using data from activity sensors. In a previous project at the same institute Grimm et al. [14] determined that some behavioural traits such as the number of lying bouts (day/night ratio) and the feeding duration per meal are influenced by lameness even in its early stages. The current project expands on these results by combining behavioural data with claw health data of 375 animals over one year.

The data collection started in April 2017, spans over twelve months and involves 5 farms of which one research farm. All of the farms have loose housing; three of them have milking parlours and two have a milking robot, with an average of 83 (minimum = 68, maximum = 103) milking Simmental cows each.

2.2 Materials and methods

At the beginning of the project all lactating animals were fitted with "Track a Cow" Pedometers (ENGS Dairy Solutions, Israel); these three-dimensional accelerometers are attached to the right front limb of each animal and continuously record lying behaviour, activity and feeding behaviour. The feeding behaviour is registered by means of an induction loop which is installed in the feeding alley along the feeding table; every time an animal steps into the magnetic field generated by the induction loop it's recognised by the system and the information is then sent to a transmitter that displays it for the end user in a software environment and saves it in an MS Office Access Database.

The claw health is closely followed and documented by means of a locomotion score for each animal of the whole herd every two weeks. For this purpose cameras were installed at the milking parlour or milking robot exits, allowing for an indirect observation of the animals through video recordings. The choice of indirect video observation as opposed to direct observation at milking times was preferred as previous experience suggested an influence of the observer on the animals, who would often try to hide their lameness thus compromising the accuracy of the score.

2.3 Locomotion score according to Grimm & Lorenzini

The starting point and reference method for the claw health status of the animals during the project is the three point locomotion scoring system (1 = sound, 2 = unsound, 3 = lame) according to Grimm & Lorenzini [13]. This system only has 4 locomotion traits, chosen based on experience values and on an analysis of other commonly used scoring systems and locomotion traits, such as those described by Schlageter-Tello et al. in their study on the relation between locomotion traits and locomotion score [15]. The specific score for an animal is determined in two steps; firstly, gait, as the more general trait, is assessed as either regular or irregular. The animals with an irregular gait are directly classified as lame (score 3). In a second step, the locomotion of the animals with a regular, symmetric looking gait is examined for three more specific traits; back arch, compensatory posture and head bob. If one or more of these traits are present, the animal is considered a score 2 (unsound). If none of the traits is present, it is considered score 1 (sound). To increase the accuracy of the scoring system, the locomotion scoring is followed by a third step, consisting in a clinical examination. The claws of unsound (2) animals undergo a pain reaction test using hoof pincers. If the outcome is positive, regardless of whether there are any other clinical findings or not, these animals will be considered lame (3) and treated as such. The claws of all lame (3) animals are examined and treated if needed and the findings documented. The three point locomotion score can be represented graphically as a flow chart with a dichotomous decision boundary for each variable (*Figure 1*).

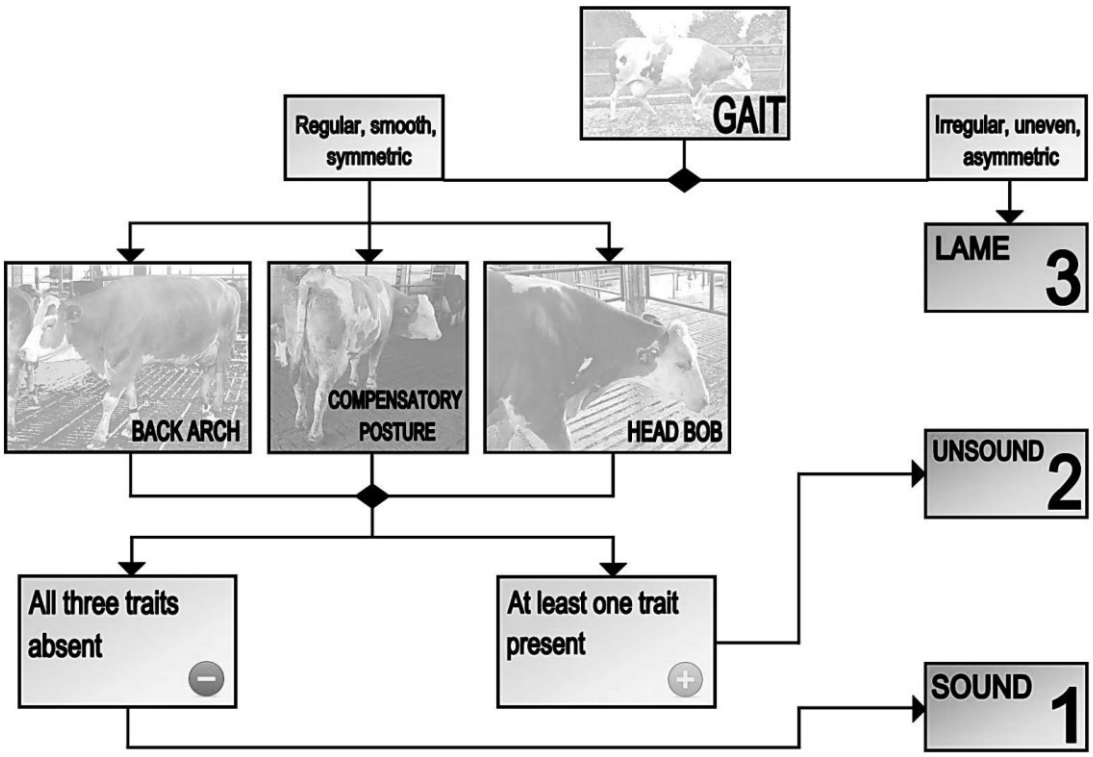


Figure 1: Locomotion score according to Grimm & Lorenzini

For this study, locomotion scores were performed on video as well as by direct observation; the scores performed by direct observation involved two observers scoring simultaneously without consulting each other. Two observers also simultaneously scored animals on video, and then repeated the viewing of the same video on a different day.

2.4 Inter- and intra-observer reliability

All data was analysed using R Studio (1.0.136 Version) [16]. To quantify the level of inter-observer agreement for the three point locomotion score both the percentage of agreement (PA), Cohen's Kappa (κ) and Kendall's Coefficient of Concordance (W) were calculated. Cohen's Kappa is a statistical measure that represents the level of agreement between two raters assessing the same objects on a nominal or ordinal scale, and has a value between -1 and 1, where 0 corresponds to a level of agreement equivalent to chance and 1 represents perfect agreement. Kendall's Coefficient of Concordance on the other hand is a "measure of the agreement among several (m) quantitative or semi quantitative variables that are assessing a set of n objects of interest" [17] and also has a value between -1 and 1, where 1 indicates perfect agreement and -1 indicates a negative association. In the case of this study, the variables are the two observers and the objects observed are the animals being scored. The data is considered separately for video and direct observation and for different observer combinations, as there were in total three observers that scored the animals in pairs simultaneously.

The second reliability parameter which was tested for the three point locomotion score according to Grimm & Lorenzini [13] is the intra-observer reliability, which is a statistical measure that refers to an observer's consistency in evaluating the same object(s) twice. The same statistical tests were performed as for the inter-observer reliability.

To test the intra-observer reliability two observers independently performed locomotion scorings of cows on video recordings and rescored the same video recordings one week later. Also, a locomotion scoring performed by two observers by direct observation was then repeated by scoring the video recordings from after the same milking session.

2.5 Fortnightly locomotion score (FS) and Daily locomotion score (DS)

The locomotion score is performed fortnightly for all animals in this study as the reference for claw health. The aforementioned pain reaction test was only preformed when cows were scored 2 for three FS in a row (i. e. for 6 weeks) for reasons of feasibility due to the large number of animals that were scored at a time. To find the exact lameness onset date of the animals which were found to be lame in the FS, the daily video recordings of after each milking were watched and the animal was assigned a score for every day until the day was found, when the animal moved soundly, i. e. scored 1. This daily locomotion score (DS) enables a precise reconstruction of the development of the lameness from its onset to its discovery. The time after the FS 3 was not further analysed, as the prediction of lameness was the aim of the study and not the examination of the healing process.

Seeing as the ultimate aim of the study is to have a score per day per animal, at the beginning of the data handling process all the remaining days between two FS all animals will be assigned a daily locomotion score by interpolation on the basis of rules which have been previously defined. For instance, if an animal has the same score for two FS running, the fourteen days between the two FS will be filled with the same score. If an animal has score 1 and a score 2 at the following FS, the first seven days of the interval will be filled with a score 1, and the next seven with a score 2. If an animal has a score 3 on one FS and a score 1 on the next FS the days between the two FS will be divided into thirds and the scores assigned accordingly.

3. RESULTS

3.1 Locomotion scoring and clinical examination of unsound animals

Between April 2017 and January 2018, n = 283 clinical examinations of lame or unsound animals were performed. The claws of the animals which were scored 3 in the FS were examined and hoof trimming was performed if necessary, whereas the animals which were scored 2 for six weeks in a row, i.e. three FS in a row, were tested for a pain reaction with hoof pincers. In the case of a positive pain reaction, or in the presence of any evident clinical findings, the animal's score was then corrected to a score 3. The animals whose pain reaction test resulted negative and did not present any clinical findings remained a score 2. *Figure 2* represents the results of these clinical examinations.

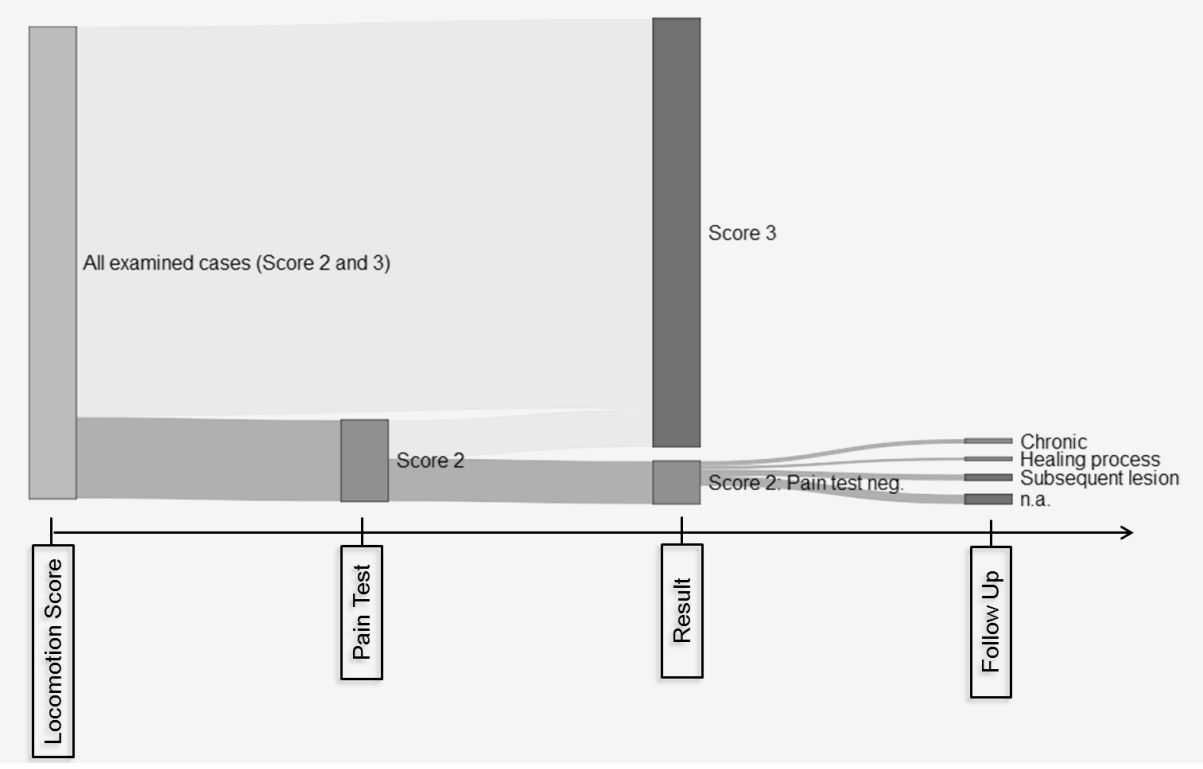


Figure 2: Sankey diagram illustrating the number of animals with score 2 and 3 as a result of the fortnightly locomotion scoring (FS), subsequent pain test and follow up.

Of the n = 283 cases, n = 234 were a score 3 to start and thus presented with clinical findings. Of the n = 49 remaining cases initially scored 2, 47 % (n = 23 cases) had a positive reaction to the pain test or had clinical findings and were therefore corrected to a score 3. 53 % on the other hand, had neither evident claw lesions nor reacted to the pain test with hoof pincers. These n = 26 cases correspond to n = 15 animals, as some of them were examined more than once in the above-mentioned period of time. The chronological sequence of the FS for these animals was analysed both before and after the negative pain test as illustrated in *Figure 3*. n = 4 animals developed a clinically apparent lameness after the first negative pain reaction (e. g. cow 457), and n = 2 animals were in the process of healing from a previous claw lesion (see cow 357). n = 3 animals were considered chronic, repeatedly presenting with scores 2 and 3, like cow number 499 in *Figure 3*. n = 5 animals' gait incongruences could not be explained through claw lesions as none were found after multiple examinations and pain tests. The locomotion score timeline of these animals typically resembles the timeline of cow number 485 in *Figure 3*, constantly switching between a score 1 and a score 2. One animal underwent the pain reaction test in January, so not enough data is present to make a hypothesis with regards to the cause of recurring gait or posture irregularities.

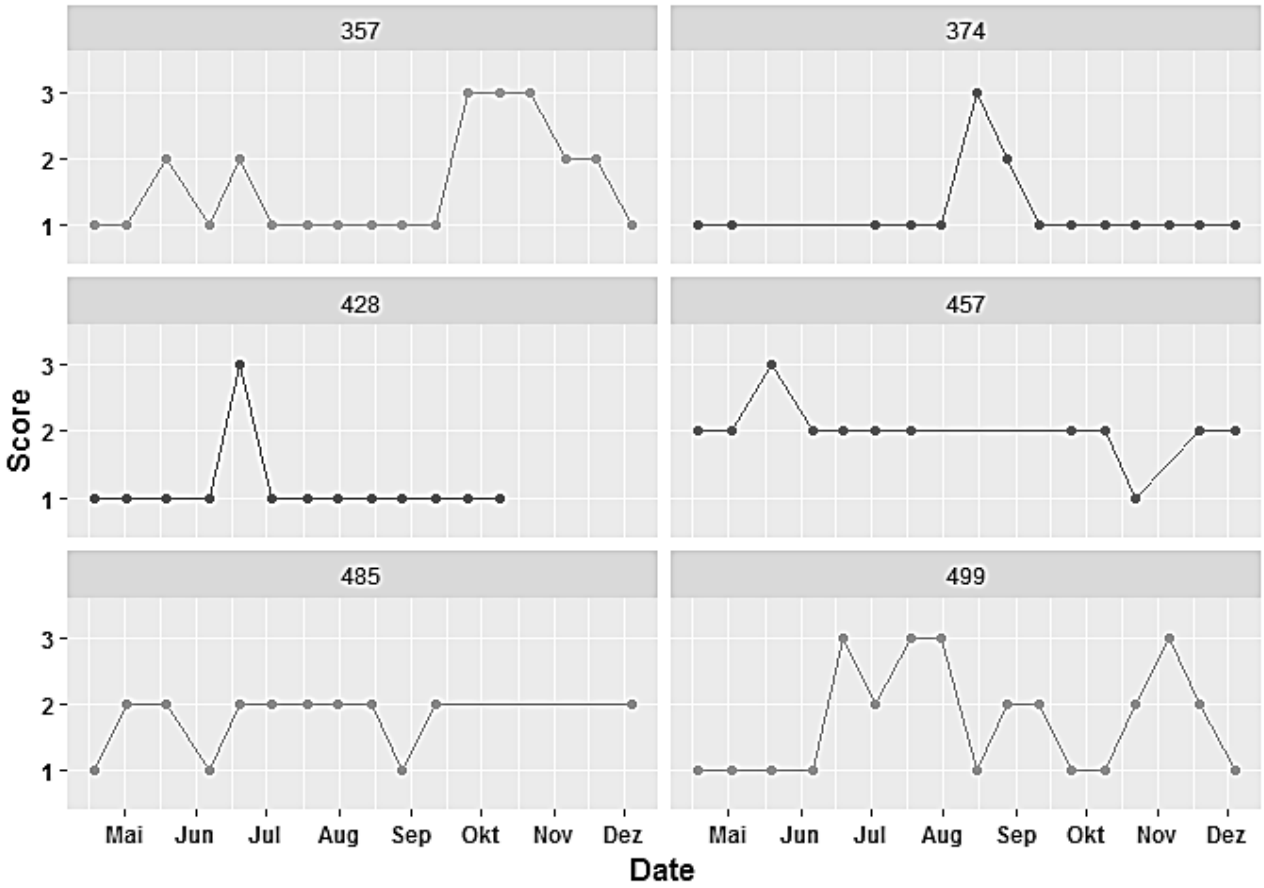


Figure 3: Locomotion score timelines for n = 6 chosen animals

3.2 Inter-observer reliability

The use of well-established locomotion scoring systems in previous projects proved problematic for various reasons; the level of agreement between two observers (inter-observer) as well as the level of agreement for one observer and multiple viewings of the same score (intra-observer) was not satisfactory and generally not very high, an observation which corresponds to Schlageter-Tello et al.'s findings in their review of manual locomotion scoring systems [7]. In particular the use of Sprecher et al.'s [9] five point locomotion scoring system proved difficult with Simmental cows in our recent research, as they do not consistently show lameness traits used in the system such as back arching when standing or moving. For these reasons a new score was developed to use in the current project (see also paragraph 2.3) and the level of agreement between raters was analysed.

In total n = 475 animals were scored by three different observers in pairs; the results show a slightly higher percentage of overall agreement for the video observation (80.1 %) compared to direct observation (77.9 %), although the percentage of agreement (PA) varies depending on the observer pairs (see *Table 1*). Kendall's Concordance Coefficient is highest (W = 0.889) for observer 1 and 2 in the direct observation and is considered "almost perfect" [18], whilst the lowest is between observer 1 and observer 3 (W = 0.578) in the direct observation, where it is only "moderate". The values calculated for Cohen's Kappa follow the same tendency as Kendall's Concordance Coefficient, but with slightly lower values (see *Table 1*).

The results are graphically represented in *Figure 4*; in the bar plot there is no distinction between observer pairs.

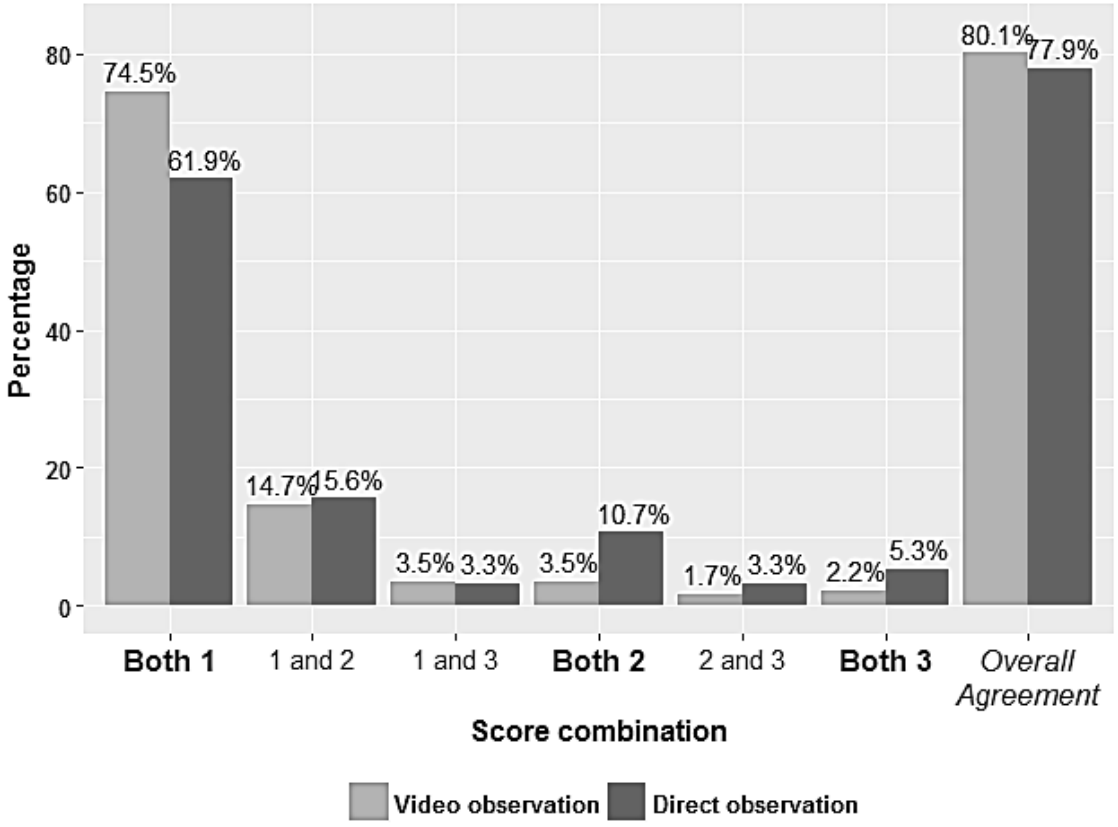


Figure 4: Bar plot showing the percentage of inter-observer agreement for different score combinations and the overall inter-observer agreement for both video and direct observation. n (observers) = 3, n (scored animals) = 475

Table 1: Percentage of agreement (PA) and inter-observer reliability (W and κ) for three observers

	Observer 1 & Observer 2	**Observer 1 & Observer 3**	**All observers**
PA video observation	78 % (n = 159)	84.7 % (n = 72)	80.1 % (n = 231)
PA direct observation	85 % (n = 147)	67 % (n = 97)	77.9 % (n = 244)
W video observation	0.640 (n = 159)	0.784 (n = 72)	0.680 (n = 231)
W direct observation	0.889 (n = 147)	0.578 (n = 97)	0.786 (n = 244)
κ video observation	0.354 (n = 159)	0.635 (n = 72)	0.423 (n = 231)
κ direct observation	0.772 (n = 147)	0.221 (n = 97)	0.606 (n = 244)

3.3 Intra-observer reliability

The results of the statistical tests carried out to measure the level of intra-observer agreement, listed in *Table 2*, show a high percentage of agreement for the repeated viewing of the video recordings, and an overall intra-observer reliability which at $W = 0.768$ can be considered "substantial" [18] and $\kappa = 0.6$ which can be regarded as "moderate" [18]. The observers were not considered individually for these tests.

Table 2: Percentage of agreement (PA) for two observers and multiple viewings and intra-observer reliability (W and κ)

	Video observation	**Direct obs./ video obs.**	**Overall**
Percentage of agreement	90.3 % (n = 238)	72.4 % (n = 192)	82.3 % (n = 430)
Kendall's W	0.856 (n = 238)	0.681 (n = 192)	0.768 (n = 430)
Cohen's Kappa	0.77 (n = 238)	0.419 (n = 192)	0.600 (n = 430)

In *Figure 5* the distribution of the scores in the different viewings is represented graphically in a jitter plot. Each dot represents an animal (n = 430) and its position in the graph represents whether the scores assigned to it in the two viewings were concordant or discordant. The black dots are the concordant scores, i.e. the score on the first and the second viewing given by the same observer were the same. The highest number of dots is to be found where the animal was a score 1 in both viewings, although this also depends on the fact that score 1 had an overall higher frequency in the locomotion scoring sessions. The highest number of discordant scores can be found at the score 1 with score 2 combinations. Interestingly, more animals had a score difference (meaning the absolute value of the score at the first viewing minus the score at the second viewing) of 2, than animals which were scored respectively a 2 or a 3 on the first viewing and a 3 or a 2 at the second (thus had a score difference of 1).

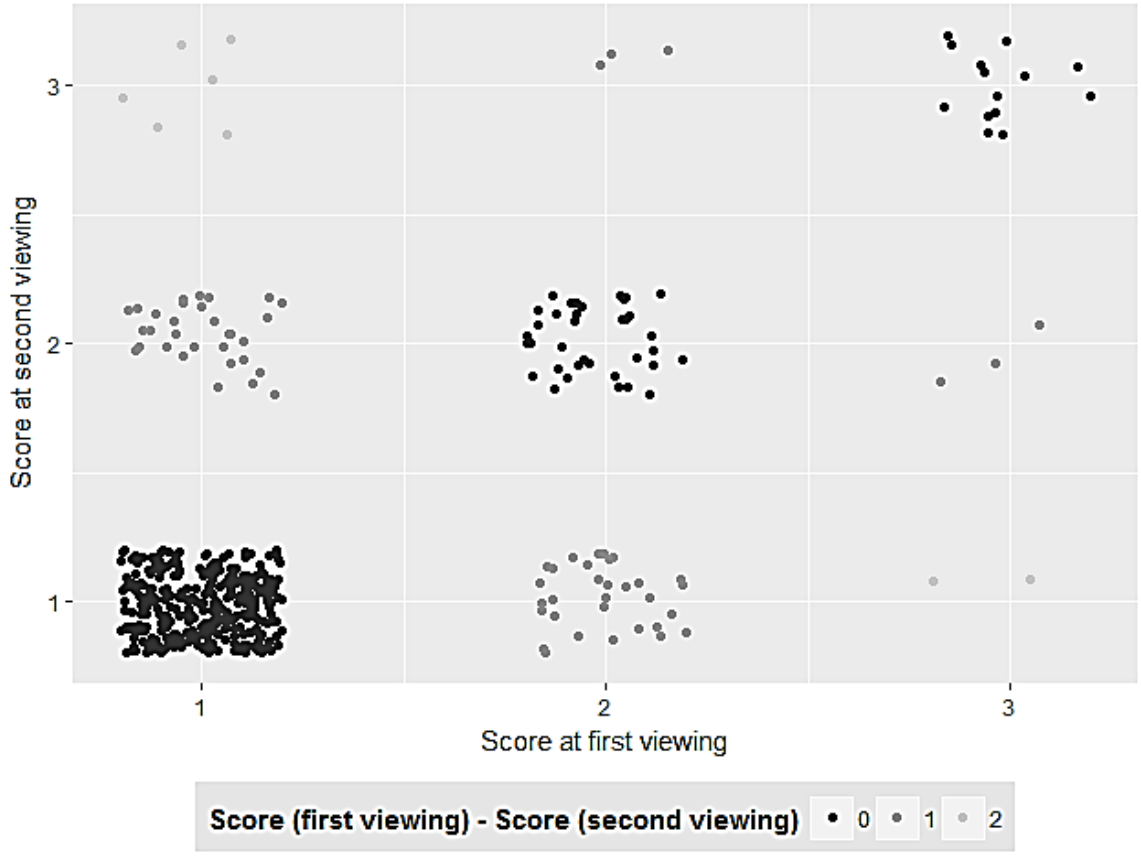


Figure 5: Jitter plot illustrating the combinations of scores for one observer and two different viewings of the same group of animals. n (scored animals) = 430

3.4 Daily locomotion score analysis

The animals which were scored 3 after directly at an FS or after a positive pain test were subsequently scored in the daily video recordings from the days preceding the FS to find the day of onset of the lameness.

Figure 6 illustrates the occurrence of different time lapses, from the last day in which the cow was scored 1 (DS1) in the daily locomotion score, to the first of the following days in which the same cow was scored 3 (DS3), so the day of lameness onset. For reasons of comparison, the time lapse between the last day in which the cow was scored 1 (DS1) to lameness discovery at the fortnightly locomotion score (FS3) is displayed in the same plot. A total of n = 50 lameness cases was analysed to generate the graph in *Figure 6*.; the pale grey density curve illustrates how in this study most lameness cases developed during the time of 1 to 7 days, with a frequency peak at 3 and at 1 day(s). The dark grey density curve shows how in contrast 10 to 15 days elapsed in most lameness cases between the animal being sound and lameness discovery at the fortnightly locomotion score.

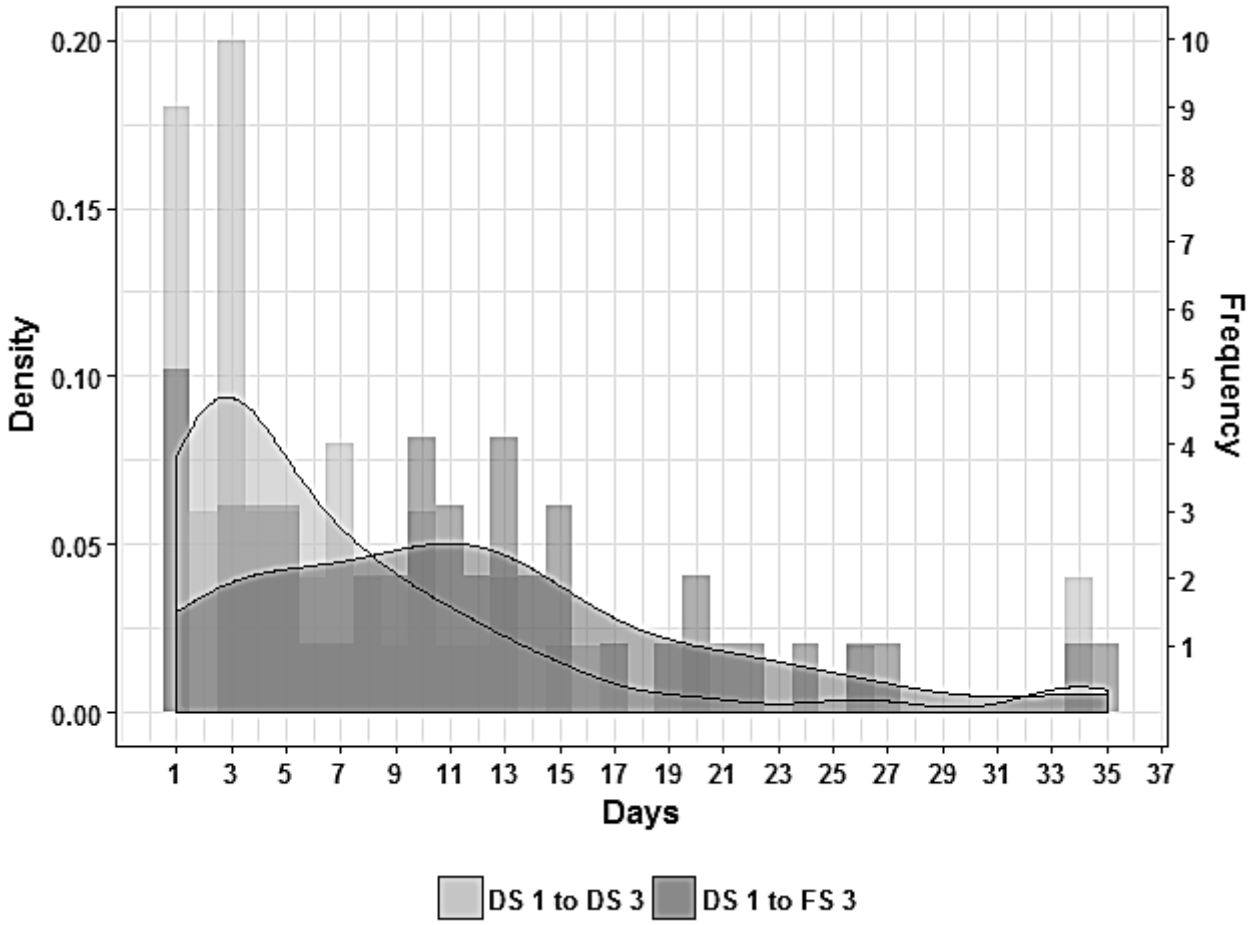


Figure 6: Density curve and histogram illustrating the occurrence of different time lapses between 1 (pale grey): the last day the animal presented as sound (DS 1) and lameness onset (DS 3), and 2 (dark grey): the time lapse between the last day the animal presented as sound (DS 1) and the day the lameness was discovered at the fortnightly locomotion score (FS 3)

In a next step the time difference between DS3 and FS3 was calculated, in order to verify whether a fortnightly locomotion score such as the one carried out in this study is frequent enough to detect lame animals early. *Figure 7* displays frequency and density of the time lapses in which the animals were lame for before being discovered. The highest frequency was encountered at 0 and 2 days, as well as at 10 and 11 days. As the data was not normally distributed the median was calculated and resulted in Mdn = 3 days, meaning that approximately half of the lameness cases were discovered within 3 days of the onset of lameness.

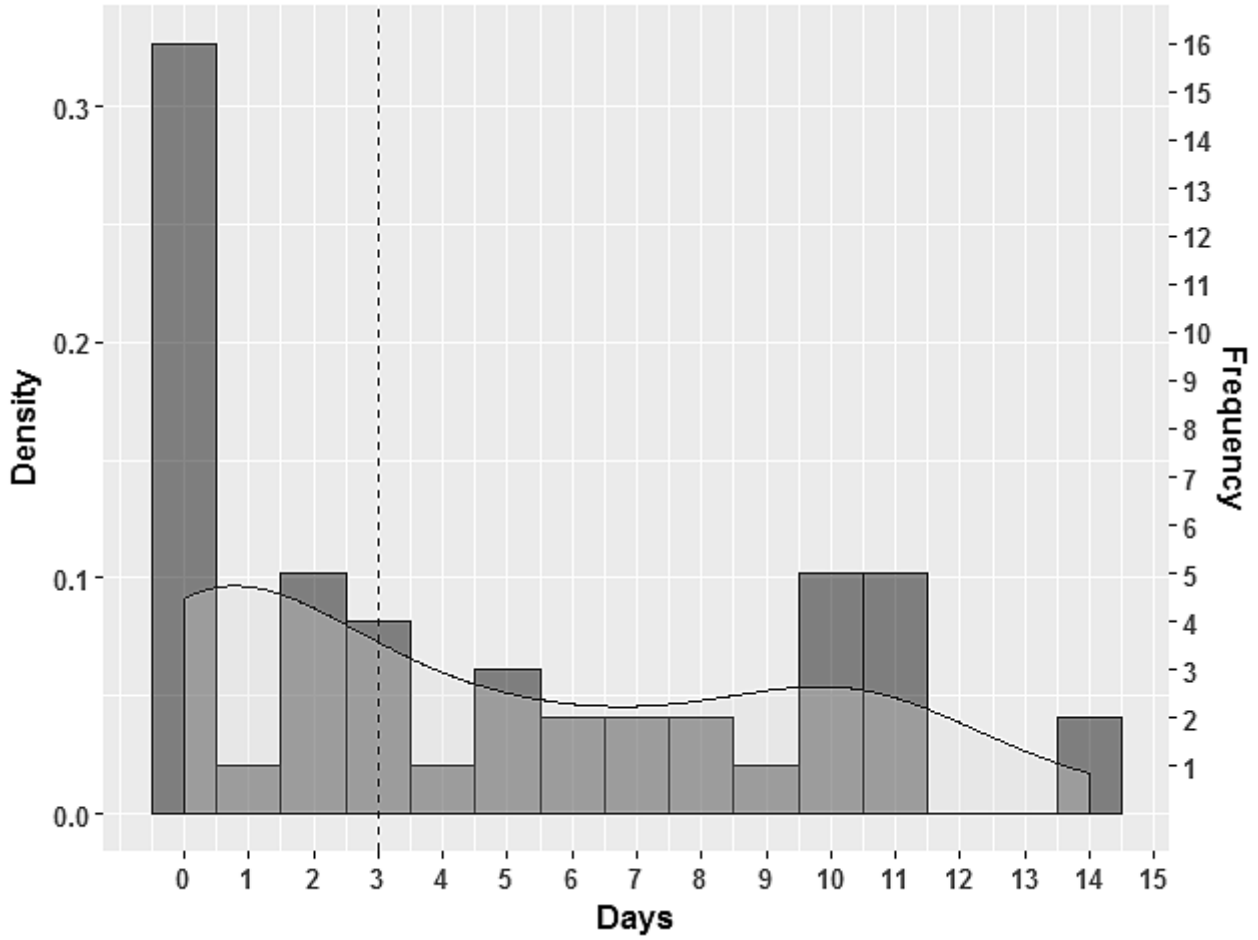


Figure 7: Histogram and density curve of the occurrence of the difference in days between the actual onset of lameness and lameness discovery at fortnightly locomotion score.

4. DISCUSSION

4.1 Locomotion score reliability and study limitations

The aim of including a clinical examination of lame animals after the locomotion score at the fortnightly farm visits is to improve the accuracy of the score. Due to time limitations it is not possible to examine the claws of all the animals in the herd after every locomotion score, meaning that the clinical examinations are restricted to animals that were considered lame in the first place or were a score 2 six weeks in a row. Therefore it is not possible to confirm the lack of clinical findings in animals considered sound and scored 1. This only limits the strength of the locomotion score to a certain extent, as animals that are actually lame and are erroneously scored 1 in a fortnightly score are expected to stand out at a later locomotion score when the lameness progresses; in this case the lameness onset is found by means of a daily locomotion score and the previous supposed "sound" animal's score is changed if necessary.

On the other hand, lameness cases which are examined without any clinical findings aren't retrospectively changed to a score 1, as some claw diseases, such as laminitis, can be extremely painful for the animal but produce no immediate lesions to the horn which would be visible to the naked eye.

One of the greatest difficulties in the process of locomotion scoring on video recordings is the amount of subjectivity involved in judging a cow's gait and posture. There are many influencing factors for video locomotion scoring including lighting conditions, which are especially difficult in the winter, and overcrowding of the area where cows are scored, which makes it difficult to see each animal individually. The way the animals exit the milking parlour differs on each farm; on one farm the cows exit in single file and walk on an even surface past the camera, on others the cows crowd the exit of the milking parlour, making it difficult to judge gait and posture.

The overall percentage of agreement (PA) illustrated in *Figure 4* and *Table 1*, show an almost equal level of agreement between observers for the video observation (PA = 80.1 %) and for the direct observation (PA = 77.9 %).

A different situation presents itself when Kendall's Coefficient of Concordance (W) is calculated; in this case the scoring by direct observation has a higher level of agreement between observers ($W = 0.786$) than the video observation ($W = 0.680$). Cohen's Kappa (κ) was also calculated to measure the level of inter-observer and intra-observer reliability; this statistical test in particular was chosen for reasons of comparability. All other manual locomotion scoring systems listed in Schlageter Tello's review [7] are compared for inter- and intra-observer agreement using Cohen's Kappa and the percentage of agreement.

Whilst the PA only considers whether the scores given by the two observers have the same value, Kendall's W and Cohen's Kappa also take into consideration how far apart the discordant scores are; if observer 1 considers an animal to be lame (score 3) and observer 2 considers an animal to be completely sound (score 1), this influences the level of inter-observer reliability more than if the scores are only one rank apart.

Both W and κ measure the level of agreement between multiple observers rating the same objects or one observer reassessing the same objects in a separate viewing, and they both have values between –1 and +1. However, these two measures aren't directly comparable. Cohen's Kappa corrects the value for chance agreement, so that the value of can never be 1. In the case of this study, ordinal values with a ranking of 1 to 3 were used, therefore the possibility of chance agreement is very high, which increases the correction for chance agreement, thus decreasing the possibility of reaching higher values of κ in comparison to scores with more ranks. Cohen's Kappa was calculated using squared weighting in order to take into account the difference in ranking between scores and not just the score concordance or discordance. The lower κ value for the inter-rater reliability for the video observation can be explained by the fact that the "score 1 and score 3" combination (see *Figure 4*) is at 3.5 % the third most frequent score combination, and due to the squared weighting, this combination of scores particularly influences the outcome of the test. Although the percentage for this score combination is almost the same for the direct observation (at 3.3 %), in this case the "score 2 and score 2" combination was more frequent at 10.7 %, balancing the effect of the more heavily weighted "score 1 and score 3" combination and increasing κ's value.

The video scoring method is used nonetheless in this project, as previous experience and on-farm trials before the start of the project indicated that the presence of an observer standing at the milking parlour exit evidently affected the animals' behaviour.

4.2 Importance of regular locomotion scoring

The fluctuation of the locomotion scores in the course of this study (as illustrated in the timelines in *Figure 3*) demonstrates the need for regular locomotion scoring; one score every few months before or after claw trimming is not enough to capture most lameness bouts early enough, which can develop as quickly as illustrated in the density curves in *Figure 6*. To avoid chronic cases of lameness and not only economic loss but also concomitant severe pain for the cow it is crucial to detect lame cows in the early stages of the disease. According to the results of the data analysis in this study the chances of discovering lame animals soon after the onset of lameness are high if locomotion scoring takes place every 10 to 14 days; seeing as most analysed cases of lameness took between 1 and 9 days to develop (see *Figure 6*). It is especially noticeable in *Figure 7* how in 16 cases there were 0 days difference between lameness onset and lameness discovery. This high frequency is a consequence of the combination of the locomotion score and the pain test. Most of the 0 day differences result from cases where animals presented with a score 2 in the DS for every day preceding the FS and originally also at the day of the FS itself, but were then corrected to a score 3 as a consequence of the positive pain test. These cases are especially relevant as they would not have been discovered if the locomotion score were not combined with a pain test. The closer examination of animals which repeatedly present with a score 2 offers an insight into the highly variable pattern of lameness development in the individual.

5. CONCLUSION

5.1 Automatic lameness detection

The conditions in which on-farm locomotion scoring takes place are often not ideal. The animals haven't always got a straight, even surface where they walk past the farmer allowing for accurate scoring. Also, time for locomotion scoring of the whole herd and animal observation isn't always available and most importantly not as often as suggested in the previous paragraph.

These issues highlight the need for automatic lameness detection on farms, which would shorten the crucial time lapse between lameness onset and recognition.

The three point locomotion score used in this study was developed with the intention of using it as a reference system for a predictive algorithm, meaning the algorithm would be able to distinguish between a severely lame animal which immediately needs treatment (score 3) and an animal which currently presents the conditions which speak for the development of a case of lameness and will become acute if not treated soon (score 2).

The claw health data for the months of September through to January have been collected but still not analysed, so many more lameness cases will be analysed in the future and eventually compared to automatically collected behaviour data in order to examine the correlations between the relevant parameters and the development of claw diseases.

6. LITERATURE

[1] T. S. Stashak und H. Wissdorf, Adams' *Lahmheit bei Pferden*. Schlütersche, 2008.

[2] R. D. Murray u. a., „Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions", *Vet. Rec.*, Bd. 138, Nr. 24, S. 586–591, Juni 1996.

[3] C. Mülling, J. Hagen, A. Fiedler, und S. Bystron, „Klauenerkrankungen beim Rind", *Der Praktische Tierarzt*, Nr. 93 (Suppl. 1), 2012.

[4] Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V., „LKV-Leistungsprüfung und LKV-Beratungsgesellaschaft mbH in der Milchviehhaltung in Bayern 2015, Ergebnisse und Auswertungen", 2015. [Online]. Verfügbar unter: http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/mlp_jahresbericht2015.pdf. [Zugegriffen: 29-Mai-2017].

[5] European Food Safety Authority (EFSA), „Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease", *EFSA J.*, Bd. 7, Nr. 7, S. n/a-n/a, Juli 2009.

[6] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „Milchbericht 2017 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft", Mai 2017.

[7] A. Schlageter-Tello *u. a.*, „Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review", *Prev. Vet. Med.*, Bd. 116, Nr. 1–2, S. 12–25, Sep. 2014.

[8] A. C. Hoffman, D. A. Moore, J. R. Wenz, und J. Vanegas, „Comparison of modeled sampling strategies for estimation of dairy herd lameness prevalence and cow-level variables associated with lameness", *J. Dairy Sci.*, Bd. 96, Nr. 9, S. 5746–5755, 2013.

[9] D. J. Sprecher, D. E. Hostetler, und J. B. Kaneene, „A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance", *Theriogenology*, Nr. 47, S. 1179–1187, 1997.

[10] F. J. Manson und J. D. Leaver, „The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle", *Anim. Sci.*, Bd. 47, Nr. 02, S. 185–190, 1988.

[11] A. J. Channon, A. M. Walker, T. Pfau, I. M. Sheldon, A. M. Wilson, und others, „Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers", *Vet. Rec.*, Bd. 164, Nr. 13, S. 388, 2009.

[12] K. A. O Callaghan, P. J. Cripps, D. Y. Downham, und R. D. Murray, „Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle“, *Anim. Welf.*, Bd. 12, Nr. 4, S. 605–610, 2003.

[13] I. Lorenzini, K. Schindhelm, B. Haidn, und E. Misha, „Using a three point lameness scoring system combined with a clinical examination to increase the reliability of visual locomotion scoring.“, in *Proceedings of the 19th International Symposium and 11th International Conference on Lameness in Ruminants*, Munich, Germany, 2017.

[14] K. Grimm, B. Haidn, M. Tremblay, und D. Döpfer, „Automatically Measured Performance and Behavior Parameters as Indicators of Lameness in Dairy Cattle“, in *Proceedings of the 19th International Symposium and 11th International Conference on Lameness in Ruminants*, Munich, Germany, 2017.

[15] A. Schlageter-Tello *u. a.*, „Relation between observed locomotion traits and locomotion score in dairy cows“, *J. Dairy Sci.,* Bd. 98, Nr. 12, S. 8623–8633, Dez. 2015.

[16] RStudio Team, RStudio: *Integrated Development for R (1.0.136 Version).* Boston, MA, 2015.

[17] P. Legendre, „Coefficient of concordance“, *Encyclopedia of Research Design, N.J. Salkind*, Bd. 1. SAGE Publications, Los Angeles, S. 164–169, 2010.

[18] J. R. Landis und G. G. Koch, „The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data“, *Biometrics*, Bd. 33, Nr. 1, S. 159, 1977.

Auswirkungen von Automatisierung auf die Arbeitsanforderungen der Melkarbeit

Martin Höhendinger, Sophie Kern,
Jörn Stumpenhausen, Heinz Bernhardt
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München,
Freising-Weihenstephan, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Die menschliche Arbeitskraft zählt zu den wichtigsten Produktionsfaktoren landwirtschaftlicher Betriebe, dabei zählt besonders die Melkarbeit zu den arbeitsintensivsten Tätigkeiten. In diesem Zusammenhang wurde am Beispiel des Arbeitsfeldes Melkarbeiten untersucht, wie sich steigende Automatisierungsgrade auf die tägliche Arbeit der Landwirte auswirken kann. Dazu wurden drei verschiedene Melksysteme hinsichtlich der Arbeitszeitansprüche und Arbeitsformen untersucht. Die zu vergleichenden Systeme sollen verschiedene Stufen der Automatisierung wiederspiegeln, daher wird ein „manueller Melkstand“, ein „halbautomatischer Melkstand“ und ein „automatisches Melksystem“ unterschieden. Zur Berechnung der Arbeitszeitansprüche wurde der Melkprozess in Arbeitsteilschritte untergliedert, die jeweils einer der Kategorien körperliche, sensomotorische und geistige Arbeit zugeordnet wurden. Anschließend wurden aus Literaturangaben die Arbeitszeitansprüche für jeden Arbeitsteilschritt ermittelt und für die jeweilige Kategorie aufsummiert. In der anschließenden Vergleichsanalyse zeigte sich, dass mit steigendem Automatisierungsgrad der Gesamtarbeitszeiteinsatz für das Melken sowie die Arbeitsform der körperlichen Arbeit deutlich reduziert werden können. Die rein geistige Arbeit nimmt vor allem beim Automatischen Melksystem (AMS) einen großen Teil der Arbeitszeit in Anspruch. Für eine genauere Untersuchung sollten jedoch die Kategorien sensomotorische und geistige Arbeit noch stärker differenziert werden. Eine Untersuchung für die Arbeitsfelder Füttern und Entmistung wird derzeit durchgeführt.

1. EINLEITUNG

Die menschliche Arbeit zählt neben Kapital und Boden zu den wichtigsten Produktionsfaktoren auf landwirtschaftlichen Betrieben. Da in Deutschland nicht nur die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe, sondern auch die Anzahl der Familien- und Fremdarbeitskräfte auf landwirtschaftlichen Betrieben rückläufig ist, jedoch die Größe der Tierbestände je Betrieb immer weiter zunimmt, wird menschliche Arbeitskraft immer knapper [11]. Durch Rationalisierung und Mechanisierung von Routinearbeiten wird eine Erhöhung des Arbeitsoutputs der menschlichen Leistung erreicht. Daraus folgt, dass es bei der Automatisierung von Routinearbeiten in der Milchviehhaltung, wie beim Melken zu einer Verdichtung von Entscheidungen durch den Menschen kommt [8].

In der der konventionellen Milchviehhaltung zählt das Melken zu den arbeitsintensivsten Tätigkeiten (*Abbildung 1*) [7]. Auch deshalb investieren immer mehr Betriebe in ein Automatisches Melksystem (AMS). Als Hauptgründe dafür werden Arbeitszeiteinsparungen und flexiblere Arbeitszeiten genannt [4].

Die dabei entstehende Arbeitsbelastung hängt von den jeweiligen Haltungsverfahren sowie Art und Automatisierungsgrad der verwendeten Melktechnik ab [6]. Für die Arbeitswissenschaft ist jedoch nicht nur die Rationalisierung der Arbeit, sondern auch die Verbesserung und Analyse der Arbeitsbedingungen von Bedeutung [1].

Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, wie sich die Automatisierung der Melkarbeit auf die Arbeitszeit und die Arbeitsformen der Melkarbeit auswirkt. Dazu werden auf drei fiktiven Modellbetieben mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden die Arbeitszeitanprüche der einzelnen Teilarbeitsschritte beim Melken betrachtet und miteinander verglichen.

Anschließend wird diskutiert in wie weit sich diese Entwicklung fortsetzt und auf andere Arbeitsbereiche der Milchviehhaltung übertragbar ist.

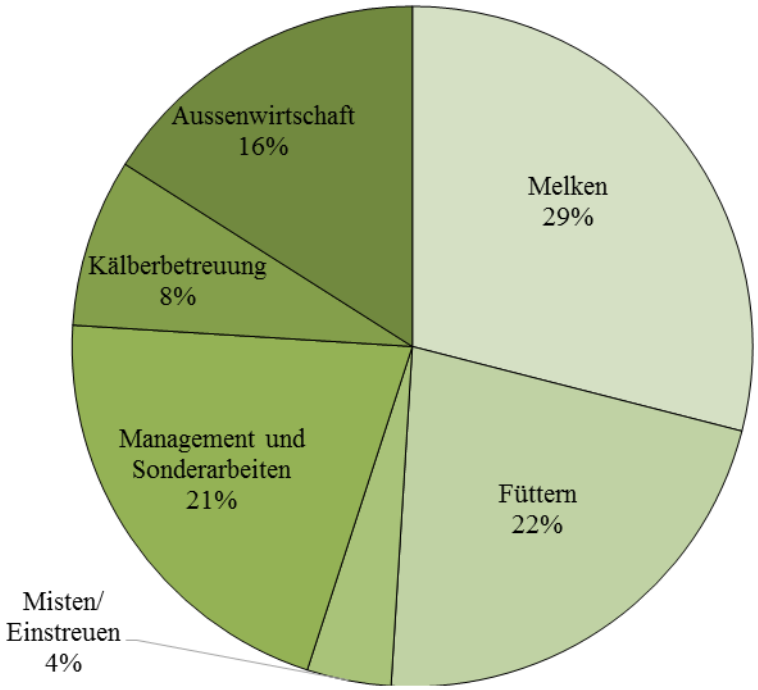


Abbildung 1: Relative Anteile der einzelnen Arbeitsfelder in einem Laufstall mit Ganzjahressilagefütterung und 8000kg Milchleistung bei 60 Kühen nach [7]

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Festlegung der Modellsysteme

Die drei zu vergleichenden Systeme sollen verschiedene Stufen der Automatisierung wiederspiegeln, daher wird ein „manueller Melkstand“, ein „halbautomatischer Melkstand“ und ein „automatisches Melksystem“ unterschieden. Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich zwischen den Beispielbetrieben soll auf Literaturdaten zurückgegriffen werden. Die Auswahl der Dimensionierung und Techniken ist vor allem auf die zugrundeliegenden Daten zurückzuführen. Dabei sollen alle drei Varianten für eine Betriebsgröße von 120 Milchkühen geeignet sein und in der Praxis zum Einsatz kommen. Für die manuelle und halbautomatisierte Variante wird daher jeweils ein Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen angenommen. Für größere Melkstände stehen nur Daten für Melkstände mit Melkhilfen (z. B. Anrüstautomatik, automatische Abnahme etc.) zu Verfügung, sie wurden daher nicht berücksichtigt, da dadurch der spätere Vergleich mit dem rein manuellen System verzerrt werden würde. Als Automatisches Melksystem wurde ein AMS mit zwei Melkboxen und freiem Kuhverkehr gewählt. Die drei unterschiedlichen Melksysteme sind in *Tabelle 1* zusammengefast dargestellt.

Tabelle 1: Ausstattung der Beispielbetriebe

System	**Manuell**	**Halbautomatische**	**Automatisch**
Spezifikationen	Fischgrätenmelkstand 2x6 Melkplätze Ohne Melkhilfen Ohne Schnellaustrieb	Fischgrätenmelkstand 2x6 Melkplätze Mit Vorstimulation Mit Abnahmeautomatik Ohne Schnellaustrieb	Automatisches Melksystem Freier Kuhverkehr Zwei Melkboxen

2.2 Datengrundlage und Berechnungen

Die Melkarbeiten werden zum besseren Vergleich in Teilschritte untergliedert. Da sich die Teilschritte für das manuelle und halbautomatische System (*Tabelle 2*) grundlegend von den Teilschritten des AMS unterscheiden, werden bei diesem System andere Arbeitsteilschritte angewendet (*Tabelle 3*). Durch den Vergleich von Wegfall oder Änderung der Teilschritte werden Änderungen im Arbeitsablauf durch die Automatisierung sichtbar. Außerdem werden die Arbeitsschritte, so weit möglich, den Kategorien körperlicher, sensomotorischer und geistiger Arbeit zugeordnet. So können anschließend die Anteile der Arbeitsformen in den unterschiedlichen Melksystemen verglichen werden.

Da nicht für alle Systeme Werte für den Gesamtarbeitszeitbedarf bzw. die Arbeitsschritte vorhanden sind, müssen diese berechnet werden. Dies erfolgt mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel 2016). Die Gesamtarbeitszeiten in den verschiedenen Systemen werden teilweise mit ART-Arbeitsvoranschlag 2016 (Version 1.5.2) kalkuliert. Weiterhin wird zur Berechnung auf die KTBL Betriebsdatensammlung 14/15 sowie auf Daten aus Publikationen zurückgegriffen.

Die berechneten Arbeitszeitansprüche werden anschließend in AKmin je Kuh und Tag umgerechnet. Der Vergleich zwischen den jeweiligen Melksystemen erfolgt anhand der summierten Arbeitszeitansprüche für die jeweilige Kategorie.

Tabelle 2: Arbeitsteilschritte und Arbeitszeitansprüche der Melksysteme manuell und halbautomatisch [6, 9]

Arbeitsschritt	**Arbeitsform**	**AKmin / Kuh und Tag**	
		manuell	**halbautomatisch**
Kühe einlassen	körperlich	0,20	0,20
Euter vorbereiten (Vormelken, Reinigung, Stimulation)	sensomotorisch	0,55	0,18
Melkzeug ansetzen	körperlich	0,20	0,17
Melkzeug ausrichten	körperlich	0,03	-
Nachmelken	körperlich	0,20	-
Melkzeug abnehmen	körperlich	0,08	-
Euterkontrolle/Dippen	sensomotorisch	0,06	0,06
Kühe auslassen	körperlich	0,15	0,15
Gehen im Melkstand	körperlich	0,21	0,10

Tabelle 3: Arbeitsteilschritte und Arbeitszeitansprüche für das AMS [3]

Arbeitsteilschritt	**Arbeitsform**	**AKmin / Tag**
Melken vorbereiten	körperlich	3
Melken	körperlich	23
Tierkontrolle	sensomotorisch	19
EDV Aufgaben	geistig	37
Reinigung Melkbox	körperlich	26
Neue Tiere anlernen	geistig	6
Fehlerbeseitigung je Tag	geistig	15
Milchtank/Puffertank reinigen	körperlich	8

Für das AMS wird die Gesamtarbeitszeit in AKmin je Kuh und Tag für 2 Melkboxen aus der KTBL Betriebsdatensammlung 2014/2015 [2] entnommen. Die Einteilung der Teilarbeitsschritte (*Tabelle 3*) erfolgt nach [3]. Da die Daten für die Teilarbeitsschritte in AKmin je Tag vorliegen, müssen diese mithilfe der angegeben Herdengröße in AKmin je Kuh und Tag umgerechnet werden. Eine direkte Übertragung der Arbeitszeit der Teilarbeitsschritte auf die gewählte Herdengröße ist nicht möglich, daher muss die benötigte Zeit für die Teilarbeitsschritte berechnet werden. Dazu werden die Teilarbeitsschritte ins Verhältnis zur Gesamtarbeit gesetzt. Anschließend wird aus diesem Verhältnis und dem, von [3] angegeben Gesamtzeitbedarf für das Melken mit AMS die Arbeitszeit der Teilarbeitsschritte berechnet.

3. ERGEBNISSE

Der Gesamtarbeitszeitbedarf des manuellen Melkstands liegt bei 3,96 AKmin je Kuh und Tag bzw. 18,76 AKh je Kuh und Jahr. Dabei entfallen 1,68 Akmin je Kuh und Tag auf die Routinearbeiten des Melkens. Besonders viel Zeit nimmt mit fast einer Minute je Kuh und Tag die Eutervorbereitung mit Vormelken, Reinigung des Euters und Stimulation ein. Der verbleibende Anteil von 2,01 Akmin je Kuh und Tag entfällt auf sonstige Nebentätigkeiten, wie Reinigungsarbeiten, Wartezeiten etc., die zu den körperlichen Arbeiten gerechnet werden. Insgesamt beträgt die Arbeitszeit für körperliche Arbeiten 3,08 Akmin je Kuh und Tag und für sensomotorische Arbeiten 0,61 Akmin je Kuh und Tag. Rein geistige Tätigkeiten fallen in diesem System nicht an.

Im halbautomatischen Melkstand verringert sich der Gesamtarbeitszeitbedarf auf 2,81 AKmin je Kuh und Tag bzw. 14,28 AKh je Kuh und Jahr. Durch den Einsatz der Melkhilfen verringert sich vor allem die Routinearbeitszeit. Sie beträgt im halbautomatischen Melkstand nur noch 0,86 Akmin je Kuh und Tag. Die Arbeitsteilschritte „Melkzeug ausrichten“, „Nachmelken“ und „Melkzeug abnehmen“ werden komplett von der Melktechnik übernommen. Einsparungen ergeben sich auch beim „Euter vorbereiten“ durch den Wegfall der händischen Stimulation des Euters. Auch hier wird die restliche Arbeitszeit den sonstigen Nebentätigkeiten zugeschrieben. Insgesamt bewirkt die Teilautomatisierung eine Verringerung der körperlichen Arbeit auf 2,57 Akmin je Kuh und Tag und der sensomotorischen Arbeit auf 0,24 Akmin je Kuh und Tag im Vergleich zum manuellen System.

Der Gesamtarbeitszeitbedarf des AMS ist mit 1,77 AKmin je Kuh und Tag bzw. 9,00 AKh je Kuh und Jahr im Vergleich zum manuellen am geringsten. Sämtliche Routinearbeiten, die im Melkstand anfallen, werden vom AMS übernommen, der Landwirt übernimmt großteils Steuerungs- und Kontrollaufgaben. Die Melkarbeiten selbst beschränken sich auf das Nachtreiben von überfälligen Kühen. Dadurch übernimmt im Vergleich zu den beiden anderen Melksystemen die rein geistige Arbeit eine wichtige Rolle mit 0,74 Akmin je Kuh und Tag. Die rein körperlichen Arbeiten werden auf 0,77 Akmin je Tier und Tag reduziert, der Arbeitszeitanspruch von sensomotorischen Tätigkeiten bleibt mit 0,24 Akmin im Vergleich zum halbautomatischen System unverändert.

Der Vergleich der drei Melksysteme bezüglich der Arbeitsform zeigt deutliche Unterschiede zwischen den jeweiligen Systemen (*Abbildung 2*). Während im Melkstand keine reine geistige Arbeit anfällt, zeigt diese im AMS den zweit größten Arbeitskraftanspruch und somit einen nahezu gleich großen Anteil wie die körperliche Arbeit. Der Grund dafür ist vor allem im erhöhten Aufwand für EDV-Aufgaben und Tierkontrolle zu suchen. Die Arbeitszeitansprüche für sensomotorische Arbeiten sind im halbautomatischen Melkstand und AMS gleich.

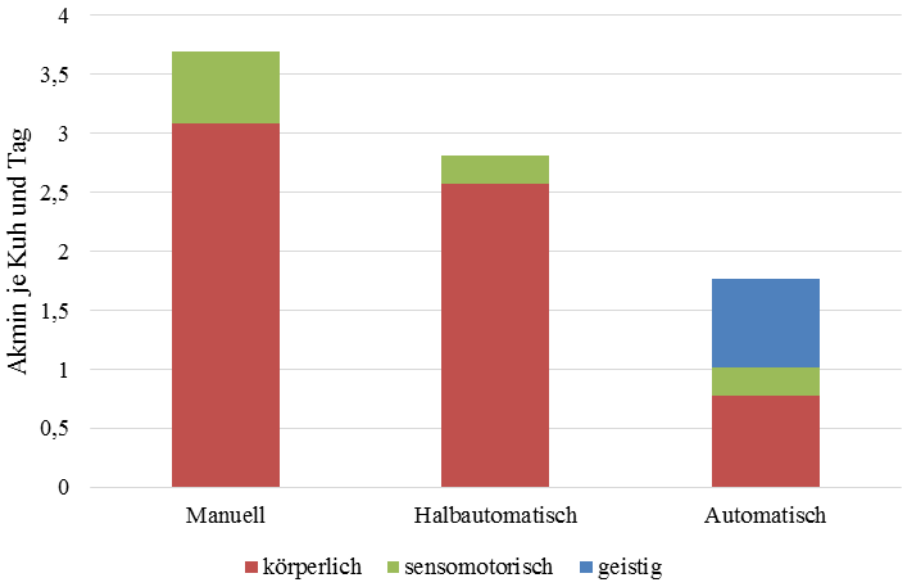


Abbildung 2: Vergleich der verschiedenen Melksysteme nach Arbeitszeitanspruch und Arbeitsform

4. DISKUSSION

4.1 Reduzierung und Verlagerung der Arbeitszeit

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen deutlich eine Reduzierung des Gesamtarbeitszeitanspruchs der Melkarbeit mit steigendem Automatisierungsgrad. Durch den Einsatz der Melkhilfen im halbautomatischen Melkstand entfallen die Arbeitsteilschritte „Melkzeug ausrichten“, „Nachmelken“ und „Melkzeug abnehmen“ da sie komplett von der Melktechnik übernommen werden. Einsparungen ergeben sich auch beim aufwendigen „Euter vorbereiten“ durch den Wegfall der händischen Stimulation des Euters. Diese Änderungen bewirken eine Verringerung des Anteils der körperlichen Arbeit im halbautomatischen Melkstand im Vergleich zum manuellen Melkstand. Interessant ist, dass der Anteil der sensomotorischen Arbeit mit steigendem Automatisierungsgrad ebenfalls abnimmt. Dies führt beim halbautomatischen System sogar dazu, dass der relative Anteil körperliche Arbeit zunimmt. Im Vergleich mit dem AMS ändert sich der Arbeitszeitanspruch für sensomotorische Arbeiten kaum. Im Vergleich nimmt der Arbeitszeitanspruch des AMS zum manuellen um 52 % ab und im Vergleich zum halbautomatischen Melkstand um 37 % ab. Diese Ergebnisse decken sich mit Literaturangaben. Sämtliche Routinearbeiten, die im Melkstand anfallen, werden vom AMS übernommen, der Landwirt übernimmt großteils Steuerungs- und Kontrollaufgaben. Die Melkarbeiten selbst beschränken sich auf das Nachtreiben von überfälligen Kühen. Es ist festzustellen, dass beim AMS ein Großteil der körperlichen Arbeiten durch die Technik übernommen wird, im Gegenzug fordern die rein geistigen Arbeiten nahezu den gleichen Arbeitszeitanspruch wie die körperlichen Tätigkeiten. Der Grund dafür ist vor allem im erhöhten Aufwand für EDV-Aufgaben und Tierkontrolle zu suchen.

4.2 Genauere Unterscheidung der Arbeitsformen

Die häufigste Form der Untergliederung menschlicher Arbeit ist die Einteilung in geistige und körperliche Arbeit. Dabei wird davon ausgegangen, dass einer der beiden Aspekte dominiert, da die Reinformen, nur geistige Arbeit (ohne Sprechen, Schreiben etc.) bzw. körperliche Arbeit ohne elementare geistige Anforderungen (beibehalten der Aufgabenstellung), in der Realität nicht möglich sind. Oft werden daher verschiedene Mischformen unterschieden [1, 5]. Als körperliche Arbeit wird die vorwiegende Muskelarbeit bezeichnet. Geistige Arbeit wird durch ein Zusammenspiel zwischen Sinnesorganen, zentralem Nervensystem und Gedächtnis erbracht, wobei in erster Linie Informationen verarbeitet werden [10].

In der vorliegenden Arbeit wurden zum Vergleich der Arbeitsformen die einzelnen Arbeitsschritte in die drei Kategorien körperliche, sensomotorische und geistige Arbeit eingeteilt. Diese Einteilung ermöglicht einen einfachen Vergleich der Arbeitszeitansprüche zwischen den einzelnen Arbeitsformen. Jedoch sollten besonders die Kategorien sensomotorische Arbeit und geistige Arbeit für weitere Untersuchungen stärker differenziert werden, um die vielfältigen Mischformen aus körperlicher und geistiger Arbeit abzubilden.

In diesem Zusammenhang könnte sich die von [5] beschriebene Unterscheidung in sensorische Arbeit (Informationsaufnahme), diskriminatorische Arbeit (Erkennen, Identifizieren), kombinatorische Arbeit (Entscheiden), kreative Arbeit (Erzeugung neuer Handlungsmöglichkeiten) und signalisatorisch-motorische (Informationsabgabe) als sinnvoll erweisen. Unabhängig davon welche Einteilung gewählt wird, sollte diese auf das Forschungsziel abgestimmt sein, um eine sinnvolle Gruppierung der Arbeitsteilschritte zu ermöglichen.

4.3 Anwendung auf andere Arbeitsfelder

Da die Arbeitsfelder eines Milchviehbetriebs nicht nur auf das Melken reduziert werden können, sollte diese Untersuchung auch für andere Arbeitsfelder wie Füttern und Entmisten durchgeführt werden. Auch in diesen Arbeitsfeldern steigt der Automatisierungsgrad, es ist daher zu erwarten, dass sich ähnlich wie beim Melken, für den Landwirt die Arbeitszeitansprüche der körperlichen Arbeiten zu geistigen Arbeiten verschieben. Dabei gilt es auch zu diskutieren in wieweit der Landwirt zukünftig bei der steigenden Verdichtung an Entscheidungen unterstützt werden muss und unterstützt werden kann. Dies ist besonders hinsichtlich der damit verbundenen Datensammlung und Speicherung ein wichtiger Punkt.

Diese Untersuchung wird bereits im Rahmen einer Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München durchgeführt.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Auernhammer, H.: Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskript der Vorlesung. Eigenverlag Institut für Landtechnik TU-München Weihenstephan, Freising-Weihenstephan, 1986.

[2] Frisch, J.: Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2014.

[3] Fuchs, C. et al. Hrsg.: Automatische Melksysteme. Verfahren - Kosten - Bewertung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2013.

[4] Harms, J.: Automatische Melken - Erfahrungen, Tipps und Tricks. In (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Hrsg.): Automatisches Melken, 2016; S. 7–18.

[5] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993.

[6] Schick, M.: Arbeitszeitbedarf verschiedener Melkverfahen. Von der Eimermelkanlage zum AMS. In FAT Berichte, 2000. Nr. 544.

[7] Schick, M.: Arbeitswirtschaft und Ergonomie in der Milchviehhaltung. Stand der aktuellen Forschung. In ART-Schriftenreihe, 2007. 3; S. 52–59.

[8] Schlick, C.; Luczak, H.; Bruder, R.: Arbeitswissenschaft. Springer, Heidelberg, 2010.

[9] Schleitzer, G.: Je Melker und Stunde 60 bis 80 Kühe. In Bauernzeitung wissen kompakt, 1997. 2; S. 43–45.

[10] Schön, H. Hrsg.: Landtechnik Bauwesen: Verfahrenstechniken - Arbeit - Gebäude - Umwelt. (9., völlig neubearb. u. erw. Aufl). BLV-Verlagsgesellschaft, München, 1998.

[11] Statistisches Bundesamt: Landwirtschaft in Deutschland 2003. Konzentrationsprozesse und Ernteausfälle, Wiesbaden, 2004.

Perceived Quality als Leitbild in der Entwicklung von Operatorsystemen

Susanne Frohriep
Grammer AG, Kümmersbruck, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

Die Grammer AG als Hersteller von Nutzfahrzeugsitzen bedient einen globalen Markt mit Nutzergruppen stark unterschiedlicher Anforderungen. Für die bedürfnis- und funktionsbasierte Sitzentwicklung sind die Bereiche Ergonomie und Komfort entscheidend, die intern und mit unserem Forschungspartnernetzwerk bearbeitet werden. Die Produktentwicklung läuft gemäß dem Konzept „*perceived quality*“, unter dem die Interaktion der Nutzer mit den Produkten untersucht, bewertet und optimiert wird. Die Basis bildet dabei der Mensch mit seinen Eigenschaften und Fähigkeiten. In der Auslegung auf die jeweiligen Anwendungsfälle und Nutzer wird die Interaktion mit dem gesamten Operatorsystem gefördert und die Fahr- und Arbeitsaufgabe erleichtert. Die Erkenntnisse aus ergonomischen Studien fließen in die Entwicklung von neuen Produkten ein.

1. EINLEITUNG

Der Begriff *perceived quality* / wahrgenommene Qualität bezieht sich auf die Bewertung des Produktes durch die Nutzer und wird definiert als „eine positive Interaktion zwischen Nutzer und Produkt in allen relevanten Nutzungsfällen.“ Positive Interaktion wird seit diesem Jahrhundert mit den Begriffen *Flow* und *seamless* beschrieben, die eine Aktivität beschreiben, die durch Mühelosigkeit und Unterbrechungsarmut gekennzeichnet ist, wodurch Konzentration aufrechterhalten werden kann und die Arbeitsausführung ermüdungsarm angelegt ist. Das Operatorsystem besteht aus der Gesamtheit der Nutzfahrzeugumgebung, dem Sitz, der den Operator positioniert, stützt und Komfort bietet, den Stellteilen, die die Betätigung des Fahrzeugs und seiner Zubehörteile ermöglicht, und den weiteren Komponenten in der unmittelbaren Umgebung. Die Relevanz der *perceived quality* als Leitbild in der Entwicklung von Operatorsystemen besteht darin, Nutzergruppen bezüglich ihrer körperlichen Interaktion mit dem Produkt und ihrem Bewertungsspektrum hinlänglich genau zu kennen, um diese positive Interaktion zu gewährleisten.

2. GRUNDLAGEN UND METHODEN

2.1 Erfassung und Bewertung der Interaktion zwischen Mensch und Produkt: Der Komfort

Menschen interagieren mit Produkten, verarbeiten ihre dazugehörigen Sinneseindrücke und bilden sich eine Meinung. Diese ganzheitliche Bewertung erfolgt spontan, ohne hohen Aufwand, und in der Regel mit niedriger Differenzierung der Einzelkomponenten, aus denen sich die Bewertung zusammensetzt. Wenn eine dieser Einzelkomponenten zur Aufmerksamkeit des Nutzers gelangt, wird diese die Komfortbewertung dominieren. Dieses kann in die positive oder in die negative Richtung erfolgen. Im negativen Fall tritt der „begrenzende Komfortfaktor“ auf, der besagt, dass der ganzheitliche Komforteindruck nicht besser sein kann als sein schwächstes Glied. Der positive Fall kann „Wow-Faktor“ genannt werden, er tritt bei einem Produkt auf, das die Erwartung des Nutzers übertrifft [1].

Um die Interaktion zwischen Mensch und Produkt erfassen und bewerten zu können, erfolgt eine Trennung in die Parameter, die in die Meinungsbildung einfließen. Diese unterscheiden sich nach den möglichen Interaktionsarten mit dem jeweiligen Produkt. Wenn das Produkt in der Nutzung sichtbar, fühlbar und hörbar ist, sind visuelle, haptische und akustische Bewertungen zu untersuchen. Nimmt das Produkt Last auf und/oder positioniert die Nutzer, sind die Interaktionsparameter Druck, Körperhaltung und Thermophysiologie zu betrachten. Erfolgt die Nutzung in dynamischer Umgebung sind

Biomechanik und Vibration zu berücksichtigen. Die Bewertung erfolgt durch die Skalierung der Parameter bezüglich ihrer wahrgenommenen Qualität.

2.2 Grammer Ergo-Innovationslabor

Das Ergo-Innovationslabor stellt Verfahren und Werkzeuge bereit, um die wahrgenommene Qualität eines Produktes zu bestimmen. Die zu bewertenden Interaktionsparameter bestimmen die physiologischen und/oder kognitiven Kriterien des Versuchspersonenkollektivs, beispielsweise Körperlängen für Bewertung der Erreichbarkeit, Körpermaße, Körpermasse und Proportionen für Druckverteilung, langjährige professionelle Fahrerfahrung für die Bewertung von Bedienkonzepten. Daraus ergibt sich weiterhin, ob eine bildliche Darstellungen des Produktes, ein Tool oder ein physischer Prototyp benötigt werden.

2.3 Kinematisches Innovationstool KIT

Die Verwendung von Tools ermöglicht die Beurteilung unterschiedlicher Komfortparameter, ohne dass ein jeweils spezifischer Prototyp aufgebaut werden muss. Im Ergo-Innovationslabor steht das Kinematische Innovationstool (KIT) zur Verfügung, mit dem Konturen und Kinematik von Sitzen untersucht werden. Die Bewegungen, die Sitznutzer durchführen, hängen von ihren Aktivitäten und ihrer Umgebung ab. Zum Beispiel haben Beifahrer oder Passagiere wesentlich mehr Bewegungsfreiheit als Fahrer oder Maschinenführer, die vielfache Anbindungen an Stellteile nutzen müssen, um die Fahraufgabe und Maschinenkontrolle auszuüben. Diese Bewegungen sollten durch die Kinematik des Sitzes unterstützt werden, und unterschiedliche Funktionen können unterschiedliche Anforderungen an diese bedingen. Das Kinematische Innovationstool ermöglicht es, Sitzkinematik mit Versuchspersonen zu untersuchen, die Bewegungen des Sitzes unmittelbar erfahrbar und somit bewertbar zu machen.

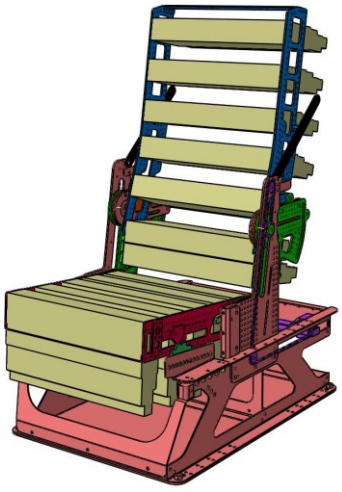


Abbildung 1: und Abbildung 2: Kinematisches Innovationstool KIT

KIT besteht aus einer Trägerstruktur mit Lamellen, bei denen sowohl die Mittel- als auch die Außenkontur (Schüsselung) variabel ist. Die Veränderung des Lehnendrehpunktes und gekoppelte Bewegungen von Sitzelementen gehören zu den Funktionen von KIT. Dadurch ist es möglich, die Konturierung der Stützfläche frei zu wählen, um dann die optimale Kinematik für eine Applikation zu ermitteln.

3. MENSCH – PRODUKT - INTERAKTION

3.1 Den Menschen verstehen: Nutzerforschung

Die Produktnutzer sollten in ihrer Variabilität die Auslegung für ein konkretes Produkt bestimmen, damit möglichst erfolgreiche Interaktionen gewährleistet sind. Zur Nutzerforschung gehören sowohl die Erfassung von Interaktionen mit bestehenden Produkten wie auch die Bewertung von Innovationen. Um festzustellen, wie gut Sitze in Nutzfahrzeugen und ihre Einstellmöglichkeiten verstanden und genutzt werden, wurde eine Online-Befragung von Nutzern und Nutzerinnen durchgeführt [2]. Insgesamt nahmen 249 Personen die Möglichkeit wahr, sich zu ihren Erfahrungen zu äußern, davon waren 234 Männer und 15 Frauen. Die abgedeckte Altersspanne lag zwischen 15 und 70 Jahren, die Fahrerfahrung zwischen einem und 51 Jahren, durchschnittlich bei 11.8 Jahren. Die genutzten Fahrzeuge waren Traktoren (65,9 %), Lkw, Bulldozer, Gabelstapler, Bagger, Kran, Mähdrescher (14,9 %) und andere, Mehrfachnennungen waren möglich (siehe *Abbildung 3*). Die Bewertung für Benutzerfreundlichkeit lag durchschnittlich im guten Bereich. Es entfielen die meisten Stimmen auf „hoch“ und „sehr hoch“ und lediglich 5 % aller Urteile auf „niedrig“ und „sehr niedrig“.

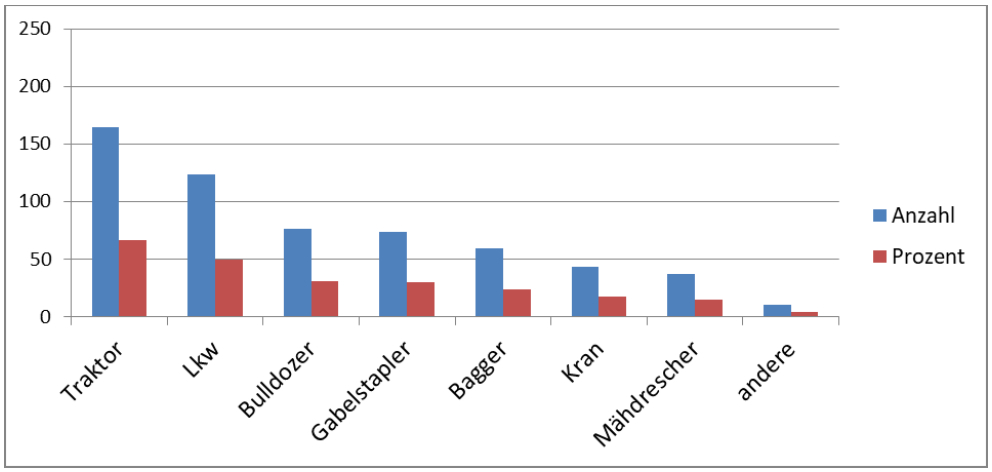


Abbildung 3: Studie zur Einstellung von Nutzfahrzeugsitzen, Teilnehmer nach Fahrzeugen

Um die Grundlage dieser Bewertung zu verstehen, wurden Fragen zu der Einstellung von Nutzfahrzeugsitzen gestellt, in denen durch die Teilnehmer Angaben zur Verständlichkeit und Funktionalität der Bedienung gemacht wurden. Um die Situationen, in denen Sitze eingestellt werden, besser einschätzen zu können, wurden die Personen, die angegeben hatten, ihre Sitzeinstellungen zu verändern, zu den Gelegenheiten befragt, bei denen sie dieses tun. Die Anteile der Stichprobe, die aus diversen Gründen Sitzeinstellungen vornehmen, konnten somit quantifiziert werden.

Aus diesen Statistiken ergibt sich zwar eine hohe Zufriedenheit professioneller Nutzer mit den Funktionen und Einstellmöglichkeiten der verfügbaren Sitze, aber es zeigt sich auch ein Entwicklungspotential für Funktionalität. Ein nennenswerter Anteil der Nutzer würde noch Unterstützung beim Finden der richtigen Einstellung benötigen oder versteht nicht alle Funktionen. Dazu passt, dass gut die Hälfte der Befragten gerne Hinweise dazu hätte, wie man den Sitz gut einstellt.

3.2 Das Produkt verstehen: Feder-Dämpfersysteme

Die Kenntnis des Produkts in allen Details ist notwendig, um Optimierungsparameter für die Produkt-Nutzer-Interaktion festlegen zu können. In modernen Fahrersitzen werden Feder-Dämpfer-Systeme verwendet, um Stöße abzufedern und Vibrationen zu dämpfen. Der Isolationsbereich dieser Systeme ist infolge der vorhandenen Reibung im Führungsmechanismus von der Amplitude der Anregung und bei mechanisch gefederten Sitzen zusätzlich von der statischen Belastung der Federung abhängig. Die Eigenfrequenzen der Sitze werden durch die Art der verwendeten Federelemente beeinflusst, ihr Isolationsbereich liegt oberhalb ihrer Eigenfrequenzen. Die Kenntnis der in der Regel nichtlinearen Feder- und Dämpfercharakteristik sowie der Einflüsse von Reibung und Spiel im Führungsmechanismus

sind relevant, um Sitze für ihre jeweiligen Anwendungen optimal auslegen zu können [3]. Ebenso müssen die Umgebungsparameter der Fahrzeuge und Kabinen bekannt sein, um die richtige Kombination von Nutzfahrzeug und Sitz zu erreichen.

Die auftretenden Schwingungen am Kabinenboden liegen größtenteils im Frequenzbereich zwischen 1,5 Hz und 6,0 Hz bei konventionellen Nutzfahrzeugen. Im gleichen Frequenzbereich befinden sich auch die meisten Resonanzfrequenzen des menschlichen Körpers. Sowohl die Polsterung als auch der menschliche Körper auf dem Sitz zeigen unter Vibrationseinfluss nicht-lineare Dynamik, die in der Simulation modelliert werden kann. Mit im Fahrbetrieb aufgenommenen Anregungsprofilen kann die ideale Konstellation aus Führungsmechanismus, Feder- und Dämpferelementen simulativ ermittelt werden, durch die die Fahrer möglichst vollständig von den unerwünschten Schwingungen des Kabinenbodens isoliert werden können.

3.3 Die Interaktion verstehen: Beispiel Kopfstützen

Eine der Funktionen von Kopfstützen in Fahrzeugen ist es, Komfort zu bieten[1]. Darunter fallen zum Beispiel die Parameter visueller Komfort bei Anblick der Kopfstütze im Moment des Türöffnens und Einsteigens, haptischer Komfort beim Anlehnen mit dem Kopf oder Berühren mit der Hand und der Haltungskomfort durch die Körperposition im Sitz, wenn sie durch die Kopfstütze beeinflusst wird. Da die Parameter sich gegenseitig beeinflussen, wurden im Ergo-Innovationslabor mehrstufige Prüfungen durchgeführt, bei denen zunächst gewährleistet wurde, dass eine komfortable Körperhaltung im Sitz in der Fahrzeugumgebung (Mock-Up) eingenommen wurde.

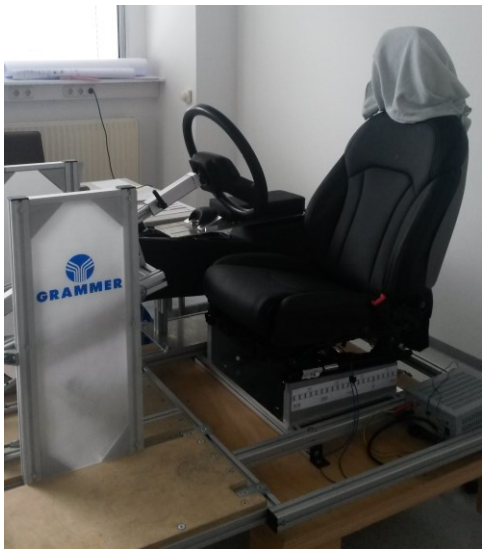


Abbildung 4: Mock-Up für Komfortbewertungen an Kopfstützen (hier: Pkw)

Dabei war die zu prüfende Kopfstütze verdeckt (siehe *Abbildung 4*), damit zunächst der Einfluss des visuellen Eindrucks ausgeschlossen wurde und vordringlich der haptische Eindruck bewertet werden konnte. In diesem Kontext wurde auch der Einfluss der Kopfbehaarung beurteilt. Durch Druckverteilungsmessungen wurde der Zusammenhang zwischen Formgebung und auftretendem Druck aufgezeigt und ermöglicht, den Bezug zu subjektiven Bewertungen herzustellen. Im Anschluss wurde den Probanden die Möglichkeit gegeben, die Kopfstützen zu sehen und mit der Hand zu berühren. Es wurden Parameter wie visueller Komfort und Wertigkeit beurteilt. Für den weiteren Produktentwicklungsprozess wurden Varianten aufgrund von unerwünschten Interaktionen (z. B. bezüglich Hängenbleiben von Haaren, Kratzigkeit im Hautkontakt) ausgeschlossen. Aufgrund der Ergebnisse wurde nur eine Teilprobe der geprüften Kopfstützen für die Weiterentwicklung empfohlen.

Nutzerstudien von Kopfstützen im Nutzfahrzeugsegment zeigen auf, dass der Komfort der Kopfstützen ein wichtiger Faktor ist. Die Nutzung der Kopfstütze erfolgt unter anderem als Ruheanlage bei Pausen,

[1] Die Funktion „Sicherheit bieten“ wird in diesem Kontext vorausgesetzt und ausgeklammert.

die durch den Arbeitsablauf entstehen, zum Beispiel wenn nicht weiter geladen werden kann (Agrarprodukte, Bauschutt), weil das aufnehmende Fahrzeug gefüllt ist und ausgetauscht wird.

3.4 Die Interaktion verstehen: Sitz-Bedienkonzepte

Ein Aspekt der *Perceived Quality* ist *Design for Use*. Darunter ist die Gebrauchstauglichkeit (*usability*) von Produkten zu verstehen, die auf der körperlichen und geistigen Interaktion zwischen Mensch und Produkt beruht. Die ISO 9241-11 definiert Genauigkeit und Vollständigkeit der Zielerreichung und den dazugehörigen Aufwand sowie die Zufriedenheit der Nutzer und Freiheit von Beeinträchtigung als Bewertungsparameter [4]. In der Auslegung von Sitzen und ihren Bedienelementen dienen beispielsweise die Parameter der Gebrauchstauglichkeit und die Kriterien der Interaktion nach Norman [5][2] zur Bewertung.

Bei der Bedienung von Sitzen zum Einstellen der optimalen Sitzposition der Nutzer wird das konkrete Ziel der Positionierung im Operatorsystem verfolgt. Daher stehen Effektivität und Effizienz im Vordergrund, die Technik ist Mittel zum Zweck. Aspekte des Gefallens und des Flow-Erlebens treten in den Hintergrund [6]. Frustration durch erschwerte Bedienung oder gar Nicht-Auffinden einer Funktion sollen vermieden werden.

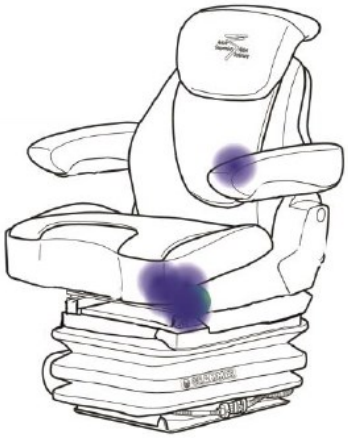


Abbildung 5: Nutzerstudie zur erwarteten Position von Bedienelementen an Agrarfahrzeugsitzen

Design for Use untersucht und definiert die optimale Auslegung der Bedienelemente für Anwendungen in spezifischen Fahrzeugen. Nutzerstudien zeigen die Orte auf, an denen Nutzer Funktionen erwarten. Zum Beispiel erwarten Nutzer die Dreheinrichtung für den Komplettsitz entweder vorne links am Sitzkissen oder in der Armlehne (siehe *Abbildung 5*). Weiterhin ist die Erreichbarkeit der Stellteile durch die Nutzer in Abhängigkeit von der Wichtigkeit der Bedienfunktion zu berücksichtigen. Für die Ausgestaltung der Stellteile werden Körpermaße sowie Bedienkräfte und Bedienrichtungen in Betracht gezogen unter Berücksichtigung der Interaktionskriterien, um ein logisches Bedienkonzept zu erreichen.

Ziel der Entwicklung unter *Design for Use*-Kriterien ist es, eine intuitive Bedienung zu erreichen, die die Nutzer entlastet, so dass sie für das Operatorsystem wenig Energie aufwenden müssen und ihre Leistungsfähigkeit vollständig der Aufgabenerfüllung widmen können.

4. OPERATORSYSTEME

4.1 Physiologische Entlastung im Operatorsystem

Im Kontext der Arbeitsmaschine unterliegt der Operator vielfältigen Anbindungen: visuelle Ausrichtung auf die Arbeitsaufgabe, physische Koppelung mit Stellteilen, Lastaufnahme und Positionierung durch Sitzsysteme, wodurch nicht unterstützte Zwangshaltungen entstehen können. Belastungen des Körpers,

[2] Affordanz, Referenz, Einschränkungen, Mapping, Rückmeldung, Mentale Modelle

insbesondere der Wirbelsäule, entstehen durch solche ungünstigen Körperhaltungen und verstärken sich unter Vibrationseinfluss. Newell et al. zeigen in einer Laboruntersuchung mit einem handelsüblichen luftgefederten Nutzfahrzeugsitz, dass Reaktionszeiten bei Vibrationseinfluss signifikant länger werden und die Fehlerhäufigkeit ansteigt [7]. Die Auslegung von Sitzen, um den Körper im Arbeitsumfeld zu unterstützen, kann diesen negativen Effekten entgegenwirken. Die Nutzung von Armlehnen wirkt sich positiv auf die Reaktionszeit aus. Obwohl Zwangshaltungen generell einen negativen Einfluss auf die Reaktionszeit haben, wiesen verdrehte Haltungen mit Armlehnennutzung schnellere Reaktionszeiten auf, als geradeausgerichtete Haltungen ohne Armlehnennutzung [7]. Die exakte Belastung der Wirbelsäule lässt sich am lebenden Menschen nicht erfassen, aber es ist möglich, die Entlastung ihrer Strukturen durch instrumentierte Implantate festzustellen. An der Berliner Charité wurden auftretende Kräfte zwischen zwei Wirbeln bei Patienten mit Wirbelkörperersatz gemessen. Die Lastaufnahme durch Auflegen der Arme auf Armlehnen oder Oberschenkeln reduzierte die Implantatbelastung um ca. ein Fünftel, das Anlehnen an der Rückenlehne um durchschnittlich ein Drittel ohne Vibrationseinfluss. Untersuchungen in Vibrationsumgebung zeigten, dass die maximale Kraft auf das Implantat mit der Schwingungsintensität ansteigt. Das Anlehnen an die Rückenlehne unter Einfluss dieser Vibrationsamplituden reduzierte die auftretenden Kräfte auf Werte unterhalb von denen, die bei freiem Sitzen ohne Vibration gemessen wurden [8]. Das bedeutet, dass eine Sitzauslegung, die möglichst vielen Nutzern möglichst dauerhafte Nutzung von stützenden Elementen erlaubt, den Körper entlastet und die Leistungsfähigkeit erhält.

4.2 Psychologische Entlastung im Operatorsystem

Geistige Anstrengung resultiert aus der zeitgleichen Verarbeitung vieler Reize, besonders im Zusammenhang mit unter Zeitdruck zu erfolgenden Handlungen. Wenn darüber hinaus eine potentielle Gefährdung hinzukommt, wie beispielsweise bei der Bedienung großer Arbeitsmaschinen mit in der Arbeitsumgebung vorhandenen Lebewesen, steigt die mentale Belastung noch stärker an. Erfahrene Bediener von Arbeitsmaschinen („Experten“) erleben wesentlich weniger Stress und Frustration als Neulinge. Die subjektiv empfundene Belastung lässt sich durch Befragung mit standardisierten Verfahren erheben, beispielsweise dem NASA Task Load Index, der wahrgenommene Belastung und Beanspruchung in sechs Kategorien erfasst.

Abbildung 6: Auslegung von Stellteilen (aus: Boving, 2017)

Für die Erledigung notwendiger Aufgaben mit Arbeitsmaschinen ist es am vorteilhaftesten, wenn die Bedienung der Maschine in den Hintergrund tritt, und ohne hohe geistige Anstrengung erfolgen kann. Um diesen Anspruch umzusetzen, werden die Stellteile nach ihrer Wichtigkeit und Nutzungshäufigkeit kategorisiert und unter Berücksichtigung der *Design for Use*-Kriterien im Operatorsystem angeordnet [9, siehe *Abbildung 6*]. Somit ist das Auffinden der Funktionen für die Nutzer widerspruchsfrei und

intuitiv, und die mentale Belastung kann gesenkt werden. Die Auslegung des Operatorsystems nach ergonomischen Kriterien wirkt sich ebenfalls positiv auf die mentale Belastung aus: Sowohl bei vorwärts- als auch rückwärtsorientierten Arbeitshaltungen reduzierte die Nutzung von Armlehnen die subjektiv empfundene Belastung und Beanspruchung signifikant [7].

5. AUSBLICK

Für ein tiefgehendes Verständnis von Mensch, Produkt und Interaktion ist es notwendig, das Komforterlebnis und seine Einzelkomponenten, die die ganzheitliche Bewertung ergeben, zu verstehen. Dadurch können in der Produktauslegung Diskomfort und Frustration vermieden, Ermüdungsarmut gewährleistet und Begeisterung erzeugt werden. In der Untersuchung der Interaktion lassen sich Regeln ableiten, die eine begrenzte Modellierung der Komforterlebens in abgegrenzten Kontexten ermöglicht. Beispielsweise lässt sich auf Basis der Komfort-Freiheitsgrade innerhalb der Beweglichkeit von Gelenken eine Produktoptimierung hinsichtlich Haltungs- und Bedienkomfort erzielen [10]. Die Zusammenführung von Untersuchungsergebnissen zu unterschiedlichen Produkten wird mit der Zeit ein immer vollständigeres Gesamtbild der Komfortempfindung in verschiedenen Kontexten ergeben. Der Nutzervariabilität kann dann immer besser mit einer Produktvariabilität (Einstellbarkeit oder Auswählbarkeit) begegnet werden. Auch in der psychologischen Interaktion tritt Nutzervariabilität auf, beispielsweise im Erfahrungshorizont von Anfängern bzw. Expertenanwendern. Physiologische und psychologische Entlastung wird durch die Einhaltung von *Perceived Quality* Kriterien in der Produktentwicklung erreicht.

6. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Frohriep, S. (2017), „From Measurement to Meaning: Methods of Comfort Assessment and Corresponding Ergo-Lab Functions," In: Proceedings International Comfort Congress (ICC), Salerno.

[2] Rotte, T. (2017), *eSai – electronic seat adjustment interface*, Graduation Thesis, TU Delft.

[3] Krivenkov, K. & S. Frohriep (2017), „Konfiguration von Nutzfahrzeugsitzen über ihre Eigenschaften" In: 19. VDI-Flurförderzeugtagung. Baden-Baden, 19.-20. September. Düsseldorf: VDI-Verlag.

[4] DIN (1999), „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit – Leitsätze," DIN EN ISO 9241-11, Deutsches Institut für Normung, Berlin.

[5] Norman, D. (2013), *The Design of Everyday Things*. Basic Books, New York.

[6] Reeps, I.E. (2004), *Joy-of-Use – eine neue Qualität für interaktive Produkte*, Masterarbeit, FB Informatik und Informationswissenschaft, Universität Konstanz.

[7] Newell, G. & N. Mansfield (2008), "Evaluation of reaction time performance and subjective workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests," In: International Journal of Industrial Ergonomics 38, 499–508.

[8] Rohlmann, A. & H.-J. Wilke (2018), "Messung der Wirbelsäulenbelastung und der Anzahl der Rückenbewegungen," In: Ergomechanics 3 [im Druck].

[9] Boving, M. (2017), „Best Practices User Experience GUX™ – The Operating Concept behind the Operator System," In: 3. VDI-Fachkonferenz HMI und unterstützende Systeme in mobilen Arbeitsmaschinen. Ulm, 06.-07. Dezember. Düsseldorf: VDI-Verlag.

[10] Naddeo, A. (2017), *Towards Predicting the (Dis)Comfort Perfomance by Modeling*, Dissertation, TU Delft.

Empfehlungen für die Gestaltung von Human Machine Interfaces zur Wildtiererkennung während der Frühjahrsmahd

Elisabeth Gurdet, Benedikt Salzbrunn, Wilfried Kubinger
Fachhochschule Technikum, Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Masterarbeit wurden in einem menschzentrierten Gestaltungprozess Anforderungen an ein Human Machine Interface (HMI) zur Wildtiererkennung während der Frühjahrsmahd ermittelt. Es ging dabei speziell um den Schutz der Rehkitze, welche sich beim Herannahen der Mähbalken instinktiv ins Gras ducken.

Dazu wurden die Meinungen von vier Expertinnen und Experten aus den Fachbereichen der Landtechnik eingeholt und fünf Grünlandwirte aus dem Raum Niederösterreich befragt. Aus den Ergebnissen wurden zwei Konzeptvorschläge für prädiktiv warnende FahrerInnenassistenzsysteme im Traktor abgeleitet. Die erste Konzeptvariante beschreibt ein kleineres Akutwarngerät mit einfachen akustischen und optischen Warnelementen. Die zweite Konzeptvariante beschreibt ein größeres Frühwarngerät mit abgestuften akustischen und optischen Warn- und Anzeigeelementen mit zusätzlicher Positionskarte für die Anzeige von Warnzonen und zur genauen Lokalisierung des Tieres.

1. EINLEITUNG

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen finden auch jagdbare Wildtiere, wie die Rehe ideale Lebens- und Futterbedingungen vor [1]. Die Futterflächen bieten Schutz vor natürlichen Feinden, wie zum Beispiel dem Fuchs. Allerdings sind die Tiere durch den Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen auch großen Gefahren ausgesetzt. Besonders gefährdet sind die Rehkitze in den ersten Lebenswochen. Allein gelassen vom Muttertier ducken sie sich bei Bedrohungen instinktiv ins Gras. Fallen Setzzeitpunkt und Mähzeitpunkt zusammen kommt es beim Erfassen der Tiere durch die scharfen Mähmesser oder -klingen meist zu tödlichen Verletzungen. In ganz Europa geht man von sehr hohen Verlusten aus, in Österreich kommen im gesamten Bundesgebiet jährlich geschätzte 20.000 bis 25.000 Rehkitze um [2].

Der/die Landwirtin ist sowohl aus tierschutzrechtlicher [3] als auch aus wirtschaftlicher Sicht angehalten, geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Gelangen Fleischreste in das Futter der Nutztiere, besteht für diese die Gefahr von Botulismus, einer schweren seltenen Vergiftung, die durch das Bakterium Clostridium Botulinum hervorgerufen wird [4]. Die Landwirtinnen und Landwirte setzen in Kooperation mit den Jägerinnen und Jägern unterschiedliche Initiativen, um die Tiere zu schützen. Gängige Maßnahmen sind das Absuchen des Feldes mit Hunden oder das Vergrämen der Tiere vor dem Mähen mittels abschreckender Scheuchen. Mit Hilfe von geeigneten Sensorgeräten werden die Tiere vor der Mahd aufgespürt und dann aus dem Feld getragen.

In Deutschland und in der Schweiz werden Drohnen, bestückt mit Infrarotkameras erfolgreich eingesetzt. Mit ihnen wird das Feld einen Tag vor der Mahd abgeflogen, um die Tiere aufzuspüren. Auch in Österreich gibt es Initiativen von Seiten der RWA (Raiffeisen Ware Austria), ein Service für Landwirtinnen und Landwirte zum Absuchen der Felder mit Drohnen zu adaptieren. Derzeit wird dieses Service so attraktiv wie möglich gestaltet, um das Anwendungsgebiet noch weiter zu professionalisieren. Das Interesse für die Anwendung der Technik liegt derzeit noch mehr bei den Jägerinnen und Jägern [5]. Von Systemen, welche die Tiere während des Mähvorganges detektieren, erhofft man sich Effizienzsteigerungen hinsichtlich des zeitlichen und organisatorischen Aufwandes. Es gibt bereits verschiedene Entwicklungsansätze und auch Prototypen für solche Systeme, wie in [6] und [7] beschrieben, welche jedoch noch nicht serienreif auf dem Markt sind.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Menschzentrierter Gestaltungsprozess

In Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN ISO 9241 (Ergonomie der Mensch-System-Interaktion) [8, p. 15] werden unter Einbindung von zukünftigen NutzerInnen Gestaltungslösungen für HMI-Konzepte zur Wildtiererkennung erarbeitet.

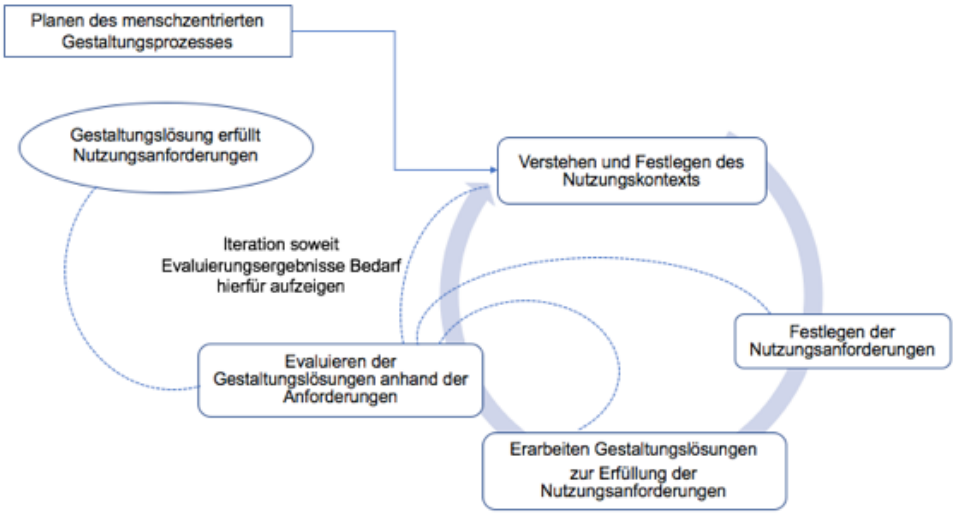


Abbildung 1: Wechselseitige Abhängigkeit menschzentrierter Gestaltungsaktivitäten [8, p. 15]

In der vorliegenden Arbeit werden innerhalb des Gestaltungsprozesses folgende Schritte ausgeführt:

- Nutzungskontext verstehen: Literaturrecherchen und Expertinnen- und Experteninterviews
- Anforderungen festlegen: Expertinnen- und Experteninterviews
- Lösungsansätze für HMI-Konzepte definieren: Baukastentabelle
- Nutzungsanforderungen spezifizieren: NutzerInneninterviews
- Empfehlungen für prototypische HMI-Konzeptlösungen abgeben

Informationen zum Nutzungskontext werden aus Markt- und Literaturrecherchen bezogen sowie aus Gesprächen mit Expertinnen und Experten aus der Landtechnikbranche. Die Informationen beziehen sich auf NutzerInnen, Arbeitsaufgaben und -abläufe sowie die soziale und physische Umgebung bei der Wildtiererkennung. Es werden technische Ausstattungen, wie Mähtechnik und Traktorelektronik beschrieben, welche im Produktumfeld typischerweise vorhanden sind und Einfluss auf die Gestaltung des Produktes nehmen.

2.2 Anforderungsanalyse

Die Anforderungen an das HMI werden mittels Leitfadeninterviews ermittelt. Dem Leitfadeninterview liegen offen formulierte Fragen zu Grunde, auf diese der/die Befragte frei antworten kann. Es muss nicht strikt nach der festgelegten Abfolge der Fragen geführt werden [9]. Drei Experten und eine Expertin aus der Landtechnik, aus den Bereichen Beratung, Forschung, Arbeitswissenschaften und Automatisierungs- und Regelungstechnik werden zu diesem Thema befragt. Ihre Erfahrungen und Meinungen geben vertiefende Einblicke in die Problematik und führen zu ersten Lösungsansätzen für HMI-Konzepte. Die Konzeptvorschläge werden in einer Art Baukastenstruktur dargestellt, angelehnt an einen MMI- (Mensch-Maschine-Interaktions-) Baukasten, wie er in Projekten für eine Mensch-Maschine-Interaktion im Stadtverkehr erstellt wird [10].

Um die Anforderungen weiter zu spezifizieren werden fünf für die Region typische Grünlandwirtinnen und Grünlandwirte des mittleren bis westlichen Niederösterreichs aus den Bezirken Scheibbs, Melk und Lilienfeld zu ihren Vorstellungen eines Human Machine Interfaces für eine erfolgreiche Wildtiererkennung befragt. Die Kontakte zu den erfahrenen Vollerwerbslandwirten wurden über die Bezirksbauernkammern hergestellt. Die Betriebe liegen in 250 bis 700 m Höhe und haben eine Größe

von 19 bis 60 ha Fläche. Ein durchschnittlicher Niederösterreichischer Grünlandbetrieb ist 13,9 ha groß [11]. Sowohl Scheiben- als auch Trommelmähwerke sind im Einsatz. Die maximale Mähbreite bei den befragten Landwirtinnen und Landwirten, meist in einer Kombination aus Front- und Seitenmähwerk, beträgt sechs Meter. Es wird mit Geschwindigkeiten von 5 bis 15 km/h gefahren mit Traktoren in den Leistungsklassen zwischen 64 und 170 PS. Trotz intensiver Maßnahmen zur Rehkitzrettung wird im Durchschnitt in diesen Betrieben alle fünf Jahre ein Rehkitz getötet. Aufgrund eines hohen Rehwildbestandes in einer stark abwechselnden Wald- und Wiesenstruktur sind die Landwirte mit der Problematik von Mähverlusten besonders konfrontiert.

Abbildung 2: Agrarlandschaft Bezirk Scheibbs, eigenes Foto

Im Rahmen der Befragungen werden von den Landwirten Skizzen angefertigt und Szenarien beschrieben. Die Ergebnisse werden qualitativ ausgewertet, wobei die ausgewählten Landwirte inhaltlich eine größere Gruppe von betroffenen Grünlandwirtinnen und Grünlandwirten in Österreich repräsentieren sollen. Die Ergebnisse erlauben eine weitere Spezifizierung der HMI-Konzepte für die Wildtiererkennung in Bezug auf Funktionen und Ausgestaltung der Hardware- und Softwarekomponenten. Letztlich werden Empfehlungen für die prototypische Ausgestaltung von HMI-Lösungen gegeben, welche den Nutzungsanforderungen der befragten Landwirte am besten entsprechen.

Bei der Ausführung der Empfehlungen wird auch auf mögliche relevante Normen und Regelungen hingewiesen. Die Gestaltungsempfehlungen für die HMI-Konzepte könnten für spätere Entwicklungsprojekte neue Aspekte aufzeigen und Rückschlüsse auf die Anforderungen an ein zukünftiges Sensorsystem mit Human Machine Interface erlauben.

3. ERGEBNISSE

3.1 Nutzungskontext

Als potentielle zukünftige Nutzer für ein Wildtiererkennungssystem sind vorrangig die Gruppe der Grünlandbetriebe zu sehen, welche ihre Futterflächen in der Nähe von Waldgebieten mähen. Sie können sich im alpinen als auch im nicht alpinen Raum befinden und als Voll- oder Nebenerwerbsbetriebe geführt werden. Mit der Nutzungsintensität und der Schnitthäufigkeit wird die Wahrscheinlichkeit, auf ein Rehkitz zu treffen, größer. Maßgeblich für das Ausmaß der Problematik sind vor allem der Mähzeitpunkt und auch die Rehdichte in der betreffenden Region.

In der österreichischen Grünlandwirtschaft werden vorrangig Scheiben- und Trommelmähwerke eingesetzt, welche die Tiere bei Erfassung meist tödlich verletzen. Die Flächenleistung hängt von der Fahrgeschwindigkeit und den Arbeitsbreiten ab. Durch Kombination von mehreren Mähwerken von der Front-Heck-Variante bis hin zur Dreifachkombination werden Arbeitsbreiten bis über 10 m erreicht [12]. Die Fahrgeschwindigkeiten nehmen laufend zu. Moderne Erntemaschinen im Grünland sind heute mit Mähgeschwindigkeiten von 15 bis 20 km/h unterwegs. Bei diesen Geschwindigkeiten würde man während der Futterernte einen Anhalteweg (Reaktionsweg+Bremsweg) von mindestens 15 m benötigen, um den Traktor zum Stehen zu bringen [13].

Technische Maßnahmen zur Wildtierrettung, wie der Einsatz von Wildtiersirenen, wie in [14] und [15] beschrieben, zielen auf die Vergrämung der Tiere ab. Da sich die Rehkitze in den ersten Lebenswochen nur schwer verscheuchen lassen, werden die Tiere aufgespürt. Am besten eignen sich dafür Infrarotsensoren. Sie werden auf tragbare Gestänge montiert, wie beim Life Finder LF6 [16] oder beim Infrarot-Wildretter [17], mit Drohnen mitgeführt oder direkt auf der landwirtschaftlichen Maschine oder dem Traktor angebracht [6].

Bei einem Sensorsystem, das gekoppelt an den Mähvorgang eingesetzt wird, spielt die Integration des HMI in die vorhandene Technologie im Traktor eine Rolle. Die landwirtschaftlichen Grünlandtraktoren befinden sich meist in einer Leistungsklasse unter 120 PS [18]. Sie haben geringere Zugleistung als Traktoren im Ackerbau und sind elektronisch weniger gut ausgestattet. Einige Traktoren in dieser Kategorie verfügen meist optional über Technologien wie Vorgewendemanagement, ISOBUS-Schnittstellen oder Lenkassistenten. Nach Schätzungen von Expertinnen und Experten nutzen maximal 10 % der österreichischen Landwirtschaftsbetriebe ISOBUS-Schnittstellen und dies vorrangig im Ackerbau.

3.2 Lösungsansätze für HMI-Konzepte

Ausgangsbasis ist ein Wildtiererkennungssystem, das den prädiktiven FahrerInnenassistenzsystemen zugeordnet wird und nach SAE (Society of Automotive Engineers) internationalen technischen Standard J3016 in die Stufe Null „Driver Only“ eingeordnet wird. Bei Stufe Null ist noch kein eingreifendes System aktiv, es werden lediglich Warnungen und Informationen an den/die Fahrerin gegeben [19]. Für das Ausgabemedium werden drei Varianten identifiziert:

- Spezifisches Gerät
- Integrierte Variante
- Mobiles Endgerät

Entscheidend für die Gestaltung des HMI-Konzeptes ist der Handlungsspielraum der Fahrerin und des Fahrers und die Handlungsziele, die sie/er verfolgt. Folgende Handlungsziele werden identifiziert:

- Anhalten und das Mähgerät ausschalten, Rehkitz wegtragen
- Gerichtet Ausweichen
- Weiterfahren, in der nächsten Spur anhalten und das Mähgerät ausschalten, Rehkitz wegtragen
- Mähgerät ausheben

Der Handlungsspielraum wird bestimmt durch das vorhandene Zeitbudget vom Erkennen der Gefahr bis hin zum kritischen Ereignis und kann in einzelnen Phasen beschrieben werden. Jede Phase steht zur gewünschten Reaktion der Fahrerin und des Fahrers bzw. zum Handlungsziel in Beziehung, wie in *Tabelle 1* ersichtlich. Je näher man zum Punkt der sicheren Bestimmung einer kritischen Situation kommt, umso weniger hat man die Möglichkeit, mittels reiner Informationen die Situation zu entschärfen, vielmehr werden explizite Warnungen erforderlich und das Potenzial für autonome Eingriffe steigt [20, pp. 578-579].

Tabelle 1: Verlauf der Phasen für die HMI-Strategie Warnung

Phasen	**Systemzustand**	**Frühwarnung**	**Warnung**	**Akutwarnung**
Handlung FahrerIn	FahrerIn kann sich über Verfügbarkeit informieren	FahrerIn sollte aufmerksam werden	FahrerIn sollte handeln	FaherIn muss sofort handeln
	Zeitbudget			

Für die Übertragung von Informationen und Warnungen werden die akustische und die optische Modalität gewählt. Durch die Kombination von zwei Modalitäten wird auch die Erkennbarkeit der Botschaft und die Unterscheidbarkeit gegenüber anderen Signalen verstärkt. Das optische Signal ist vor allem auch dann wichtig, wenn der Geräuschpegel in der Traktorkabine sehr hoch ist.

Es werden zwei Lösungsansätze für HMI-Konzepte gefunden, eine Minimumvariante als Akutwarnsystem und eine Maximumvariante als Frühwarnsystem. Sie unterscheiden sich im frühestmöglichen Eintrittszeitpunkt der Warnung und somit im vorhandenen Zeitbudget. Beim Akutwarnsystem ist der Erkennungsbereich sehr eingeschränkt, geht aber mindestens bis in die Entfernung des Anhalteweges. Der/die Fahrerin erhält die Warnung erst, wenn schon sehr dringlicher Handlungsbedarf besteht.

Tabelle 2: Minimumvariante - Akutwarnsystem

HMI-Komponenten	Systemzustand	Frühwarnung	Warnung	Akutwarnung
Tonsignal	Leuchtfeld			Nachdrückliches Tonsignal
Leuchtsignal	Leuchtfeld			Warnfeld leuchtet rot
Richtungsanzeige	Leuchtfeld			Leuchtsignale weisen auf die Richtung hin

Beim Frühwarnsystem kann aufgrund eines größeren Erkennungsbereiches schon zeitiger gewarnt werden. Die Warnelemente sind entsprechend den drei Phasen mehrstufig aufgebaut. In der Frühwarnphase wird informiert, in der Warnphase wird zum Handeln aufgefordert und in der Akutwarnphase wird nachdrücklich zum Handeln aufgefordert. Zusätzlich kann das Ereignis auf einem Display visualisiert werden, um die Position anzuzeigen. In *Tabelle 3* werden die verschiedenen Warn- und Informationselemente (HMI-Komponenten) und ihre Ausprägung in den einzelnen Phasen dargestellt. Die Ausprägung der Komponente Tonsignal wäre z. B. in der Phase der Akutwarnung ein Dauerton.

Tabelle 3: Maximumvariante - Frühwarnsystem

HMI-Komponenten	Systemzustand	Frühwarnung	Warnung	Akutwarnung
Tonsignal		Tonabfolge in kurzen Abständen	Tonabfolge in kürzeren Abständen	Dauerton
Sprache		Optional Information	Optional Handlungsaufforderung	Optional nachdrückliche Handlungsaufforderung
Leuchtsignal	Anzeige ein	Markierung leuchtet in der Warnfarbe grün	Markierung leuchtet in der Warnfarbe gelb-orange	Markierung leuchtet in der Warnfarbe Rot und blinkt
Text	Anzeige ein	Optional Information	Optional Handlungsaufforderung	Optional Nachdrückliche Handlungsaufforderung
Richtungs- Abstands- und Positionsanzeige	Anzeige ein	Position des Tieres wird auf Anzeige markiert	Position des Tieres wird auf Anzeige markiert	Position des Tieres wird auf Anzeige markiert

3.3 Empfehlungen für die Gestaltung von HMI-Konzepten

Aus den Landwirteinterviews kann man ableiten, dass drei Landwirte zur Maximumvariante tendieren, ein Landwirt eher zur Minimumvariante und ein Landwirt vom frühesten Eintrittszeitpunkt der Warnung her zur Maximumvariante und von der Darstellung des Ereignisses her zur Minimumvariante tendiert. Letzterer benötigt keine Positionsanzeige. Von den Landwirten bevorzugte Handlungsziele sind:

- Anhalten und das Mähgerät ausschalten, Rehkitz wegtragen oder
- Weiterfahren, in der nächsten Spur anhalten und Mähgerät ausschalten, Rehkitz wegtragen

Die Optionen „Gerichtet Ausweichen“ oder „Mähgerät ausheben“ werden eher abgelehnt, da man Futterverluste vermeiden möchte. Die oben skizzierten Konzeptvarianten (Akutwarn- und Frühwarnsystem) werden nun in den Konzepten 1 und 2 entsprechend den Ergebnissen aus den Befragungen weiter spezifiziert.

Als Ausgabemedium für beide Konzepte wird ein robustes spezifisches Gerät bevorzugt, indem Sensor und HMI kompakt in einer Lösung angeboten werden. Man sollte es an eine gewünschte Stelle in die Traktorkabine hineinhängen und auch wieder herausnehmen und eventuell sogar als tragbare Variante für andere Zwecke einsetzen können. Es handelt sich um zwei Geräte in unterschiedlicher Größe und Ausführung, wie in *Tabelle 4* beschrieben. Das Gerät bei Konzept 1 hat die Größe eines Handys, das Gerät bei Konzept 2 die Größe etwa eines Tablets.

Die Verwendung von Tasten, wie beim ISOBUS-Terminal, bietet vor allem dann Vorteile, wenn während des Fahrens gesteuert werden muss [21]. Das Wildtiererkennungsgerät ist ein Anzeigegerät, es sind keine spezifischen Bedienvorgänge beim Fahren erforderlich. Für Gerät 1 genügen daher einfache Buttons für die on/off- und Menüeinstellungen. Für Gerät 2 empfiehlt sich ein Touchscreen. Das Gerät sollte möglichst im Blickfeld des Fahrers positioniert sein. Die Landwirte hätten das Gerät vorwiegend gerne im rechten oberen Bereich der Windschutzscheibe mittels Halterungen angebracht, wie aus *Abbildung 3* ersichtlich wird. Für den Anschluss an die Stromversorgung genügt ein Stromkabel, bei Bedarf mit einem Adapter für den Stecker.

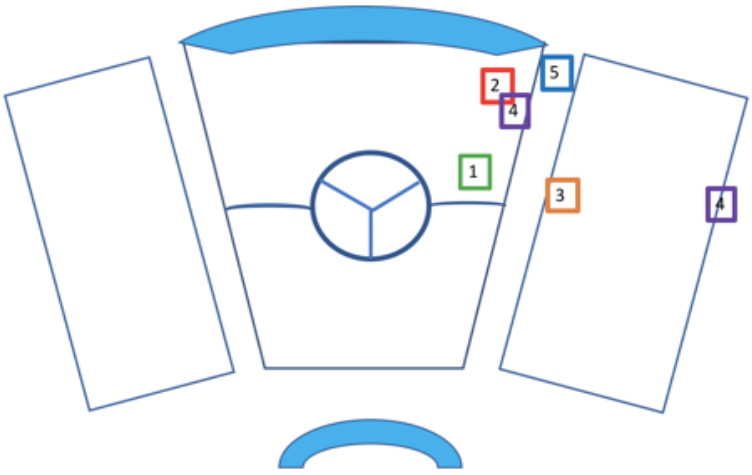


Abbildung 3: Positionierung des HMI in der Traktorkabine, Landwirte 1 bis 5

Tabelle 4: Konzept 1 und Konzept 2: Warnfunktionen, Modalität und Ausgabemedium

Komponenten	**Konzept 1 (Minimumvariante)**	**Konzept 2 (Maximumvariante)**
Warnfunktionen	Akutwarnfunktion Warnen	Frühwarnfunktion Warnen und Informieren
Übertragungsmodalität	Akustisch und optisch	Akustisch und optisch
Ausgabemedium	Robustes Kunststoffgehäuse	Robustes Kunststoffgehäuse
Bedienteile	Drehknopf, Druckknopf	Touchscreen
Größe	Handygröße	Tabletgröße
Positionierung im Traktor	Im Blickfeld der Fahrerin und des Fahrers	Im Blickfeld der Fahrerin und des Fahrers
Zubehör	Stromkabel, Adapter für Stecker, Halterung	Stromkabel, Adapter für Stecker, Halterung

Um die Erkennbarkeit und die Handlungsbereitschaft beim Fahrer zu verstärken, wird von der Autorin empfohlen das Tonsignal in Form eines typischen Tierlautes („Fiepen beim Reh“) auszugeben. Akustische Warnsignale sollen über dem Umgebungsgeräuschpegel liegen. Je nach Bauart der Traktoren kann es beim Mähen zu unterschiedlichen Geräuschintensitäten kommen. So haben modernere Traktoren abgeschlossene Kabinen, die innen leise sind im Gegensatz zu älteren Modellen, wo die Kabine offen ist. Es wird daher empfohlen, dass die Lautstärke der Tonsignale einstellbar ist. Bei Konzept 2 werden die Tonsignale abgestuft nach den Phasen. Höhere Frequenz oder schnellere Abfolge von Tönen bedeutet höhere Dringlichkeit [22] und [23].

Bei Konzept 2 werden die Warnphasen durch Zonenringe auf dem Display verdeutlicht. Kommt das Tier in eine bestimmte Warnzone, leuchtet der Zonenring in der entsprechenden Warnfarbe auf. Blinkende Darstellungen sollten nur verwendet werden, um aufmerksam zu machen und über kritische Zustände zu informieren, die ein sofortiges Handeln erfordern [24]. Das Warnsignal ist gelb oder gelb-orange, das Notsignal rot. Optional sind informierende Warnungen oder Handlungsaufforderungen in Textform auf der Anzeige oder als Sprachausgabe möglich, wie z. B.: „Rehkitz in der nächsten Spur“ oder „Achtung Bremsen“. Bei sehr dringlichen Handlungen sollte eine Meldung eher weniger Informationseinheiten enthalten, für Text- und Sprachmeldungen sollen dieselben Wörter verwendet werden [25, p. 10].

Tabelle 5: Konzept 1 und Konzept 2: Akustische und optische Warn- und Informationselemente

Komponenten	**Konzept 1 (Minimumvariante)**	**Konzept 2 (Maximumvariante)**
Tonsignal	Warnton oder Tierlaut	Abgestufter Warnton oder Tierlaut
Sprache	Keine	Optional Handlungsaufforderung abgestuft
Systemzustand Anzeige	Leuchtfeld	Display
Leuchtsignal	Warnfeld rot	Warnfeld und Radarring leuchten abgestuft nach Warnfarben
Text	Keiner	Handlungsaufforderung abgestuft
Richtungs- Abstands- und Positionsanzeige	Richtungsanzeige durch Leuchtsignale	• Beobachtungsbereich • Tier in bestimmter Größe und Position • Abstandsanzeige in m
Beobachtungsbereich	Mindestbereich Warnzone 1	Maximalbereich Warnzone 1 - 3
Informationen zum Tier	Keine	Durchmesser oder Tiersymbol
Sonstige Informationen	Keine	Außentemperatur, Sonneneinstrahlung

Bei unterschiedlichen Arbeitsbreiten der Mähgeräte sollte es möglich sein, den Beobachtungsbereich auf die Arbeitsbreite und gegebenenfalls auf die doppelte Arbeitsbreite anzupassen. Im Allgemeinen wird der/die Landwirtin bei Tageslicht und nicht im Dunkeln mähen, es sei denn bei sehr hohem Zeitdruck. Für die Erkennung der Tiere mittels Infrarotsensoren könnte es von Vorteil sein, in der Nacht zu mähen. Eine Tag- und Nachteinstellung wird daher optional empfohlen.

Um das Tier auch von anderen Tieren unterscheiden zu können, wird empfohlen Symbole zu verwenden und den Durchmesser des Tieres in cm anzugeben. Es könnte auch hilfreich sein, den Alarm so einstellen zu können, dass erst ab einer bestimmten Tiergröße gewarnt wird.

Tabelle 6: Konzept 1 und Konzept 2: Einstellungsmöglichkeiten

Komponenten	**Konzept 1 (Minimumvariante)**	**Konzept 2 (Maximumvariante)**
Ein- und Ausschalten	Gerät ein- und ausschalten	Gerät ein- und ausschalten
Displayeinstellungen	Kontrast- und Helligkeit	Kontrast und Helligkeit Beobachtungsbereich Text für die Handlungsaufforderung Tag- und Nachteinstellung
Signaleinstellungen	Lautstärke Tonsignal ein- und ausschalten Blinksignal ein- und ausschalten Alarmeinstellungen	Lautstärke Tonsignal ein- und ausschalten Blinksignal ein- und ausschalten Tiersymbole Alarmeinstellungen

Aus den Interviews geht hervor, dass die Landwirte auch automatisierten Lösungen positiv gegenüberstehen, vorausgesetzt diese Systeme sind zuverlässig und effizient einsetzbar. In jedem Fall müsste die Möglichkeit gegeben sein, die Automatik auszuschalten.

4. DISKUSSION

4.1 Systemvarianten

Das Akutwarnsystem könnte Vorteile bei begrenzter Detektionsweite der Sensoren bieten. Ein weiterer Vorteil könnte Zeitersparnis gegenüber einem System mit Vorwarnmeldungen sein, indem unmittelbarer reagiert wird und auch der Suchbereich auf ein Minimum eingegrenzt wird. Allerdings ist das Risiko höher, dass der Traktor und das Mähgerät nicht rechtzeitig gestoppt werden können. Diese Überlegungen müssten in der praktischen Anwendung überprüft werden. Das Frühwarnsystem baut unter anderem darauf auf, dass in die nächste Spur detektiert wird. Die technische Umsetzbarkeit dieses Konzeptes ist bei größeren Mähbreiten wahrscheinlich noch sehr begrenzt.

4.2 Qualitätsanforderungen

Die Landwirte sind zunehmendem Konkurrenzdruck ausgesetzt. Viele pachten Flächen von den Nachbarbetrieben zu, manche übernehmen auch Leistungen für andere, um größere Maschinen auslasten zu können. Einige organisieren sich in Maschinengemeinschaften, um Kosten zu sparen. Eine aufwändige Wildtierrettung bedeutet Zeitverlust. Die Anforderungen an ein Tiererkennungssystem sind daher in jedem Fall hoch, was Zuverlässigkeit und Effizienz betrifft, denn jeder Fehlalarm würde zu unnötigem Zeitverlust führen. Die Arbeitszeit ist insbesondere aufgrund der begrenzten Feldarbeitstage ein wesentlicher Faktor für eine effiziente Bewirtschaftung von Grünland. Beim Mähen muss das Schönwetter ausgenützt werden. Jede Verzögerung wirkt sich auf die nächstfolgende Prozesskette aus.

4.3 Integration in bestehende Systeme

Die befragten Landwirtinnen und Landwirte bevorzugen ein Gerät, welches speziell für die Aufgabe der Wildtiererkennung konstruiert ist und in die Traktorkabine montiert werden kann. Das HMI sollte mit dem Sensor in einer kompakten Lösung angeboten werden, gegebenenfalls auch modifizierbar und integrierbar sein. Diese einfache Variante bietet folgende Vorteile:

- geringere Kompatibilitätsprobleme
- ein Gerät für eine bestimmte Aufgabe
- HMI und Sensor in einem Gerät
- breite Anwendung und nachrüstbar auf unterschiedliche Traktoren
- keine ISOBUS-Abhängigkeit

Ein allgemeiner Trend in der Landtechnik geht in Richtung Trennung von Hardware und Software. Viele Apps kommen auf den Markt, die auf unterschiedlichen Terminals verwendet werden können. Auch das Wildtierkennungssystem könnte in Zukunft als Applikation angeboten und auf verschiedene Terminals oder auf mobile Endgeräte geladen werden. In diesem Fall müsste der Hersteller wahrscheinlich auf eine normierte Version setzen, um eine gewisse Kompatibilität mit anderen Systemen zu erreichen.

4.4 Funktionserweiterungen

Ein Gerät mit Zusatzfunktionen könnte attraktiver sein und höhere Akzeptanz erreichen. Die Jägerinnen und Jäger unter den Landwirtinnen und Landwirten wünschen sich ein vom Traktor abnehmbares Gerät, welches flexibel einsetzbar ist, wie etwa bei der Jagd für die Suche von erlegten Tieren. Eine alternative Zusatzfunktion wäre eine Objekt- und Personenerkennung auf dem Hof und auf der Straße, um Unfällen vorzubeugen. Die Möglichkeit, nicht nur Lebewesen, sondern auch Objekte zu erkennen, könnte auch beim Mähen interessant sein, um versteckten Hindernissen (z. B. Steinen) zum Schutz der Mähgeräte rechtzeitig ausweichen zu können.

5. AUSBLICK

Zukünftig sind auch automatisierte Systeme vorstellbar, wie in der Art eines Tractor-Implement-Managementsystem (Traktor-Geräte-Systemautomatisierung), bei dem über spezielle Sensoren die Geschwindigkeit des Traktors geregelt und im Anlassfall dieser zum Stehen gebracht wird. Der kürzlich mit dem Innovation Award in Silber prämierte Sensorbalken „Sensosafe“ von Pöttinger Landtechnik GmbH wird direkt auf dem Mähbalken installiert. Sobald die Infrarotsensoren ein verstecktes Tier erkennen, wird ein Signal an die Mähwerkshydraulik gesendet und das Mähwerk automatisch ausgehoben [26]. Angedacht wird auch, Drohnen während dem Mähvorgang mit dem Traktor mitzuführen, um einen größeren Erkennungsbereich von oben zu gewinnen. Die HMI-Lösungen müssten letztlich an die Systemvarianten angepasst werden.

6. DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit wurde durch die MA23 der Stadtgemeinde Wien im Rahmen des Projektes 16-02 "Photonik: Grundlagen und industrielle Anwendungen" unterstützt.

7. LITERATURVERZEICHNIS

[1] K. Buchgraber et al., „Jagd im Spannungsfeld aktueller Herausforderungen,“ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Herausgeber), Irdning, 2016.

[2] Böck C. und E. Pösch, „Oberösterreichischer Landesjagdverband,“ [Online]. Available: http://www.ooeljv.at/wp-content/uploads/2008/01/Moeglichkeiten-zur-Rettung-vor-dem-Maehtod.pdf. [Zugriff am 23 09 2017].

[3] Bundeskanzleramt Österreich, „Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem,“ 27 09 2017. [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003541. [Zugriff am 10 09 2017].

[4] E. v. Lom, „Kuhgesund Praxiswissen für Milchkuhhalter,“ 05 2014. [Online]. Available: http://www.kuhgesundheit.de/2013/12/06/botulismus-wer-den-schaden-hat-dem-helfen-diskussionen-nicht-weiter/. [Zugriff am 22 07 2017].

[5] C. Mittermayr, *Persönliche Mitteilung,* Wien, 2017.

[6] P. Haschberger, „DLR Earth Observation Center,“ [Online]. Available: http://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-7248/12576_read-30972/. [Zugriff am 30 04 2017].

[7] J. Leichtfried, „Elektrotechniker der HTL Waidhofen an der Ybbs entwickelten Wildretter,“ *Der Karntner Jäger Mitteilungsblatt der Kärntner Jägerschaft,* Nr. 203, p. 34, 06 2012.

[8] DIN Deutsches Institut für Normung e. V, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210 Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010); Deutsche Fassung EN ISO 9241-210:2010,* Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2011.

[9] H. O. Mayer, Interview und schriftliche Befragung - Entwicklung, Durchführung und Auswertung, München: Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009.

[10] Johannes Rhede und Ina Petermann-Stock, „Intelligente Strategien für nutzerzentrierte MMI Konzepte im urbanen Raum,“ VDI-Wissensforum GmbH, Düsseldorf, 2013.

[11] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung II 5, „Tabelle aus dem Grünen Bericht 2016 - Struktur der Grünlandbetriebe 2013,“ Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2016.

[12] H. Süß, „Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt," 21 04 2017. [Online]. Available: https://www.agrarheute.com/wochenblatt/wissen/system-maehen. [Zugriff am 11 08 2017].

[13] J. Wagner, „Jagdwirt," 2012. [Online]. Available: http://www.jagdwirt.at/DesktopModules/ContentList/Uploads/Schach%20dem%20Maehtod_Wagner%20J_final.pdf. [Zugriff am 25 04 2017].

[14] B. Oehrli, „Achtung, Kitze im Gras," *Landfreund - Das Schweizer Agrarmagazin,* 13 04 2017.

[15] GRANIT Ersatzteile GmbH & Co. KG , „Granit Quality Parts," [Online]. Available: https://www.granit-parts.at/product/647647250?q=WILDRETTER. [Zugriff am 23 08 2017].

[16] Life-finder LF6, „Fachverband für Spycams und Aufsperrwerkzeug," [Online]. Available: http://www.detektei-schutzdienst-shop.de/shop/Personen-und-Tiersuchgeraet-Life-finder-LF6_p1063.html. [Zugriff am 03 06 2017].

[17] ISA Industrieelektronik GmbH, „wildretter.de," [Online]. Available: http://www.wildretter.de/infrarot-wildretter/umsetzung.html. [Zugriff am 17 09 2017].

[18] A. Leonhardsberger, Interviewee, *Ing.* [Interview]. 31 05 2017.

[19] Automated Driving, „SAE Interntional," [Online]. Available: https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf. [Zugriff am 27 06 2017].

[20] Hermann Winner et al., Handbuch der Fahrerassistenzsystem, Wiesbaden: Springer, 2012.

[21] W. Rudolph, „Eilbote - online.com - Das Landtechnikportal," 2013. [Online]. Available: https://www.eilbote-online.com/artikel/terminals-alles-auf-dem-schirm-7525/. [Zugriff am 14 05 2017].

[22] Deutsches Institut für Normung, *DIN EN 894-2 Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen; Deutsche Fassung EN 894-2:1997+A1:2008,* Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1997.

[23] DIN Deutsches Normungsinstitut, *Sicherheit von Maschinen - System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale; Deutsche Fassung EN 981:1996+A1:2008,* Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1996.

[24] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., *Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen - Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug (ISO 15008:2017); Deutsche Fassung EN ISO 15008:2017,* Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2017.

[25] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., *Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Verkehrsinformations- und Assistenzsystemen – Anforderungen und Konformitätsverfahren für die Ausgabe auditiver Informationen im Fahrzeug (ISO 15006:2011); Deutsche Fassung EN ISO 15006:2011,* Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2011.

[26] Pöttinger Landtechnik GmbH, „Agritechnica Innovation Award 2017," 2017. [Online]. Available: https://www.agritechnica.com/de/innovation-award/gold-und-silber/. [Zugriff am 22 09 2017].

AUVAfit – ein Programm zur Arbeitsplatzoptimierung

Julia Lebersorg-Likar
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

„Arbeit soll nicht krank machen – Arbeit kann uns fit halten“, damit dieser Slogan zutrifft, ist es wichtig, einige Grundsätze zu beachten und die Arbeitsplätze immer wieder zu optimieren. Die Fehlzeitenstatistik zeigt seit Jahren, dass fast ein Viertel aller Krankenstandstage in Österreich auf Muskel-Skelett-Erkrankungen zurückzuführen sind. Eine der am meisten gefährdeten Berufsgruppen sind Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer aus dem Bereich Landwirtschaft, bedeutet, gesundheitliche Beschwerden für jeden einzelnen Betroffenen und hohe finanzielle Belastungen für die Arbeitgeber und für die Volkswirtschaft. Um arbeitsbedingte Risikofaktoren zu minimieren, wurde das zurzeit kostenlose Präventionsprogramm AUVAfit ins Leben gerufen. Die Expertinnen und Experten des AUVAfit Teams unterstützen Firmen unterschiedlichster Branchen dabei, ihre Arbeitsplätze zu verbessern. AUVAfit besteht aus den Modulen Ergonomie und Psychologie, die getrennt oder zusammen gebucht werden können. AUVAfit Ergonomie konzentriert sich darauf, zusammen mit der jeweiligen Firma, einfache Maßnahmen zu finden, um Arbeitsplätze nach ergonomischen Grundsätzen zu optimieren und somit sowohl für Arbeitgeber als auch für die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer einen Benefit zu bewirken.

1. EINLEITUNG

Laut Fehlzeitenreport 2017 sind in Österreich 21,4 Prozent aller Krankenstandstage auf eine Muskel-Skelett-Erkrankung (MSE) zurückzuführen. Sie sind somit neben den Krankheiten des Atemsystems die häufigste Krankheitsursache. Auch über die Grenzen Österreichs hinaus betreffen MSE Millionen von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern in ganz Europa und führen zu Kosten für die Arbeitgeber in der Höhe von mehreren Milliarden Euro. Besonders betroffen davon sind Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in der Altersgruppe von 50 bis 64 Jahren. Denn abhängig vom Alter, verschieben sich auch die Ursachen für Krankenstände. Nach dem Fehlzeitenreport 2017 ist beispielsweise zu beobachten, dass gesundheitliche Probleme aufgrund von Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Altersgruppe der unter 30-jährigen nur 10 % der Krankenstandstage verursachen, hingegen sind MSE bei exakt einem Drittel der älteren Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer der Grund für einen Krankenstand. Verletzungen als Krankenstandsursache gehen hingegen mit dem Alter deutlich zurück.

Der Begriff Muskel-Skelett-Erkrankung ist als Sammelbegriff zu verstehen. Er fasst Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems, betreffend Bänder, Blutgefäße, Knorpel, Sehnen, Knochen etc. zusammen. Die Bandbreite reicht von leichten, zeitlich begrenzten Gesundheitsstörungen bis zu ernsthaften Erkrankungen mit schweren chronischen, irreversiblen Schädigungen. Körperregionen die hauptsächlich betroffen sind, sind der Bereich des Rückens und die oberen Extremitäten.

Muskel-Skelett-Erkrankungen entstehen nicht durch eine monokausale Ursache, ihr Zustandekommen ist von mehreren Faktoren beeinflusst, man spricht daher von einer multifaktoriellen Ursache. In der Freizeit, in der Arbeit bzw. können es auch genetisch Ursachen sein, die diese Form von Erkrankungen hervorrufen. Zu Fehlbelastungen des Muskel-Skelett-Systems können sowohl Überforderungen als auch Unterforderungen führen.

Zu den arbeitsbedingten körperlichen Ursachen und Risikofaktoren zählen u. a.:

- Lastenhandhabung – häufige, langandauernde und hohe Anforderungen an die Muskelkraft
- Zwangshaltungen
- einseitige Belastungen
- Bewegungsarmut
- repetitive Bewegungen
- Vibrationen

Um arbeitsbedingten Risikofaktoren für Muskel-Skelett-Erkrankungen präventiv entgegenzuwirken, ist es entscheidend, die Arbeitssicherheit und die Gesundheit der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer ernst zu nehmen und aktiv Maßnahmen zu setzen.

Die Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) ist mit 4,9 Millionen Versicherten der größte gesetzliche Unfallversicherungsträger Österreichs. Neben der Unfallheilbehandlung, der Rehabilitation sowie der Entschädigung ist die Prävention von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten die wichtigste Aufgabe der AUVA.

Im Rahmen ihres Präventionsauftrages bietet die AUVA als Strategie zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen das Programm AUVAfit an. Nach dem Motto: „Analysieren – Optimieren – Profitieren“ unterstützt AUVAfit Betriebe unterschiedlichster Branchen bei der Arbeitsplatzoptimierung und hilft so, arbeitsbedingte Risikofaktoren, die zu Fehlbelastungen der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer führen, zu reduzieren.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Was ist AUVAfit?

Wir möchten und müssen lange und gesund durch das Arbeitsleben gehen. Um dies zu gewährleisten, ist es wichtig, Arbeitsplätze so zu gestalten, dass Fehlbelastungen, im Bereich der Über- als auch der Unterforderung, möglichst minimiert werden.

Das AUVAfit-Team analysiert und bewertet, abhängig vom gewählten Modul, körperliche und/oder psychische Belastungen am Arbeitsplatz und arbeitet gemeinsam mit dem Unternehmen geeignete Maßnahmen aus, um etwaige Belastungen zu reduzieren. Diese Maßnahmen werden nach dem sogenannten TOP-Prinzip – **t**echnische vor **o**rganisatorischen vor **p**ersonenbezogenen Maßnahmen, umgesetzt. Im Bereich der personenbezogenen Maßnahmen unterstützt die AUVA die Unternehmen zusätzlich mit diversen Leistungen, wie zum Beispiel Workshops, Schulungen, Visualisierungen, Beratungen, arbeitsgestaltenden Gesprächen etc.

Die Beratung im Rahmen des AUVAfit Programms ist zurzeit kostenlos. Investitionen, die das Unternehmen auf Basis der Beratung umsetzen will, müssen jedoch vom Unternehmen selbst getragen werden.

Jeder Betrieb, dessen Leitung hinter diesem Projekt steht, dessen Beschäftigte mehrheitlich bei der AUVA versichert sind, und das die Grundregeln des ArbeitnehmerInnenschutzes erfüllt, kann das Programm AUVAfit in Anspruch nehmen. Der Umfang der analysierten Arbeitsplätze wird nach einem Erstgespräch durch die AUVA festgelegt.

Nachfolgend wird auf den ergonomischen Teil von AUVAfit näher eingegangen. Anschließend werden Beispiele für ergonomische Maßnahmen, welche zusammen mit Betrieben bereits umgesetzt wurden, beschrieben.

2.2 Wie sieht der Ablauf von AUVAfit Ergonomie aus?

1. **Informatives Vorgespräch**
   Um die gegenseitige Erwartung und die Vorstellungen an das Projekt abzuklären, wird zuerst ein informatives Vorgespräch geführt.
2. **Projektauftrag**
   Der Projektauftrag wird von der Firmenleitung an die AUVA erteilt.
3. **Festlegung von Analyseschwerpunkten und Fragestellungen**
   Gemeinsam mit dem Betrieb werden Analyseschwerpunkte festgelegt und mehrere aufgabenunterschiedliche Arbeitsplatz-Typen bestimmt. Wichtig ist es hierbei, vor allem bei jenen Arbeitsplätzen anzusetzen, bei denen der Betrieb ergonomische Beratung benötigt.
4. **Arbeitsplatzanalyse**
   Im Rahmen eines Betriebsbesuches werden die vorher bestimmten Arbeitsplatz-Typen und Arbeitstätigkeiten vom AUVAfit Team analysiert und bewertet. Im Bereich Ergonomie erfolgt, gemäß der Ebenen der Gefährdungsbeurteilung, das erste Grobscreening mithilfe des „Ergo-Check"-Tools. Der „Ergo-Check" ist ein Verfahren, das auf dem Tool des Finnish Institute of Occupational Health „Ergonomic Workplace Analysis" basiert und von der AUVA weiterentwickelt wurde. Es beurteilt verschiedene Einflussbereiche, die auf einen Arbeitsplatz einwirken können. Sollte in einigen Bereichen eine speziellere Analyse notwendig sein, werden weitere Analysetools herangezogen.
5. **Erarbeitung und gemeinsame Umsetzung geeigneter Maßnahmen**
   Im Anschluss an diese Erhebung und Bewertung leitet das AUVAfit-Team gemeinsam mit dem Unternehmen Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsplätze hinsichtlich ergonomischer Richtlinien ab. Dadurch lassen sich Fehlbelastungen, die zu Muskel-Skelett-Erkrankungen führen können, reduzieren. Jeder Betrieb erhält ein maßgeschneidertes Konzept, um die Qualität seiner Arbeitsplätze zu optimieren. Die Rangordnung der Maßnahmenvorschläge entspricht dem zuvor erwähnten TOP-Prinzip.
6. **Analyse der Wirksamkeit**
   In einem letzten Schritt werden die umgesetzten Maßnahmen bei einem nochmaligen Betriebsbesuch noch einmal besichtigt und die Ergebnisse mit dem Betrieb besprochen.

3. ERGEBNISSE

Nachdem AUVAfit individuell auf die Bedürfnisse jedes Betriebs eingeht, kann das Programm in Unternehmen unterschiedlicher Branchen durchgeführt werden. Um dies zu veranschaulichen, werden hier nun Maßnahmen und die daraus folgenden Ergebnisse aus zwei verschiedenen Betrieben dargestellt.

3.1 Praxisbeispiel: Alfred Wagner Stahl-Technik & Zuschnitt GmbH

Das Unternehmen „Alfred Wagner Stahl-Technik & Zuschnitt GmbH" hat seinen Sitz in Pasching und ist ein Traditionsunternehmen in den Bereichen Stahlhandel, Zuschnitt und Anarbeitung. Für den Betrieb haben die Themen Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz großen Stellenwert. Im Rahmen des AUVAfit Projekts wurden verschiedene Arbeitsplatz-Typen ausgewählt und gemeinsam Verbesserungsmöglichkeiten festgelegt. Im Folgenden sind zwei Beispiele aus den durchgeführten Maßnahmen dargestellt.

Beispiel 1: Brennschneideanlage

Ausgangssituation: In der Brennschneideanlage werden verschieden große Stahlteile geschnitten und danach entweder manuell oder mit dem Kran herausgelöst und in einen Behälter gehoben. Die abgebildeten Teile sind ca. 15 x 15 cm groß und wiegen jeweils ca. 15 kg. Die Teile mussten durch kraftschlüssiges Halten mittels eines Magnetgreifers herausgezogen werden. Dies bedeutete eine sehr hohe Hand- Arm- Belastung.

Maßnahme: Durch das Anbringen eines Griffs ist die Notwendigkeit eines kraftschlüssigen Haltens beim Herausziehen des Stahlelements verringert. Durch den geminderten Faustschluss, konnte, vor allem die Belastung in Hand und Unterarm, deutlich reduziert werden.

Vorher

Nachher

Beispiel 2: Arbeitstätigkeit „Schleifen“

Ausgangssituation: Die Arbeitsaufgabe besteht darin, das Werkstück mit einer Schleifmaschine zu bearbeiten. Auf dem „Vorher“-Bild ist zu erkennen, dass die Palette nur durch den Körper des Arbeitnehmers fixiert und vor dem Verrutschen gehindert wird. Zudem trägt er drei Formen von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA), eine Schutzbrille, einen Kapsel-Gehörschutz und eine Atemschutzmaske. Der Arbeiter wird durch diese kombinierte PSA und durch die verrutschende Palette zusätzlich zu seiner eigentlichen Arbeitsaufgabe stark belastet.

Maßnahmen: Die Palette wurde durch eine einfache Adaption des Auflagegestells gegen das Verrutschen gesichert und ein neues kombiniertes Atemschutzgerät wurde angeschafft. Dadurch konnten die Sicherheit beim Arbeiten gesteigert und die körperliche Belastung reduziert werden.

Vorher

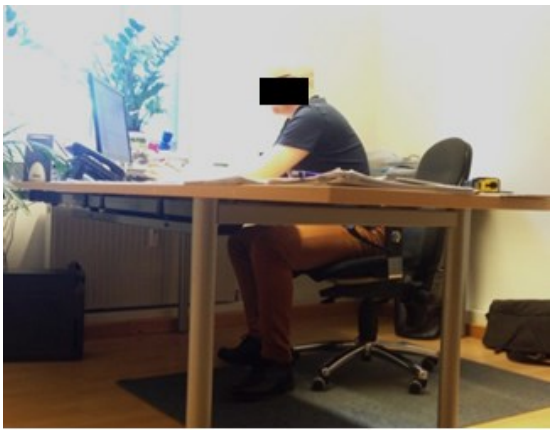
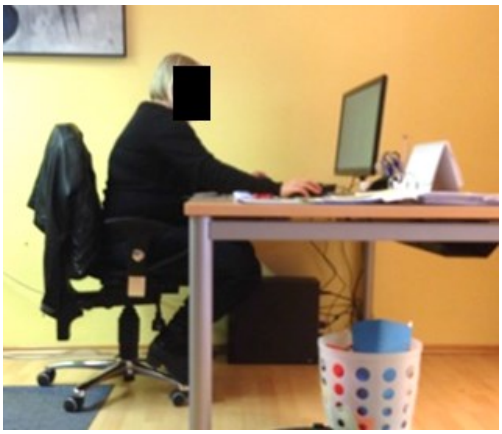
Nachher

3.2 Praxisbeispiel: FIVOinvest

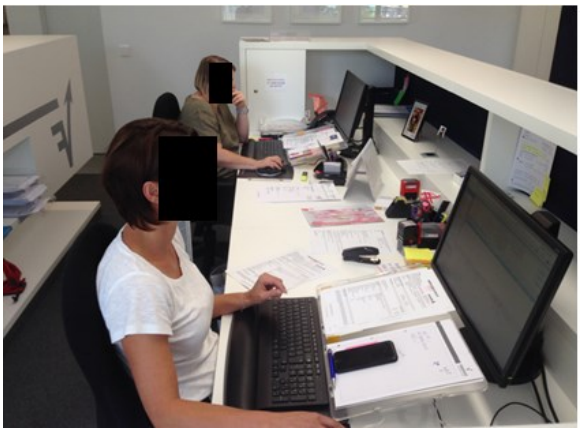
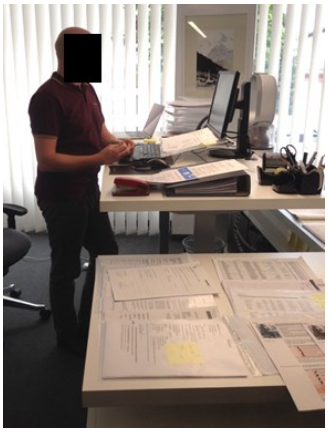
Ausgangssituation: Die Firma FIVOinvest GmbH ist ein Dienstleistungsunternehmen in den Bereichen Finanzierung, Vorsorge und Investments. FIVOInvest am Standort Saalfelden hat das Projekt AUVAfit im Zusammenhang mit einer geplanten Übersiedelung in neue Büroräumlichkeiten in Anspruch genommen. Im Rahmen dieses Umzugs war es der Firma wichtig, ergonomische Richtlinien gleich in die Planung des neuen Büros miteinfließen zu lassen

Maßnahmen: Neben einigen personenbezogenen Maßnahmen in Form von Schulungen und Workshops, wurden die Büroarbeitsplätze mit Hilfe von AUVAfit, wie im Vorher-Nachher-Vergleich sichtbar, ergonomisch gestaltet. Zum Beispiel die Errichtung eines höhenverstellbaren Arbeitstisches, die Anschaffung von Schreibpulten zur Ablage von Unterlagen oder u. a. die richtige Aufstellung der Bürotische.

Vorher

Nachher

4. DISKUSSION

AUVAfit ist ein lebendiges Projekt, das vom praktischen und fachlichen Austausch profitiert und sich immer wieder weiterentwickelt. Das AUVAfit-Team ist bestrebt, auf die ergonomischen Arbeitsplatzbedingungen jedes Betriebes individuell einzugehen und gemeinsam mit dem Betrieb ideale Maßnahmen zu finden, um die Arbeitsplätze zu optimieren. Das Programm ist in Firmen unterschiedlichster Branchen einsetzbar und lässt sich ebenfalls im Bereich der Land- und Forstwirtschaft anwenden, insbesondere an Arbeitsplätzen die physische Belastungen aufweisen.

5. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Caffier G., Steinberg U. & Liebers (1999). Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

[2] Leoni T. & Schwinger J. (2017). Fehlzeitenreport 2017 – Krankheits- und unfallbedingte Fehlzeiten in Österreich – Die alter(n)sgerechte Arbeitswelt. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

[3] Sandrock, S. (2009). in „angewandte Arbeitswissenschaft“. No 202

[4] https://osha.europa.eu/de Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

[5] http://www1.arbeitsinspektion.gv.at/ew07/artikel/artikel01-05.htm

[6] https://www.auva.at/portal27/auvaportal/content?contentid=10007.670939&viewmode=content

System Captiv – Messtechnische Bewegungsanalyse

Norbert Lechner
AUVA-Hauptstelle, Abteilung für Unfallverhütung und Berufskrankheitenbekämpfung – Fachgruppe Ergonomie, Wien, Österreich

1. SYNCHRONISATIONSSOFTWARE CAPTIV MOTION L7000

CAPTIV Motion ist ein hochmodernes und flexibles System für die Aufzeichnung und Analyse physiologischer Messwerte.

Die Software der französischen Firma TEAERGO erlaubt auf einfache Art, Analysen, die mit einer Vielzahl von Sensoren, sogenannten „inertial measurement units“, kurz IMUs und einem Datenerfassungssystem gemacht wurden, mit einer Videoaufnahme zu synchronisieren und dann entweder nach der Messung auszuwerten, oder sogar mittels Live-Receiver auch während der Tätigkeit mit zu verfolgen.

Anatomisch bedingt sind Bewegungsräume und -winkel begrenzt, und mit dieser Software lassen sich günstige und ungünstige sowie belastende und weniger belastende Körperhaltungen oder Bewegungsabläufe leicht identifizieren. Zur Beurteilung insbesondere der rotatorischen und translatorischen Bewegungen der oberen Extremitäten hat sich die Synchronisation von Videobildern und gemessenen Gelenkwinkeln nach Tests und Einsätzen an unterschiedlichsten Arbeitsplätzen bereits mehrmals als äußerst sinnvoll erwiesen.

Zur besseren Beurteilung weisen wissenschaftliche Quellen und Normen für die verschiedenen Bewegungsrichtungen der Extremitäten Grenzbereiche aus an denen man sich bei den Auswertungen der speziell untersuchten Segmente am Ende orientieren kann.

In dieser Arbeit wurde die ÖNORM 1005-4 zur einfachen Analyse herangezogen.

Zu Beginn gilt es aber kurz die **Bewegungsanalyse mit Beschleunigungssensoren von Motion Capturing** zu unterscheiden.

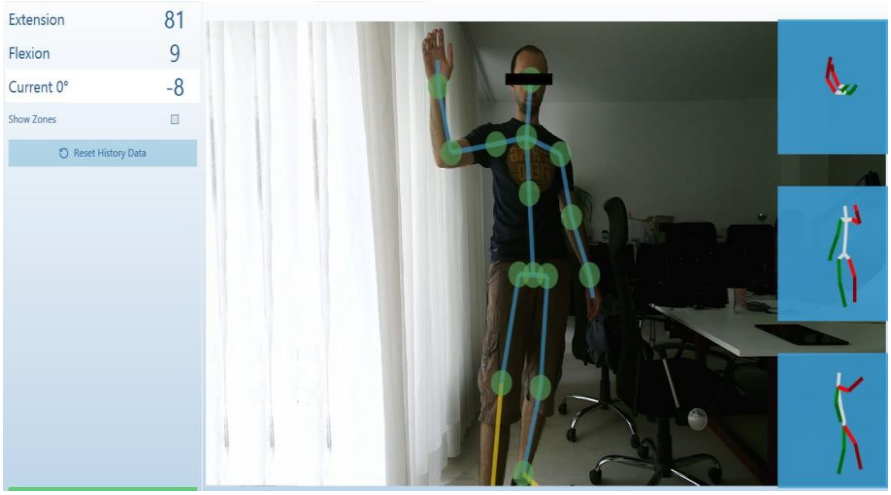
Unter **Motion Capture**, wörtlich *Bewegungserfassung*, versteht man ein Tracking-Verfahren, das es ermöglicht, jede Art von Bewegungen so zu erfassen und in ein von Computern lesbares Format umzuwandeln, dass diese die Bewegungen analysieren, aufzeichnen, weiterverarbeiten und zur Steuerung von Anwendungen verwenden können.

Eingesetzt wurde für diese Zwecke die Kinect v2.

Kinect ist eine Hardware zur Steuerung der Videospielkonsole Xbox 360, die seit 2010 verkauft wird. Kinect wurde von Microsoft zusammen mit der Firma PrimeSense entwickelt. Spieler können damit allein durch Körperbewegungen die Software bedienen. Diese neue Art der Steuerung wird durch eine Kombination von PrimeSense-Tiefensensor, ein 3D-Mikrofon, eine Farbkamera und mit dazugehöriger Software ermöglicht.

Mehr und mehr ist Motion Capturing auch in der Arbeitswelt zur Analyse von Arbeitsplätzen und Abläufen oder zu Schulungen und Trainings im Einsatz und wurde auch von der Ergonomiefachgruppe der AUVA für diese Zwecke eingesetzt.

Die Kinect v2 funktioniert nach dem Time of Flight-Prinzip, erkennt die Gelenkpunkte und berechnet aus der Zeit in der die Photonen vom Objekt zurück zur Kamera reflektiert werden den Abstand und somit in Folge die Gelenkwinkel.



Mehr und mehr wurde aber das höhere Potenzial der Synchronisationssoftware Captiv Motion erkannt und in weiterer Folge von den Sportwissenschaftern zum Einsatz gebracht.

T-Sens-Sensor und Datenlogger

Inertialmesssensoren wie sie von TEAERGO hergestellt werden sind kabellos und werden auch als T-Sens-Sensoren bezeichnet.

Die Hardware, bestand zum Zeitpunkt der vorgenommenen Analysen die bei dieser Tagung präsentiert werden aus:

- Fünf Bewegungssensoren, die jeweils ein 3-Achsen Gyroskop, einen 3-Achsen- Accelerometer und einen 3-Achsen-Magnetometer beinhalten und zusammen auch die Funktion von Gonio- und Torsiometer übernehmen können. Mit diesen Inertialsensoren können Gelenkwinkel, Winkelgeschwindigkeiten sowie Winkelbeschleunigungen gemessen werden.
- Weiters stehen ein Sensor zur Bestimmung der Herzfrequenz,
- Sensoren zur Erfassung des Oberflächen-EMGs,
- Drucksensoren die bis zu 35kg/qcm messen können
- ein wireless module zur Messung der Zugkraft beim Ziehen von Lasten
- ein Sensor zur Messung sowohl der Außen – als auch der Körpertemperatur
- sowie ein respiration sensor zur Verfügung.

Mit einem Real-Time-USB-key bzw. live receiver könnte man die Messwerte in der Software auch live laufen lassen und so die Daten am Display eines notebooks am Arbeitsplatz direkt mitverfolgen. Zum Zeitpunkt der Aufzeichnungen die für diesen Vortrag herangezogen wurden stand dieser allerdings noch nicht zur Verfügung.

Die von den Sensoren erfassten Werte werden drahtlos über Bluetooth an einen Datenlogger übertragen, der die Hardware komplettiert. Alle Sensoren sind kabellos, haben die Größe einer Zündholzschachtel, werden lediglich mittels Manschetten über oder unter der Kleidung angebracht und bieten so uneingeschränkte Bewegungsfreiheit am Arbeitsplatz.

Neben dem Erfassen der physiologischen Daten wird zeitsynchron eine Videoaufzeichnung erstellt, deren Start- und Endpunkt ident sein muss, um die Daten im Anschluss synchronisieren zu können. Die Captiv-Software ermöglicht nicht nur das Einlesen eines einzelnen Videobildes, sondern gegebenenfalls auch mehrerer Videosequenzen (wenn notwendig auch die Messdaten von bis zu 12 Sensoren). Alle Bilder und Messwerte lassen sich beliebig einander zuordnen und synchron darstellen, so dass der Nutzer in Echtzeit beliebige Messpunkte oder Videosequenzen ansteuern und nach Vakanz auswerten kann.

Aus den bestehenden Video- und Messreihen sind die relevanten Daten zur Bearbeitung zu extrahieren. Die Intervalle bzw. Zeitpunkte der Datenauswertung sollten an den Punkten der größten zu erwartenden Belastung erfolgen. Neben einer Langzeitauswertung über einen vollständigen Bewegungszyklus bietet sich auch eine schwerpunktmäßige Auswertung an.

Am Ende stehen mehrere Möglichkeiten zur Darstellung der benötigten Ergebnisse zur Verfügung (Grafiken, Tortendiagramme, Tabellen usw.). Für Statistiken und wissenschaftliches Arbeiten können die raw data (Rohdaten) auch als csv-files in der ursprünglich gemessenen Frequenz von 64 oder 32 Hz exportiert werden.

In der vorgetragenen Präsentation werden neben der Vorstellung des Systems auch Beispiele aus Betrieben gebracht und die Sinnhaftigkeit eines Bewegungsanalysesystems erläutert werden.

Ein hoher Anteil von arbeitsbedingten Rückenerkrankungen ist auf manuelle Lastenhandhabung zurückzuführen. Neben Hebe – und Tragetätigkeiten können genauso beim Ziehen und Schieben von schweren Lasten intensive Belastungen für das Muskel-Skelett-System auftreten.

Diese oftmalig auftretenden Missverhältnisse zwischen mechanischen Belastungen und der Belastbarkeit erfordern eine adäquate Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen und Maßnahmen der Prävention, Ergonomie und Arbeitsgestaltung.

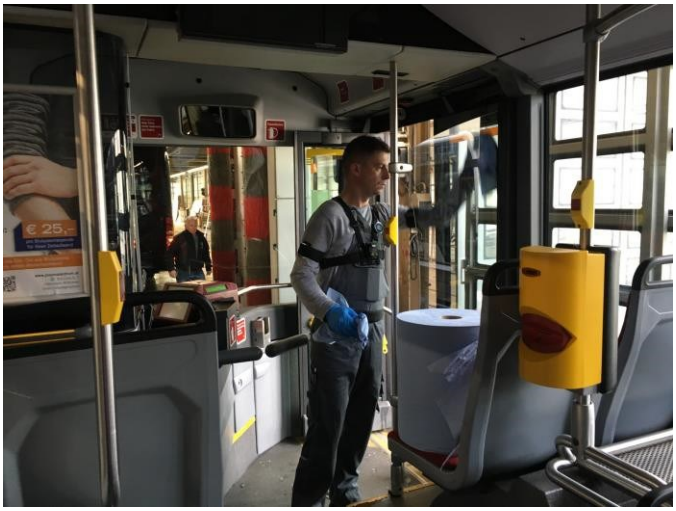
Können Belastungen die beim Heben und Tragen beziehungsweise Ziehen und Schieben von Lasten auftreten mithilfe moderner Bewegungsanalyse und dem Einsatz von inertial measurement units wirklich aufgezeigt werden?

Wie sinnvoll ist es Winkelwerte, Körperhaltungen und Bewegungsabläufe zu messen um dann entweder auf der Verhältnis – oder Verhaltensebene anzusetzen?

Sind die erfassten Armhaltungen, sowie Neigungen, Krümmungen, Seitneigungen und Verdrehungen des Rumpfes brauchbar um im Sinne des ArbeitnehmerInnenschutzes zu agieren?

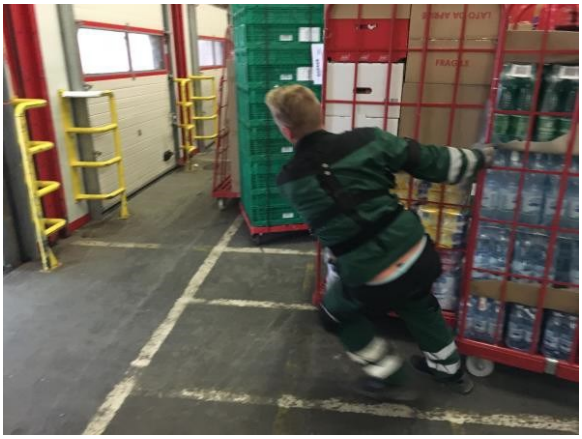
Welche Maßnahmen können gesetzt werden und welche Empfehlungen können an Arbeitsplätzen zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen abgeleitet werden?

Einzelne kurze Fallbeispiele wie die LKW-Fahrer der Spar-Zentrale Wörgl beim Be- oder Entladen der LKWs, ein Verpackungsarbeitsplatz der Firma xy, ein Montagearbeitsplatz bei Viking in Langkampfen, eine Palettenfertigungsanlage in der Geschützten Werkstätte Vomp oder die Werkstätte in den Innsbrucker Verkehrsbetrieben werden unter anderem kurz präsentiert.



Die Reinigungskräfte der Verkehrsbetriebe in Innsbruck bringen die Busse innen und außen auf Vordermann. Armarbeit über Schulterniveau bestimmt hier das Bild. Ergonomische Maßnahmen wurden nach der Analyse getroffen und werden in der Präsentation kurz diskutiert.

Detaillierter möchte ich im Folgenden auf die Analysen in der Spar-Zentrale Wörgl eingehen: Untersucht wurden Be- und Entladetätigkeiten von LKWs mit Rollbehältern.



Erfasst wurden die relevanten Körper – und Bewegungswinkel der oberen Extremitäten und im speziellen die translatorischen und rotatorischen Bewegungen der Arme mit den Beschleunigungssensoren des Systems Captiv.

Die Beurteilung erfolgt in Anlehnung an die ISO 11226(2000), sowie DIN EN 1005-4(2009) und Vergleichswerten aus der Literatur, da es in Österreich keine Lastenhandhabungsverordnung gibt.

Durch gleichzeitige Dokumentation der Tätigkeiten mittels Videoaufnahme ist es möglich jedem Datensatz eine Arbeitssituation zuzuordnen.

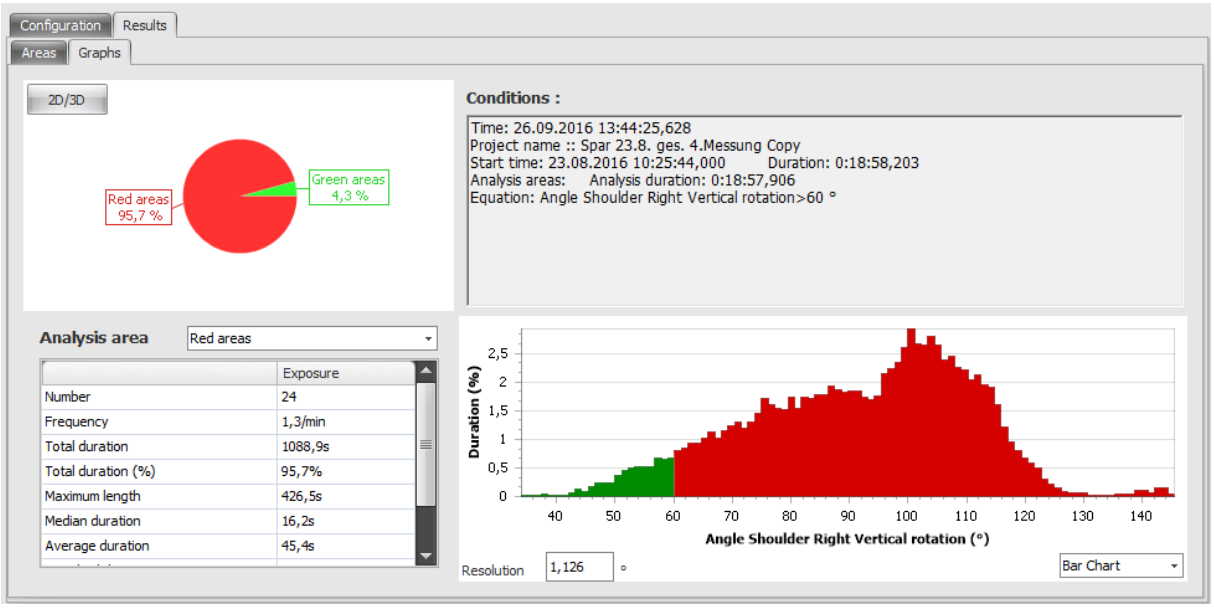
Die LKW-Fahrer haben unterschiedliche Arbeitsrhythmen, je nachdem, welches Gebiet sie mit Waren versorgen. Grundsätzlich geht es darum, die Spar-Märkte in Tirol und Salzburg mit Waren zu beliefern.

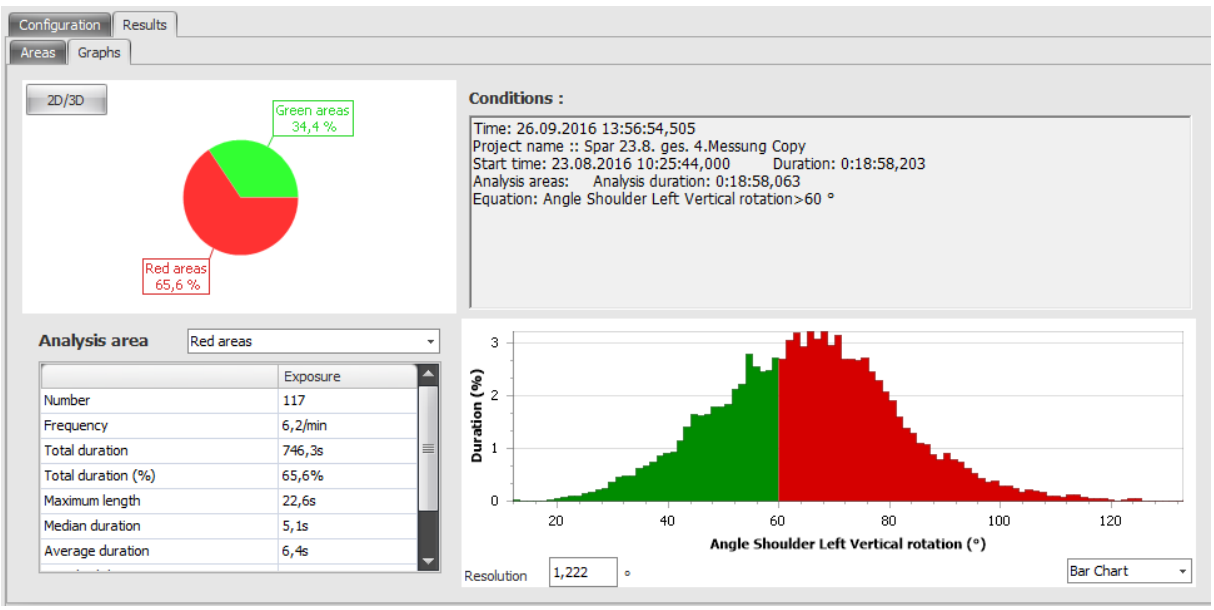
Das bedeutet:
- Beladen der LKW's mit den Rollwägen in Wörgl
- LKW-Fahren nach der geplanten Route
- Entladen einzelner Rollwägen bei den Spar-Märkten

Die LKW-Fahrer sind in ihrer Lade- und Entlade-Tätigkeit mitunter hohen körperlichen Belastungen ausgesetzt. Darüber hinaus möchte die Spar die Unfallzahlen der LKW-Fahrer weiter verringern. Deshalb sollen hier aus ergonomischer Sicht die Belastungen erhoben werden bzw. mögliche Maßnahmen implementiert werden, um mögliche Fehlbelastungen zu verringern.

In der Präsentation werden auftretende Körperhaltungen vor allem jene beim Bewegungsauftakt, die Positionen aus denen die Last bewegt wird, kurz dargestellt.

Beispielhaft soll hier gezeigt werden wie sich die unterschiedliche Armhaltung eines Beladungsprozesses darstellen lassen könnte.





Die Abbildungen zeigen den 19-minütigen Arbeitsprozess in Bezug auf die Armhaltung. Herausgerechnet wurde hier der Armhub > 60 Grad Vergleich linke und rechte Seite. Darstellen lässt sich die Dauer des jeweiligen Armhubs, die Häufigkeit, und die Frequenz in Form von Grafiken und Diagrammen.

Die AUVA empfiehlt im Sinne des ASchG §7, Grundsätze der Gefahrenverhütung, nach dem **STOP-Prinzip** vorzugehen. Das bedeutet, dass kollektiver vor individuellem Gefahrenschutz anzuwenden ist.

Unter Substitution würde hier fallen, dass man den Beladungsprozess automatisiert. Es wird aber in vielen Betrieben noch eine Zeit dauern bis sich geeignete Lösungen finden werden um einen automatisierten Beladungsprozess zu schaffen.

Technische/bauliche Maßnahmen

Hierbei ist auf eine optimale Bereifung der Trolleys zu achten. Zu harte Reifen werden beim Abladen von den Staplern leichter beschädigt und die dadurch auftretenden Abnützungen erschweren das Bewegen der Wägen letztendlich. Gepflegte Radreifen und Radlager erleichtern das Manipulieren. Das Verhältnis zwischen Spurtreue und Wendigkeit sollte passen. Feststellbremsen sind gegeben, allerdings sind die Trolleys im Auge des Betrachters nicht sicher bremsbar. Der Einsatz mobiler Griffe könnte angedacht werden, um die Armhaltung zu optimieren, um einfach körpergerechtes Greifen zu gewährleisten. Ein letzter Punkt der durchaus zu den baulichen Maßnahmen gezählt werden sollte ist, dass ausreichende Sicht auf den Fahrweg gegeben sein sollte.

Organisatorische Maßnahmen

In diesen Punkt fallen die Reihenfolge der Beladung und die Berücksichtigung des Schwerpunktes des Ladeguts was von den Mitarbeitern ohnehin beachtet wird.

Neigungen sollten durch Nivellieren der Ladeboardwand zumindest die Lastmanipulation am LKW erleichtern.

Personenbezogene Maßnahmen

Art des Ziehens und Schiebens: Die richtige Körperhaltung und Arbeitstechnik helfen, Belastungen zu verringern. Lasten sollten eher geschoben als gezogen werden, da beim Schieben mehr Kraft aus den Beinen kommen kann. Zu dem Punkt der persönlichen Maßnahmen gehört ebenso das Bewegen der Last in gerader Wegführung und ohne enge Kurven.

Lasten sollten langsam beschleunigt und auch langsam abgebremst werden, ruckartige Bewegungen sollten vermieden werden. Der Oberkörper sollte aufrecht und vor allem beim sowohl beim Ziehen als auch beim Schieben leicht nach vorne geneigt sein, Rotationen und Seitneigungen des Rumpfes sollten vermieden werden.

Sofern die notwendige Beinfreiheit gegeben ist, sollte die Bewegung fast ausschließlich aus den Beinen kommen.

Die Armhaltung, die in dieser Arbeit näher untersucht worden ist, sollte eher unter Schulterniveau gehalten werden. Es sollte symmetrisch gegriffen werden, und ruckartige Auftaktbewegungen, die nur aus den Armen kommen, absolut vermieden werden.

Im Idealfall steht der Fahrer frontal vor der Last und mit geradem aber aufgrund der Schrittstellung leicht geneigtem Oberkörper hinter der Last und schiebt sie mit einer Auftaktbewegung aus den Beinen, aus leichter Schrittstellung heraus, und mit symmetrischer Armhaltung, die Last körpernah, geradlinig nach vorne.

Weitere Beispiele von Analysen an Arbeitsplätzen entnehmen Sie bitte der Präsentation.

Definition einer Prüfmethode für die Vertikaldynamik an Traktoren

Jürgen Karner, Lukas Handl
Josephinum Research, Wieselburg, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

Traktoren sind Universalmaschinen in der Land- und Forstwirtschaft. Sie werden sowohl auf der Straße als auch auf Feldern oder am Hof mit Anhängern oder Anbaugeräten verwendet. Zunehmende Geschwindigkeiten führen zu erhöhten Schwingungen am Chassis und in der Kabine, wie etwa bei Fahrten auf unbefestigten Straßen und Wegen. Diese können die Gesundheit des Fahrers beeinflussen.

Beim Betrieb des Traktors durch Arbeitnehmer ist die Einhaltung der Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit zwingend vorgeschrieben. Die Vorschriften (z. B. Richtlinie 2002/44/EC [1]) verpflichten zur Bewertung der Belastung von Arbeitnehmern hinsichtlich der durch Schwingungen verursachten Risiken. Die täglichen Belastungsgrenzwerte für Schwingungen, die bei der Schwingungsmessung zu verwendenden Sensoren, Signalfilter und Auswertungsformeln sind zwar durch Vorschriften definiert; jedoch fehlt eine genaue Spezifikation der Fahrbedingungen während der Evaluierung. Gemäß der Normen sollen die Messungen unter „Normalbetrieb“ durchgeführt werden. Das Einsatzspektrum eines Traktors ist jedoch unglaublich vielfältig [2]. Bisherige Versuche wurden typischerweise ohne Anbaugeräte durchgeführt [3, 4]. Dies entspricht jedoch nur selten dem praktischen Einsatzprofil. Mit der neu entwickelten Methode „Wieselburger Schwingungs-Prüfzyklus“ wurden Fahrzyklen und Ballastierungen für die Evaluierung von Vibrationen am Traktor vorgeschlagen. Diese Methode ermöglicht es, unter verschiedenen Fahrzuständen Vergleiche von Traktoren anzustellen und Verbesserungspotenziale im Zuge der Traktorentwicklung aufzuzeigen (z. B. Federungsabstimmung).

Zuständige Behörden können mit Hilfe dieser Methode Ganzkörperschwingungen messen und eigene Testzyklen basierend auf Messungen einzelner Events erstellen.

1. EINLEITUNG

Der DLG PowerMix ist eine weitreichend anerkannte Methode zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs. Die darin beschriebenen Zyklen wurden im Zuge der Entwicklung der Schwingungsprüfmethode als Referenzfahrten herangezogen und in Bezug auf Fahrgeschwindigkeit und Ballastierung (Ballast, Achslasten etc.) leicht angepasst und um Transportfahrten erweitert. Für die Wiederholbarkeit der Versuche werden die ISO 5008 [5] „Smooth Track“ und „Rough Track“, sowie die angrenzende Asphaltfahrbahn verwendet. Die Versuche werden sowohl im ballastierten als auch im unballastierten Zustand durchgeführt, wobei der Ballast eine vertikale Stützlast bzw. eine Gerätelast im ausgehobenen Zustand darstellt (*Abbildung 1*).

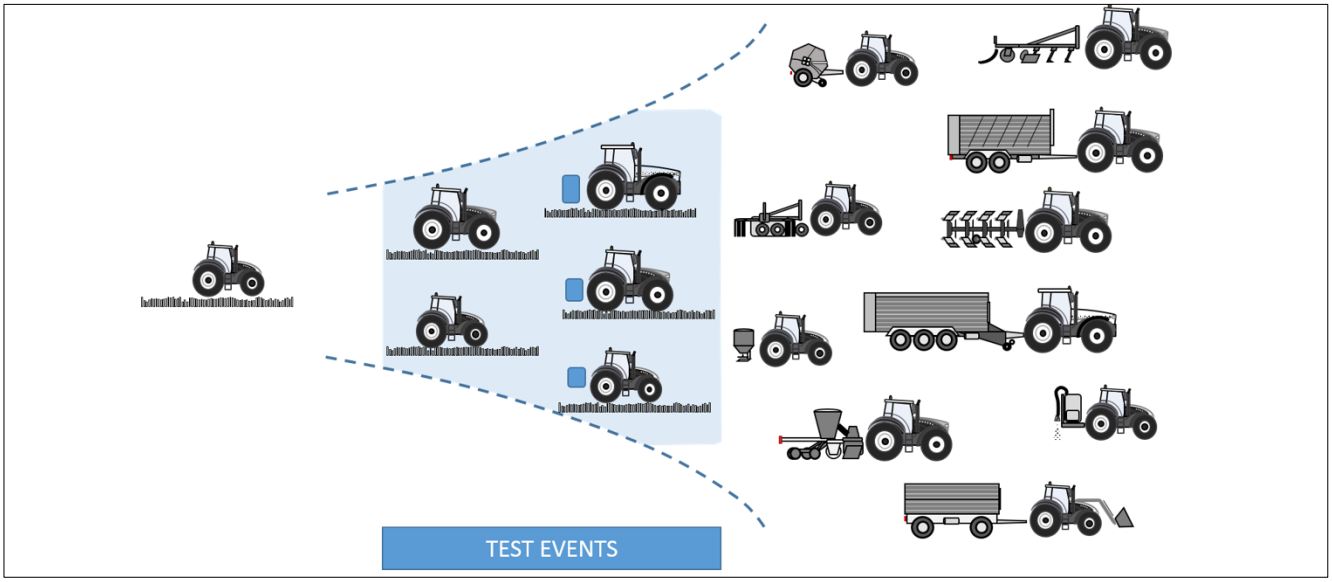


Abbildung 1: Testmethode als Bindeglied von Einzelfahrten und praktischer Verwendung von Traktoren.

Der gesamte Leistungsbereich von Standardtraktoren wurde in 7 Klassen unterteilt und jeder eine klassenspezifische Ballastierung zugewiesen. Diese wurden anhand statistischer Analysen von Traktorendaten ermittelt.

Für die Messungen und Datenauswertung wurde das modifizierte Tool AVL Drive™ verwendet. Basierend auf der Schwingungsauswertung wurden zulässige Betriebszeiten berechnet und der Traktor ziffernmäßig bewertet. Darüber hinaus wurde eine Reihe von Allradtraktoren zur Analyse von Parametern verwendet, welche die Ergebnisse beeinflussen könnten. Letztendlich wurden über ein Dutzend Traktoren unterschiedlicher Hersteller für die Auswertung herangezogen.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Messtechnik

Für die Messungen wird das Tool AVL-Drive™ verwendet. Es werden die CAN-Bus Signale aufgezeichnet, die vertikalen Vorderachsbeschleunigungen und die Beschleunigungen am Fahrersitz (Sitzkissen) gemessen. Das Auslösen und Zuteilen der jeweiligen Events wird von der Software automatisch durchgeführt. Die Auswertung erfolgt mittels der in ISO 2631-1 [6] beschriebenen Methode der quadratischen Mittelwerte. Die resultierenden Werte (in Zeiteinheiten) werden auch in eine Bewertung (von 0 bis 10 Punkte) umgerechnet, wobei der Wert sieben den gesetzlichen Grenzwert bei achtstündiger Belastung darstellt.

2.2 Entwicklung der Testzyklen und Events

Da das Einsatzspektrum von Traktoren sehr vielfältig ist, muss der Prüfzyklus genaue Fahrbedingungen definieren, um die Vielfalt und Komplexität der Prüfungen zu begrenzen. Das Prüfverfahren beinhaltet zehn „Events“, wobei jeder einzelne eine bestimmte Geschwindigkeit und Fahrbahn, Hubwerksposition und Heckballast vorgibt. Jeder Event muss fünfmal wiederholt werden, wie in der ISO 5008 beschrieben. Der Testzyklus umfasst somit insgesamt 50 Einzelfahrten.

Für den Gesamtvergleich verschiedener Traktormodelle werden eine numerische Bewertung (0-10) und eine zulässige Betriebszeit (in h) berechnet. Für die Traktorentwicklung können bestimmte Events für die Optimierung des Fahrkomforts herangezogen werden, z. B. Federungseinstellungen.

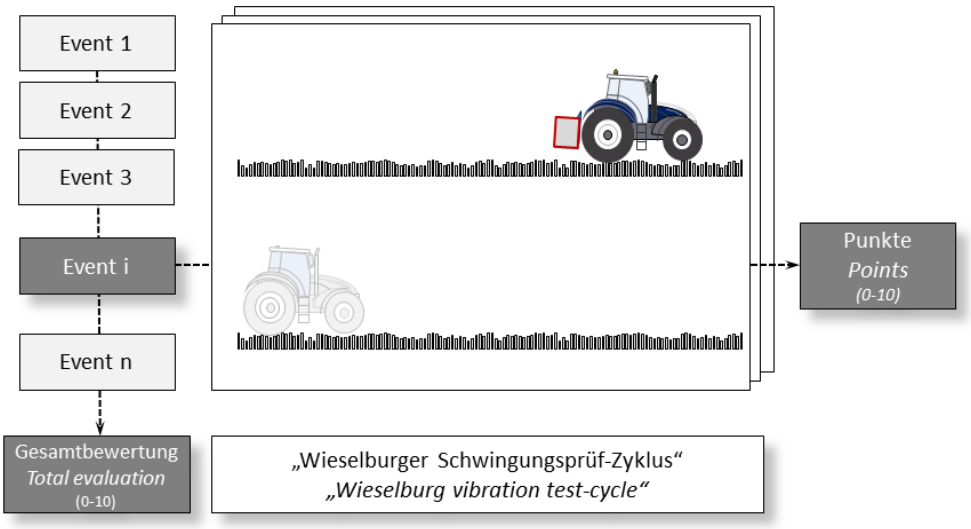


Abbildung 2: Der Wieselburger Schwingungsprüf-Zyklus setzt sich aus zehn Events zusammen, wobei jeder einzelne einen definierten Fahrzustand repräsentiert.

Abbildung 2 zeigt, dass nicht nur der gesamte Testzyklus ausgewertet werden kann, sondern auch einzelne Events. Vor der genauen Definition der einzelnen Events wurden verschiedene Parameter, welche das Schwingungsverhalten beeinflussen könnten, mit Hilfe verschiedener Traktoren analysiert. Vor allem Fahrgeschwindigkeit, Ballast, Position des Ballastes sowie Gewicht des Fahrers wurden mit verschiedenen Traktoren untersucht.

Die grundlegenden Versuche wurden mit folgenden Traktoren durchgeführt:

Case Puma 210	Steyr CVT 6160	Case Maxxum 150	Steyr Multi 4115 tier4i
Steyr Multi 4115 tier4f	Case CVX 185	New Holland T7.270	

Für den Zweck der Untersuchungen wurden die Traktoren ohne Ballast bei einer Geschwindigkeit von 8 bis 16 km/h auf der 100 m („smooth track“) Bahn und mit Ballast bei einer Geschwindigkeit von 8 bis 20 km/h gefahren. Die 35 m („rough track“) Bahn wurde mit einer Geschwindigkeit zwischen 4 und 8 km/h inklusive Ballast befahren.

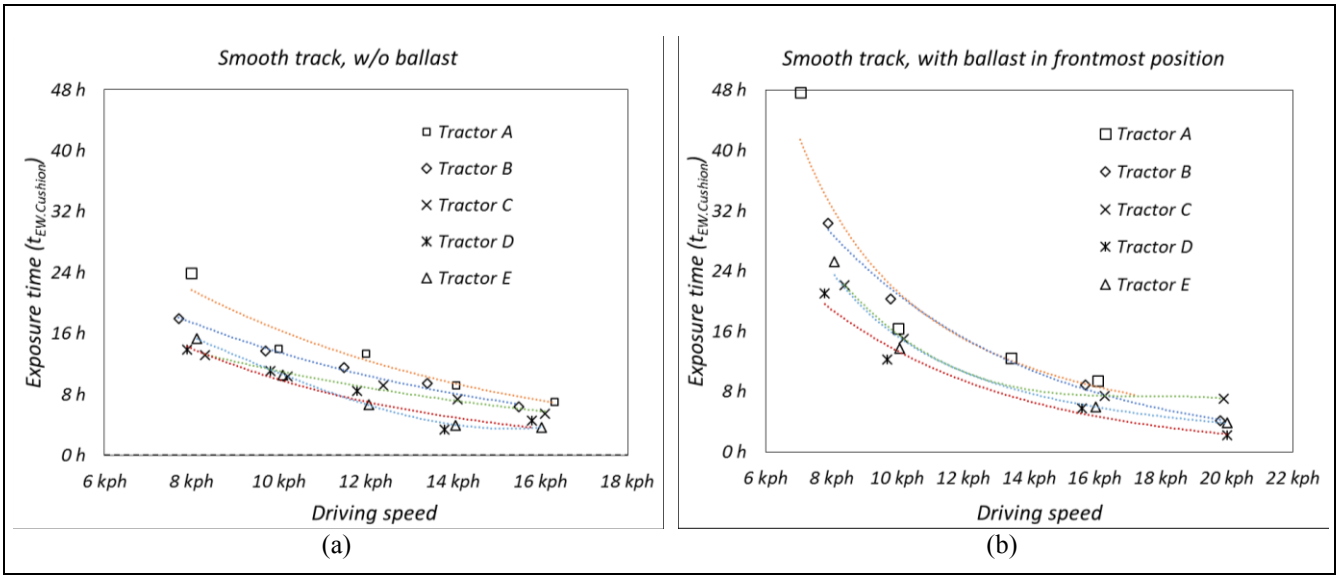


Abbildung 3: Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf der 100 m ISO Bahn ohne Ballast (a) und mit an den Heck-Anbaupunkten montiertem Ballast (b)

Nicht überraschend ist, dass die Intensität der Schwingungen, gemessen am Sitzkissen, mit steigender Fahrgeschwindigkeit zunimmt und die zulässige Einsatzzeit folglich sinkt. Traktor A würde eine Arbeitszeit von 8 Stunden bis zu einer Geschwindigkeit von 15 km/h ermöglichen (unballastiert, *Abbildung 3a*) und bis zu etwa 17 km/h mit einem Heckballastgewicht von 1500 kg (*Abbildung 3b*).

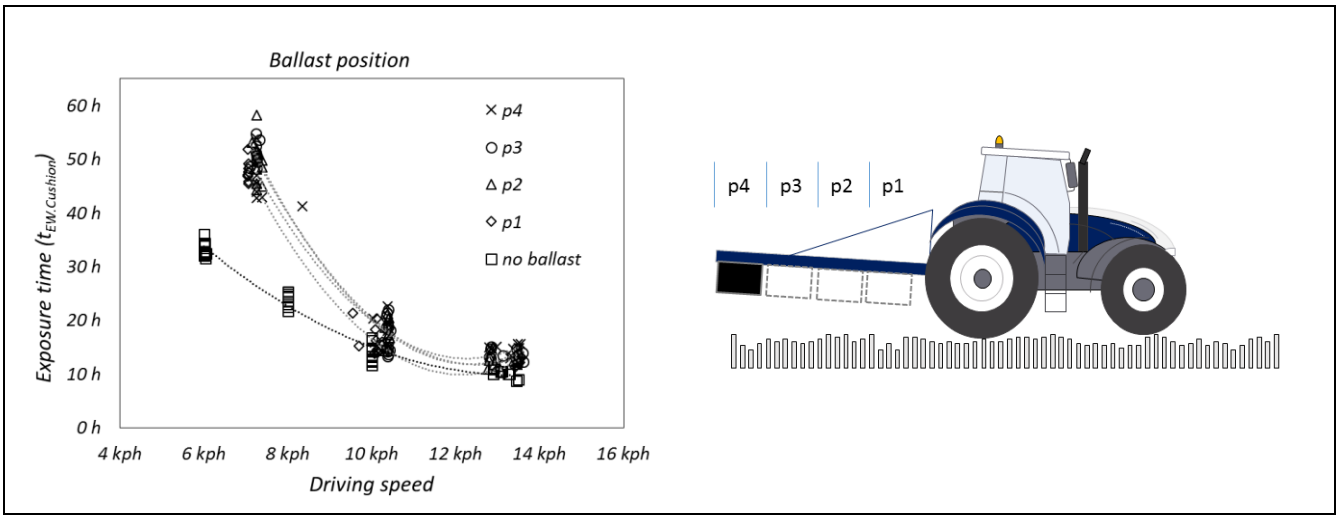


Abbildung 4: Einfluss des Ballastes und dessen Position

Der Einfluss der Ballastposition wurde in vier verschiedenen Abständen zu den Koppelpunkten untersucht (p1 vorderste, p4 hinterste Position). *Abbildung 4* zeigt, dass auf der 100 m-Bahn der ballastierte Traktor längere Einsatzzeiten ermöglicht als der leere. Der Ballast verlagert mehr Gewicht auf die Hinterachse und entlastet so die Vorderachse. Die groß dimensionierten Hinterräder weisen ein gutes Schwingungsdämpfungsverhalten auf. Die Position des Ballasts (p1, p2, p3, p4) hat nur geringen Einfluss auf die zulässige Einsatzdauer. Die Ergebnisse des leeren und ballastierten Traktors konvergieren mit zunehmender Geschwindigkeit (typischerweise zwischen 14 und 16 km/h). Das Gewicht des Fahrers hat keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse.

2.3 Definition der Test-Zyklen

Die Fahrgeschwindigkeiten wurden grundsätzlich vom DLG PowerMix abgeleitet, jedoch mit geringen Abweichungen (*Tabelle 1*). Die Arbeiten mit dem Pflug, Grubber und Mähwerk werden mit 9, 12 und 15 km/h auf der 100 m Bahn (smooth track) simuliert. Die Hinterachslast mit einem Anbaugerät in Arbeitsposition ist in etwa die gleiche wie jene eines leeren Traktors ohne Feldeinsatz, wodurch bei den Tests kein Ballast notwendig ist. Ballenpressen, Miststreuer und Ladewägen übertragen eine gewisse Stützlast auf den Traktor. Diese Last wird durch einen Ballast am Heckhubwerk mit Geschwindigkeiten von 9 bis 15 km/h und einem zusätzlichen Transport Event (Feldweg) mit 20 km/h simuliert.

Das Wenden am Vorgewende wird mit angehobenem Arbeitsgerät durchgeführt. Dieser Event wird mit 5 km/h und Ballast auf der 35 m Bahn (rough track) durchgeführt.

Zusätzlich wurden zwei Transportfahrten mit 40 und 50 km/h (abhängig von der Bauartgeschwindigkeit) hinzugefügt und sowohl ballastiert als auch leer gefahren. Diese Varianten werden auf einer Asphaltstraße neben den ISO-Bahnen mit einer einzigen Anregung vom Untergrund durchgeführt. Dieser Impuls wird durch Dreischicht-Holzspannplatten (2000 x 500 x 27 mm) realisiert, welche auf dem Asphalt befestigt sind. Durch deren Länge wird der Gesamtschwerpunkt des Traktors kurzzeitig minimal angehoben.

Tabelle 1: Überblick der Test Events

	Events	Track	Ballast	Geschwindigkeit	Hubwerk
1, 2, 3	z. B. Pflug, Grubber, Mähwerk in Arbeitsposition	100 m (smooth)	Nein	9, 12, 15 km/h	unten
4, 5, 6	z. B. Ballenpresse, Miststreuer, Ladewagen	100 m (smooth)	Ballast (simuliert Stützlast)	9, 12, 15 km/h	oben
7	Transport (Feldweg)	100 m (smooth)	Ja	20 km/h	oben
8	Vorgewende (Gerät angehoben)	35 m (rough)	Ballast (simuliert angehobenes Gerät)	5 km/h	oben
9	Transport	Asphalt	Nein	40 oder 50 km/h	unten
10	Transport	Asphalt	Ja	40 oder 50 km/h	oben

Basierend auf statistischen Analysen von 114 Traktormodellen wurden sieben Leistungsklassen definiert. Mit Hilfe von Regressionsanalysen wurden das mittlere Leergewicht und der Radstand abgeleitet.

Tabelle 2: Traktorklassen

Klasse	I	II	III	IV	V	VI	VII
Nennleistung (in kW)	≤ 55	≤ 74	≤ 110	≤ 147	≤ 184	≤ 220	>220
Ballast für Tests (in kg)	440	592	880	1 176	1 472	1 760	1 760

Die Nennleistung wird als Referenz für die Berechnung des Ballast-Gewichts herangezogen, weil die Motorleistung zumeist die Größe des Anbaugeräts bestimmt (z. B. Arbeitsbreite) und nicht das Gewicht der Zugmaschine.

Das Ballast-Gewicht wurde so gewählt, dass einerseits die gesetzlichen Anforderungen (in Österreich: 20 % des Eigengewichts auf der Vorderachse) erfüllt werden und andererseits das höchstzulässige Gesamtgewicht nicht überschritten werden.

Die Analyse hat gezeigt, dass die Hubkraft des Heckhubwerks mit der Motorleistung des Traktors bis etwa 180 kW zunimmt. Bei Traktoren höherer Motorleistung nimmt die Hubkraft nicht wesentlich zu, da die landwirtschaftlichen Geräte von diesen Traktoren meist gezogen werden. Darum ist der Ballast für Traktoren der Klassen VI und VII gleich (*Tabelle 2*).

Für die weiteren Messungen wurden folgende Zugmaschinen verwendet: John Deere 6130 R, Claas Arion 530, New Holland T5.120, Lindner Lintrac 90, Fendt 313 Vario, Fendt 211 Vario, Fendt 724 Vario, Fendt 516 Vario, Fendt 716 Vario, Lamborghini Spark 180, Valtra N114e.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Für die Traktoren der Klasse III beträgt der Ballast je 880 kg. *Tabelle 3* zeigt die Ergebnisse der Klasse III Traktoren.

Tabelle 3: Versuchsergebnisse der Klasse III Traktoren

	Einheiten	Limit für 8h Arbeitstag	Traktor F	Traktor G	Traktor H	Traktor I	Traktor J
$a_{eff.cushion}$	m/s²	1.15	1.23	1.14	1.12	1.24	1.22
$t_{eff.cushion}$	Std.	8	7.02	8.12	8.45	6.84	7.15
AVL-DRIVE™ Bewertung	Pkt.	7.0	6.51	7.03	7.11	6.42	6.57

Die gemessenen effektiven Beschleunigungswerte am Sitzkissen zeigten ähnliche Werte. Für einen acht Stunden Arbeitstag darf der Grenzwert von 1,15 m/s² nicht überschritten werden. Zwei Modelle lagen etwas unter diesem Wert, drei darüber. Die zulässige Betriebsdauer ist daher auf Einsatzzeiten von weniger als acht Stunden zu begrenzen. Höhere Beschleunigungen führen zu niedrigeren Einsatzzeiten. Die numerische AVL-DRIVE™ Bewertung mit sieben Punkten entspricht einer effektiven Beschleunigung von 1,15 m/s² oder einer Einsatzzeit von 8 Stunden.

Folglich liegt die AVL-DRIVE™ Bewertung für zwei Modelle über sieben Punkte und für drei Modelle darunter.

Auf der 35 m ISO-Bahn zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Traktormodellen (*Abbildung 5*). Die Anregung ist vergleichsweise stark, sodass selbst bei einer geringen Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h deutliche Wankbewegungen und Stöße in der Kabine auftreten. Durch die hohe Sitzposition auf einem Traktor wird der Fahrer stark hin- und hergeschüttelt. Die schlecht abgestimmten Traktoren ließen bei den auftretenden Beanspruchungen Einsatzzeiten von nur etwa 2,3 Stunden zu, während die besten auf über 6 Stunden kommen (*Abbildung 5*).

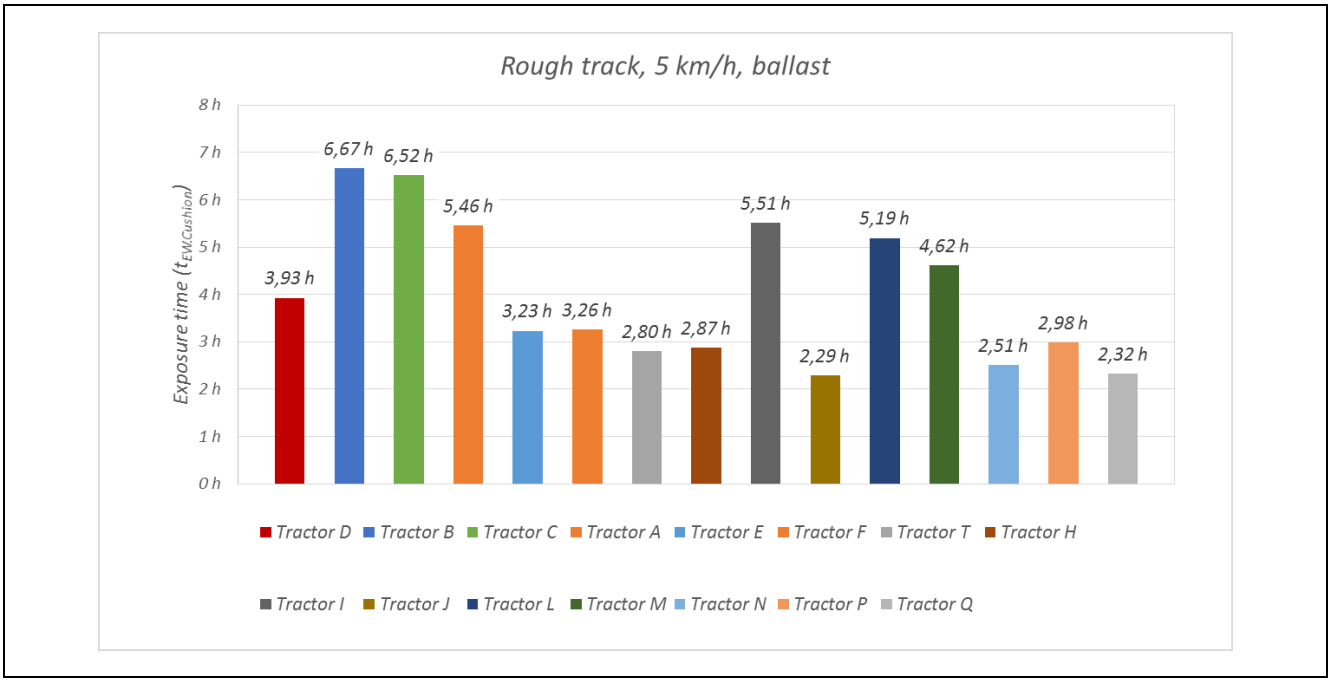


Abbildung 5: Ergebnisse auf der „Rough Track" (35 m)

Auf der 100 m „Smooth Track“ konvergieren die Ergebnisse stärker. Hier wird der Unterschied zwischen leeren (empty) und ballastierten Traktoren deutlich (*Abbildung 6*).

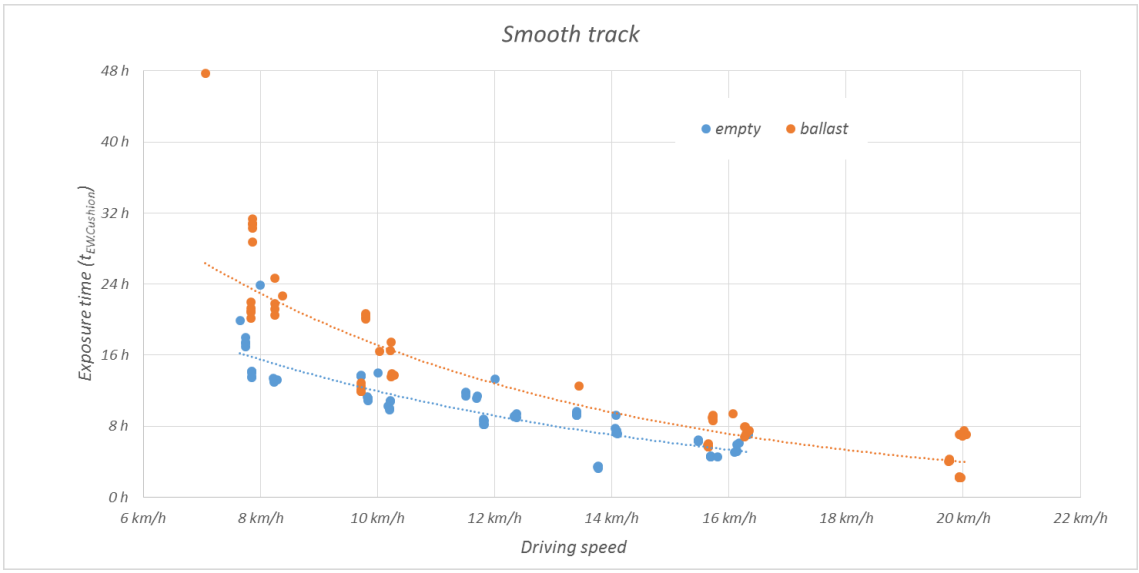


Abbildung 6: Ergebnisse auf der „Smooth Track“ (100 m) bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Die Unterschiede zwischen komfortablen und weniger komfortablen Traktoren zeigen sich am deutlichsten im unteren Geschwindigkeitsbereich des untersuchten Spektrums.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die vorgestellte Prüfmethode definiert Fahrbedingungen für Ganzkörper-Schwingungsmessungen an landwirtschaftlichen Traktoren. Es wurden sieben Leistungsklassen definiert und für einige Testfahrten sollte ein Ballastgewicht am Heckhubwerk angebracht werden. Daher wurden für jede Leistungsklasse bestimmte Ballaste bestimmt. Weitere Messungen an Traktoren sollen dem Aufbau einer Datenbank dienen. Der „Wieselburger Schwingungs-Prüfzyklus“ könnte Grundlage für eine standardisierte Prüfmethode werden.

5. DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei CNH Industrial, Lindner Traktorenwerke, ACA Center Roher, Esch.Technik GmbH, Heindl Landtechnik GmbH, MeinTraktor GmbH und Raiffeisen-Lagerhaus Mostviertel Mitte eGen für die Zurverfügungstellung von Traktoren für die Versuche.

6. QUELLENVERZEICHNIS

[1] Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)

[2] Schrottmaier, J., Lechner, B. (1986): Untersuchungen zur EG-Fahrersitzprüfung. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg. Heft 16, Februar 1986

[3] Scarlett, A.J., Price, J.S., Stayner, R.M. (2007): Whole-body vibration: Evaluation of emissions and exposure levels arising from agricultural tractors. Journal of Terramechanics 44 (2007), S. 65-73

[4] Schrottmaier, J., Nadlinger, M. (2000): Untersuchung und Optimierung der schwingungstechnischen Eigenschaften von Traktoren mit gefederter Vorderachse und gefederter Fahrerkabine. 58. VDI-MEG-Tagung Landtechnik, 10.-11. Oktober 2000, Münster

[5] ISO 5008:2002: Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of the operator. International Organisation for Standardisation, 2002

[6] ISO 2631-1:1997: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. International Organisation for Standardisation, 1997

[7] Karner, J. (2017): Analysis of Power and Dimensions of European Tractors. GSTF Journal on Agricultural Engineering (JAE) Vol.3 No.1, 2017

Physische und psychische Arbeitsbeanspruchung von Landwirtinnen bei Grundbodenbearbeitung und Saat auf österreichischen Landwirtschaftsbetrieben

Julia Wagentristl, Elisabeth Quendler
Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Theresia Oedl-Wieser
Bundesanstalt für Bergbauernfragen, Wien, Österreich

ZUSAMMENFASSUNG

In der täglichen landtechnischen Praxis bestehen für weibliche Betriebsleiterinnen erhebliche Herausforderungen, die teils sich in erhöhten physischen und psychischen Beanspruchungen äußern. Der Anteil (34 %) an Betriebsleiterinnen beziehungsweise an weiblichen familieneigenen Arbeitskräften in der Landwirtschaft (41 %) ist in Österreich hoch. Jedes Individuum reagiert auf die Belastungen, ausgelöst durch das Arbeiten mit diesen Geräten, differenziert, abhängig von Faktoren wie Körpergröße, Alter, Fähigkeiten, Begabungen, Fertigkeiten. Die Beanspruchung der weiblichen Nutzer von Landmaschinen bei diversen Tätigkeiten, die aufzubringenden Betätigungskräfte und welche Faktoren diese beeinflussen, sind folglich die Kernfragen dieser Arbeit. Diese Thematik wurde bis dato noch nicht untersucht. Es wurde eine Nutzerbefragung mit 17 Landwirtinnen durchgeführt. Zur Befragung wurde ein teilstandardisierter Fragebogen verwendet. Es wurden betriebsbezogene, personenbezogene, gesundheitliche und technikbezogene Daten erfragt. Die anstrengendste sowie am ehesten nicht schaffbare Teiltätigkeit an den Geräten Pflug, Grubber und Egge ist sowohl psychisch als auch physisch die vorbereitende Tätigkeit. Die sportliche Betätigung hatte einen signifikanten Einfluss auf die psychische Beanspruchung bei der vor- und nachbereitenden Teiltätigkeit des Grubberns. Die physische Beanspruchung korrelierte beim eigentlichen Eggen signifikant mit der Gesundheit. Ein höchst signifikanter Unterschied zeigte sich beim Eggen auch für die psychische Beanspruchung nach dem Technisierungsgrad.

1. EINLEITUNG

Frauen als Betriebsleiterinnen auf landwirtschaftlichen Betrieben sind ein bedeutender Faktor in der österreichischen Landwirtschaft. Studien belegen, dass es zunehmend zu einer De-Traditionalisierung auf bäuerlichen Betrieben kommt und der Anteil (34 %) an Betriebsleiterinnen beziehungsweise an weiblichen familieneigenen Arbeitskräften in der Landwirtschaft (41 %) in Österreich hoch ist. (Oedl-Wieser & Wiesinger, 2010, 143; STATISTIK AUSTRIA 2012; BMLFUW, 2016, 66). Die Zahl der in der Landwirtschaft beschäftigten Frauen stieg von 2008 bis 2011 um 8 % (AMS, 2013, 82).

1.1 Gesundheit

Laut Arbeitsmarktservice (AMS) (2013) berichteten 2013 36,5 % der in der Land- und Forstwirtschaft tätigen Frauen, dass sie aufgrund von schweren Lasten oder der schwierigen Körperhaltung beziehungsweise Bewegungsabläufen belastet sind. Bei den psychischen Belastungsfaktoren geben Frauen an, dass vor allem Zeitdruck und Überbeanspruchung Hauptursache ist (AMS, 2013, 84). Nach Wonneberger et al. (1991) sind die häufigsten landwirtinnenspezifischen Beschwerden jene in Wirbelsäule und Hüftgelenke (Wonneberger et al., 1991, o.S.). Nach Liebers sind es hauptsächlich der Rücken und die Knie, die in der arbeitenden Bevölkerung auftreten. Novak erkannte, dass Rückenschmerzen die häufigsten Beschwerden der EU Arbeiternehmer sind. In Dänemark wurden 1997 Frauen zu den Muskel-Skelett-Beschwerden befragt und nannten in erster Linie Nacken-, Schultern- und

Handbeschwerden. Laut Statistik Austria (2004) sind die typischen weiblichen Schmerzen unter den

chronischen Erkrankungen im Muskel-Skelett-System Kreuzschmerzen, Rückenbeschwerden, Nacken- und Halswirbelsäulenprobleme (Liebers, 2013, o.S,; Novak, 2007, o.S.; Statistik Austria, 2014, 22).

1.2 Körperkraft

Laurig (1992) erklärt die Streuung von Eigenschaften anhand eines Beispiels von Körperkräften nach Rohmert. In Abbildung 1 ist die Streuung der Körperkräfte für eine Gruppe männlicher und weiblicher Personen ersichtlich. Dargestellt ist die Verteilung der Ergebnisse maximaler, statischer Aktionskräfte. Diese sind kurzzeitig abgebbare mögliche maximale Kräfte. Die Verteilungen überlappen sich zwar, jedoch sind die Mittelwerte deutlich voneinander getrennt (Laurig, 1992, 51). Laut Laurig (1992) ist die maximal mögliche Muskelkraft der Frauen für die Arbeitsart „mechanisch“ nur etwa zwei Drittel der ermittelten Werte von Männer (DIN). Dies lässt sich aufgrund der weniger vorhandenen Muskelmasse und der Unterschiede im Kreislauf-Atmungssystems erklären (Laurig, 1992, 51).

1.3 Körpergröße

Besonders am Beispiel der Körperhöhe (*Abbildung 2*) wird sichtbar, welche Unterschiede zwischen den Geschlechtern vorliegt. Die durchschnittliche deutsche Frau ist 1,625m und der durchschnittliche deutsche Mann ist 1,75 m groß. Das bedeutet, dass Frauen in Deutschland durchschnittlich 13 cm kleiner sind als Männer (Schmauder, 2014, o.S.).

Laut DIN 33402-2 liegt das 95. Perzentil der Körpergröße bei Männern in Deutschland bei 185,5 cm, wobei die Altersangabe 18 bis 65 Jahre ist. Das bedeutet, wie in *Abbildung 8* sichtbar, dass 5 % dieser genannten Gruppe größer als 185,5 cm sind (DIN 33402-2, 2006, o.S.). Für Frauen wird ein 95. Perzentil von 172,0 cm angeben (DIN 33402-2, 2005, o.S.).

Die physische und psychische Arbeitsbeanspruchung von Landwirtinnen bei Grundbodenbearbeitung und Saat auf österreichischen Landwirtschaftsbetrieben“ wurde bis dato noch nicht untersucht. Jedes Individuum reagiert auf die Belastungen, ausgelöst durch das Arbeiten mit diesen Geräten, differenziert, abhängig von Faktoren wie Körpergröße, Alter, Fähigkeiten, Begabungen, Fertigkeiten. Arbeitsbeanspruchung, so die ÖNORM, sei eine innere Reaktion des Arbeitenden sowie Benutzers auf die Arbeitsbelastung, der er ausgesetzt ist. Diese sei von seinen individuellen Merkmalen abhängig (ÖNORM EN ISO 6385:2016-05, 2016, o.S.). Die Beanspruchung der weiblichen Nutzer von Landmaschinen bei diversen Tätigkeiten, die aufzubringenden Betätigungskräfte und welche Faktoren diese beeinflussen, sind folglich die Kernfragen dieser Arbeit.

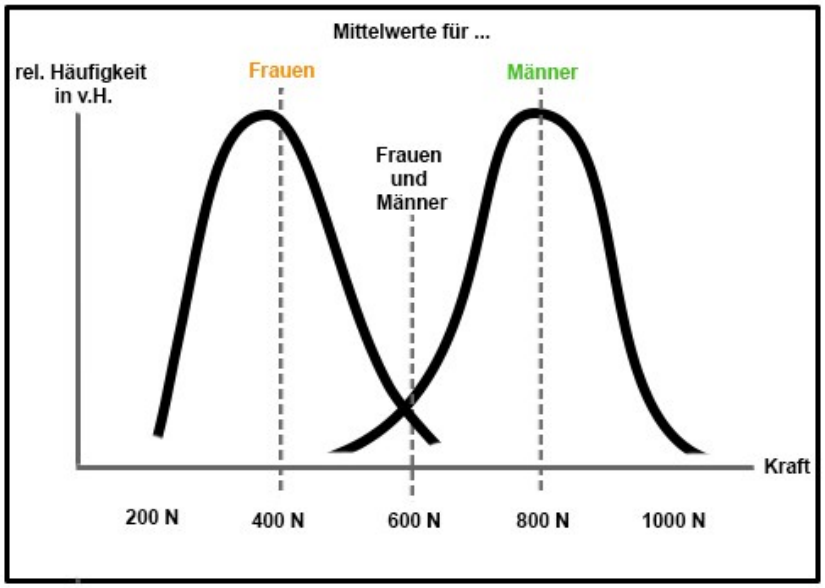


Abbildung 1: Körperkräfteverteilung., Quelle: Rohmert, 1969

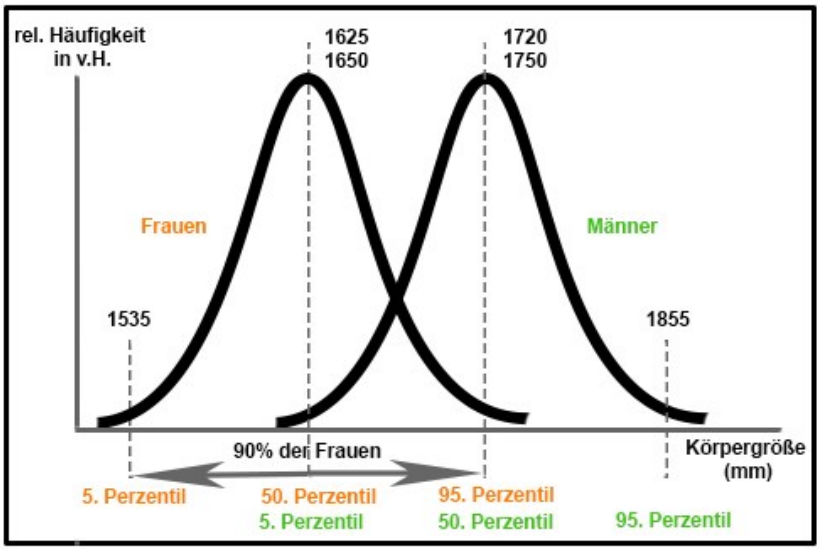


Abbildung 2: Körpergrößenverteilung, Quelle: DIN 33402.2, 2007

Die Forschungsfragen lauten, ob die Arbeiten mit Pflug, Grubber, Egge und Sämaschine für Landwirtinnen anstrengend sind, welche Teiltätigkeiten mit welchem Gerät der Grundbodenbearbeitung und Saat die höchsten physischen und psychischen Beanspruchungen bei Landwirtinnen verursachen, ob es signifikante personen- und betriebsspezifische Unterschiede gibt und wie die Betätigungskraft von Stellteilen, orientiert am Grenzwert der Norm, empfunden wird.

2. MATERIAL & METHODEN

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgt auf Basis einer Nutzerbefragung mit Fragebogen. Es wurde ein nicht-experimentelles Design verwendet, um am lebensnahen Setting Aussagen zu generieren, welche die subjektiven Sichtweisen von Landwirtinnen darstellen. Das Beanspruchungsempfinden ist im Gegensatz zu Belastungsstudien eine rein subjektive Kenngröße, welches in der Regel durch Befragungen ermittelt wird (Slesina, 1987, o.S.). Folglich wurden die Beanspruchungen der weiblichen Nutzer von Landmaschinen bei den Tätigkeiten der Grundbodenbearbeitung und der Saat, die aufzubringenden Betätigungskräfte und wesentlichen beeinflussenden Faktoren erhoben. Dazu wurden 17 Landwirtinnen, die nach dem Schneeballsystem ausgewählt wurden, mithilfe eines teilstandardisierter Fragebogen befragt. Es wurden dabei betriebs-, personen-, gesundheits- und technikbezogene Daten erfasst. Die Beurteilung der Beanspruchung erfolgte über das Erheben des subjektiven Empfindens mittels Likert-Skalen. Für das Erheben der Beschwerden im Muskel-Skelett-System wurde der Nordische Fragebogen verwendet. Die Antworten wurden in einen Codeplan übertragen, kategorisiert und die Daten anschließend deskriptiv und analytisch ausgewertet und ergebnisorientiert beschrieben. Als analytisches Testverfahren wurde der Chi Quadrat Test in SPSS angewendet.

3. ERGEBNISSE

Die Arbeiten mit Pflug, Grubber und Egge ist für Landwirtinnen anstrengend, da über drei Viertel der Befragten die vor- und nachbereitenden Tätigkeiten als weniger anstrengend bis nicht schaffbar empfinden. Die vorbereitende Tätigkeit ist bei allen drei Geräten in Bezug auf die psychische und die physische Beanspruchung am stärksten belastend bewertet worden. Somit kann gesagt werden, dass die höchste sowohl physische als auch psychische Beanspruchung bei der vorbereitenden Tätigkeit besteht. Besonders die vorbereitende Tätigkeit beim Pflug in Bezug auf die physische und psychische Beanspruchung ist am stärksten belastend bewertet worden. Es kann festgehalten werden, dass es signifikante beziehungsweise tendenzielle personen- und betriebsspezifische Unterschiede in der Beanspruchung gibt.

3.1 Physische Beanspruchung:

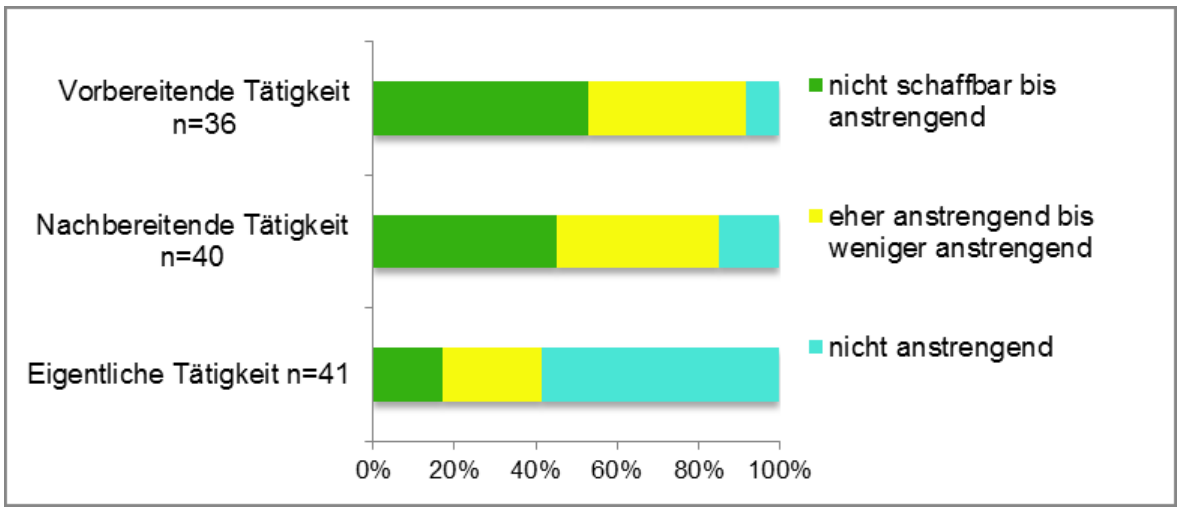


Abbildung 3: Physische Beanspruchung (in Prozent) nach Teiltätigkeiten, Quelle: Eigene Darstellung, 2016

Es ist erkennbar, dass über alle drei Geräte hinweg die vorbereitende Tätigkeit, jene ist, die am häufigsten (90 %; 33/36) als physisch weniger anstrengend bis nicht schaffbar evaluiert wurde, wenn diese durchgeführt wird. Lediglich 10 % (3/36) bewerteten diese Arbeit als physisch nicht anstrengend. Jene Landwirtin, die die vorbereitenden Tätigkeiten bei allen drei Geräten als physisch nicht anstrengend einstufte, ist eine 65 Jahre alte, sowie eine verwitwete, endomorphe Betriebsleiterin mit landwirtschaftlichem Meistertitel. Sie hat auch Pflegeverantwortung inne und bewirtschaftet 21 ha landwirtschaftliche Nutzfläche mit hohem Technisierungsgrad. Sie bildet sich regelmäßig im Bereich Landtechnik weiter, betreibt keinen Sport und beurteilt ihren derzeitigen Gesundheitszustand als weniger fit.

Tabelle 1: Weniger anstrengende bis nicht schaffbare physische Beanspruchung (in Prozent) nach Geräten und Teiltätigkeiten (n=17)

Tätigkeit \ Geräte	Insgesamt	Pflug	Grubber	Egge
Vorbereitende Tätigkeit	90%	100%	90%	80%
Nachbereitende Tätigkeit	85%	80%	80%	90%
Eigentliche Tätigkeit	40%	60%	65%	65%

Die physische Beanspruchung wurde anhand folgender personenspezifischer Kriterien überprüft: Alter, Körpergröße, landwirtschaftlicher Ausbildung, landwirtschaftliche Familienherkunft, Dauer des Tätigseins in der Landwirtschaft, regelmäßiger Weiterbildung im Landtechnikbereich, Gesundheitszustand, sportlicher Betätigung und Körperbau. Die physische Beanspruchung korrelierte beim eigentlichen Eggen signifikant mit der Gesundheit.

3.2 Psychische Beanspruchung:

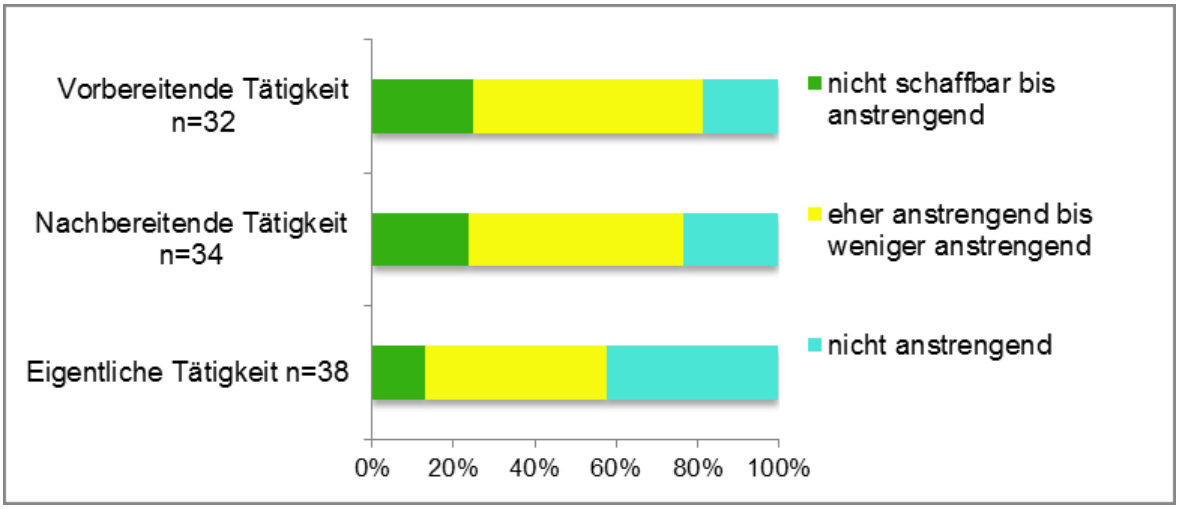


Abbildung 4: Psychische Beanspruchung (in Prozent) nach Teiltätigkeiten , Quelle: Eigene Darstellung, 2016

Es ist erkennbar, dass über alle drei Geräte hinweg die vorbereitende Tätigkeit jene ist, die am häufigsten (80 %; 26/32) als psychisch weniger anstrengend bis nicht schaffbar evaluiert wurde, wenn diese durchgeführt wird. Lediglich 20 % (6/32) bewerteten diese Arbeit als psychisch nicht anstrengend. Die Landwirtinnen, die die vorbereitenden Tätigkeiten bei allen drei Geräten als psychisch nicht anstrengend einstuften, bewirtschaften einen konventionellen, mittel bis hoch technisierten Betrieb mit weniger als 50 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche und sind auf einem landwirtschaftlichen Betrieb aufgewachsen. Sie betreiben keinen Sport.

Tabelle 2: Weniger anstrengende bis nicht schaffbare psychische Beanspruchung (in Prozent) nach Geräten und Teiltätigkeiten (n=17)

Tätigkeit \ Geräte	Insgesamt	Pflug	Grubber	Egge
Vorbereitende Tätigkeit	80%	90%	80%	70%
Nachbereitende Tätigkeit	75%	80%	80%	60%
Eigentliche Tätigkeit	60%	50%	70%	50%

Die psychische Beanspruchung wurde anhand folgender personenspezifischer Kriterien überprüft: Alter, Körpergröße, landwirtschaftlicher Ausbildung, landwirtschaftliche Familienherkunft, Dauer des Tätigseins in der Landwirtschaft, regelmäßiger Weiterbildung im Landtechnikbereich, Gesundheitszustand, sportlicher Betätigung und Körperbau. Bei der nachbereitenden Teiltätigkeit des Pflügens korrelierte tendenziell die psychische Beanspruchung mit der Körpergröße. Die sportliche Betätigung hatte einen signifikanten Einfluss auf die psychische Beanspruchung bei der vor- und nachbereitenden Teiltätigkeit des Grubberns. Beim Grubbern zeigte sich außerdem ein tendenzieller Unterschied in der psychischen Beanspruchung nach der sportlichen Betätigung. Für die psychische Beanspruchung bei der Tätigkeit des Eggens ließ sich ein tendenzieller Zusammenhang mit der regelmäßigen Weiterbildung im Bereich Landtechnik belegen. Ein höchst signifikanter Unterschied zeigte sich beim Eggen auch für die psychische Beanspruchung nach dem Technisierungsgrad.

3.3 Sämaschine

Zur Sämaschine und den Sonderarbeiten wurden zu wenige Antworten zur Intensität der Beanspruchung generiert.

3.4 Jahresprävalenz an Beschwerden in den verschiedenen Bereichen des Muskel-Skelett-Systems

Bei der Nutzung des Maschinen- und Fuhrparks auf einem landwirtschaftlichen Betrieb ist die Frage des gesundheitlichen Befindens von großer Bedeutung. Muskel-Skelett-Erkrankungen sind häufig Ursache für Arbeitsunfähigkeit. Aufgrund der hohen Bedeutung von Rückenschmerzen und Kniegelenksarthrosen vor allem in agrarischen Berufsfeldern, wurde diese Fragestellung einbezogen. In der durchgeführten Befragung wurde zusätzlich die Jahresprävalenz von Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems mit ausgewählten Fragen des Nordischen Fragebogens erhoben. Die Auswertung ergab eine Beschwerderate von 95 % (16/17). Die einzige Landwirtin ohne Beschwerden ist die Gattin eines Betriebsleiters, sie gilt als schlank, 52 Jahre alt, 174 cm groß, top fit, unsportlich und hat keine landwirtschaftliche Ausbildung. Sie ist auf einem landwirtschaftlichen Betrieb aufgewachsen und seit 1985 in der Landwirtschaft tätig. Ihr Betrieb ist konventionell und hoch technisiert und sie bewirtschaftet 30 ha landwirtschaftliche Nutzfläche ohne Fremdarbeitskräfte. Die Häufigkeit bezieht sich auf die Nennung von Schmerzen in mindestens einer Körperregion. Fast immer sind mehrere Körperregionen gleichzeitig betroffen. Abbildung 21 zeigt die Verteilung der Beschwerden auf die verschiedenen Körperpartien. Die meisten Landwirtinnen gaben an, dass sie Schmerzen im unteren Rücken (60 %; 10/17) und in den Handgelenken (60 %; 10/17) haben, dicht gefolgt von den Schultern (50 %; 9/17) und den Knien (50 %; 8/17). Angesichts dieser hohen Beschwerderaten ist es notwendig, den Arbeitsplatz einer Landwirtin neu zu betrachten und zu bewerten.

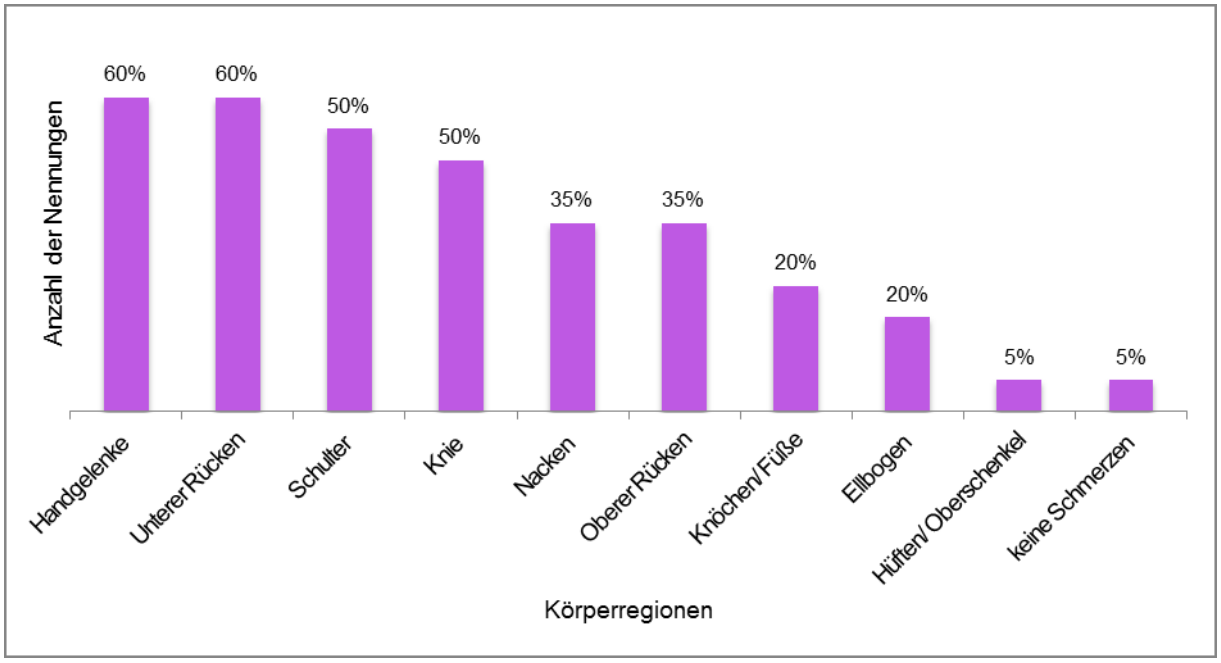


Abbildung 5: Jahresprävalenz an Beschwerden in den verschiedenen Bereichen des Muskel-Skelett-Systems bei Landwirtinnen (Mehrfachnennungen möglich) (n=17), Quelle: Eigene Darstellung, 2016

Nach Wonneberger et al. (1991) sind die häufigsten landwirtinnenspezifischen Beschwerden jene in Wirbelsäule und Hüftgelenke (Wonneberger et al., 1991, o.S.). Auch bei dieser Befragung kam heraus, dass der Großteil der Landwirtinnen Probleme im unteren Rücken haben. Hinsichtlich des Alters gab es keine signifikanten Unterschiede die den Beschwerden. Nach Liebers sind es hauptsächlich der Rücken und die Knie, die in der arbeitenden Bevölkerung auftreten. Novak erkannte, dass Rückenschmerzen die häufigsten Beschwerden der EU Arbeiternehmer sind. In Dänemark wurden 1997 Frauen zu den Muskel-Skelett-Beschwerden befragt und nannten in erster Linie Nacken-, Schultern- und Handbeschwerden. Laut Statistik Austria (2004) sind die typischen weiblichen Schmerzen unter den chronischen Erkrankungen im Muskel-Skelett-System Kreuzschmerzen, Rückenbeschwerden, Nacken- und Halswirbelsäulenprobleme (Liebers, 2013, o.S,; Novak, 2007, o.S.; Statistik Austria, 2014, 22).

3.5 Subjektive Beurteilung von Kraftgrenzen der Stellteile

Zur Überprüfung Einhaltung der Normvorgaben zur Kraftgrenze von Stellteile, wurde im Fragebogen eine subjektive Beurteilung dieser nach einzelnen Stellteile vorgenommen. In Abbildung 22 sind alle Kraftgrenzen dargestellt, die über den Normgrenzwerten beurteilt werden. Der Wert 3,0 gilt als Normgrenzwert angenommen. Daraus gehen die Schwachstellen der einzelnen Stellteile und die Tatsache, dass diese nicht gut bedienbar sind, hervor.

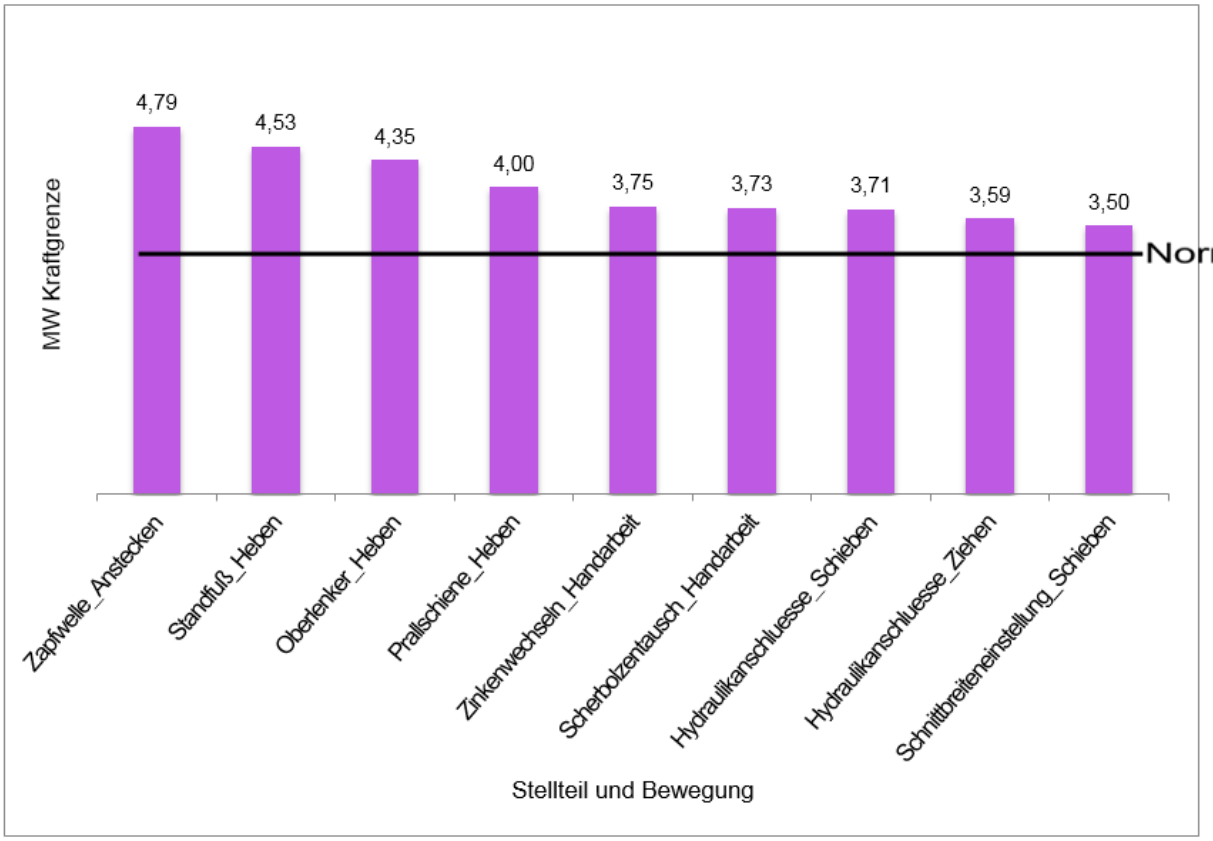


Abbildung 6: Subjektive Kraftgrenzen von Landwirtinnen nach Normwerten (n=17), Quelle: Eigene Darstellung, 2016

Daraus gehen die Schwachstellen der einzelnen Stellteile und die Tatsache, dass diese nicht gut bedienbar sind, hervor. Als viel höher, als dem Normgrenzwert entsprechend, wurde das Anstecken der Zapfwelle, das Heben des Standfußes, des Oberlenkers und der Prallschiene beurteilt. Außerdem wurde der Kraftaufwand des Zinkenwechselns, des Scherbolzentausches, des An- und Absteckens der Hydraulikanschlüsse und des Einstellens der Schnittbreite höher als der Normgrenzwert evaluiert. Bei der subjektiven Kraftgrößenbeurteilung haben die befragten Landwirtinnen die einzelnen Stellteile generell schlecht beurteilt. Die Betätigungskräfte werden von den Landwirtinnen höher als der Normgrenzwert subjektiv empfunden sowie eingestuft.

3.6 Verbesserungsvorschläge

Die Landwirtinnen wurden im Zuge der Befragung gebeten, dass sie sich zu den von ihnen genannten Schwachstellen der Stellteile mögliche Verbesserungsvorschläge überlegen. Es wurden Vorschläge zur technischen Adaption, zur eigenen Adaption und zur Arbeitsorganisation genannt. Zur letztgenannten Anpassung wurde hauptsächlich erwähnt, dass die Landwirtinnen entweder auf Fremd- oder Familienarbeitskräfte zurückgreifen, sollten sie vor der Tatsache stehen, dass sie etwas nicht schaffen. Bei der eigenen Adaption nannten 20 % (4/17), dass sie oft einen Hocker oder eine Leiter während der Arbeit mit Pflug, Grubber, Egge und Sämaschine in Verwendung haben. Weitere eigene Adaptionen, die die befragten Landwirtinnen umgesetzt haben, sind zusätzliches Werkzeug inklusive einem Rohr zur Verlängerung und ein Rostlöser. Die Ergebnisse der technischen Adaption werden im Anschluss dargestellt.

3.7 Technische Verbesserungsvorschläge

Die Auswertung der technischen Verbesserungsvorschläge ergab, dass 65% der Befragten (11/17) Ideen zur Adaption lieferten. Die Häufigkeit bezieht sich auf die Nennung von Verbesserungsvorschlägen in mindestens einem Adaptionsvorschlag. Fast immer sind mehrere Verbesserungen gleichzeitig genannt worden. Abbildung 23 zeigt die Verteilung der genannten Verbesserungsvorschläge. Die meisten Landwirtinnen gaben an, dass sie Probleme beim Schmieren der Geräte haben. Zum Teil aufgrund der fehlenden Kraft und zum anderen Teil aufgrund der Unzugänglichkeiten der Schmiernippel. Daher wünschen sich 35 % (6/17) eine Zentral- beziehungsweise automatische Schmierung. Eine Zentralschmierung ist beispielsweise bei Baumaschinen in Verwendung. Ein Anbieter ist die Willy Vogel AG (Vogel, 2017, o.S.). Eine Direktschmierung ist die bequemste Form der Nachschmierung. Die Wartungsarbeiten entfallen, lediglich der Ölbehälter muss hin und wieder aufgefüllt werden (LFD Wälzlager GmbH, 2017, o.S.). Ebenfalls 35 % (6/17) haben Probleme beim Anschließen und Anhängen der Hydraulikschläuche. In allen Fällen nannten die Landwirtinnen, dass der bestehende Druck und die fehlende Entlastung ein Problem darstellen. Auch die Anbauhöhe des Hydraulikblockes am Traktor wurde erwähnt. Diese Landwirtinnen nannten als mögliche technische Adaption eine Hydraulikbatterie sowie eine Druckentlastung per Knopfdruck und eine tiefere Anbauhöhe. Derartige Hydraulikbatterien, auch Multikuppler genannt, sind zum Beispiel bereits bei Schneidwerken von Mähdreschern der Marke Fendt serienmäßig eingebaut (Agco GmbH, 2017, o.S.). Ein Viertel (25 %; 4/17) wünschen sich, dass alle Einstellungen bei den Geräten vom Traktorsitz aus erledigt werden können, beispielsweise durch ein hydraulisches System. Beispielsweise ein Hersteller verwendet ein solches hydraulisches Schnittbreitenverstellsystem beim Pflug, um diese exakt auf diverse Bodenverhältnisse anzupassen (Pöttinger, 2017, o.S.). Rund 20 % (3/17) schlugen zum einfacheren Ankuppeln von Front- und Heckgeräten ein Anbaudreieck vor, da es oft schwierig ist, diese reibungslos anzuhängen. Am Markt ist bereits ein solches Anbaudreieck zum Nachrüstung erhältlich (RWA, 2017, o.S.). Entgegen dem Stand der Technik, so wenig Platz wie möglich zwischen Traktor und Anbaugerät anzustreben, haben knapp 20 % (3/17) geäußert, dass sie mehr Platz zwischen diesen wünschen. Grund dafür ist der Sicherheitsaspekt, da bei zu wenig Platz das Problem eines Zusammenstoßes mit der Maschine passieren kann (Quendler et al., 2014, 719). Die Zapfwelle war in allen Befragungen Thema, da alle befragten Landwirtinnen, unabhängig von der Konstitution, Probleme beim An- und Abstecken der Zapfwelle schilderten. Ein Zehntel (10 %; 2/17) machten den Vorschlag, dass der Antrieb elektrisch oder hydraulisch geregelt sein sollte und somit auch der Anschluss ein hydraulischer oder elektrischer Stecker wäre. Amazone hat bereits beim Anbaustreuer einen hydraulischen Streuscheibenantrieb(Amazone, 2017, o.S.). Auch der Standfuß wurde von allen Landwirtinnen als Schwachstelle bezeichnet. Eine Idee zur technischen Verbesserung kam nur von 5 % (1/17) der Befragten. Diese stellt sich vor, dass ein Stützfuß mit Kurbel eine Lösung wäre, um den meist zu schweren Standfuß in die richtige Höhe zu bekommen, damit dieser für die eigentliche Tätigkeit fixiert werden kann (HP Anhänger, 2017, o.S.).

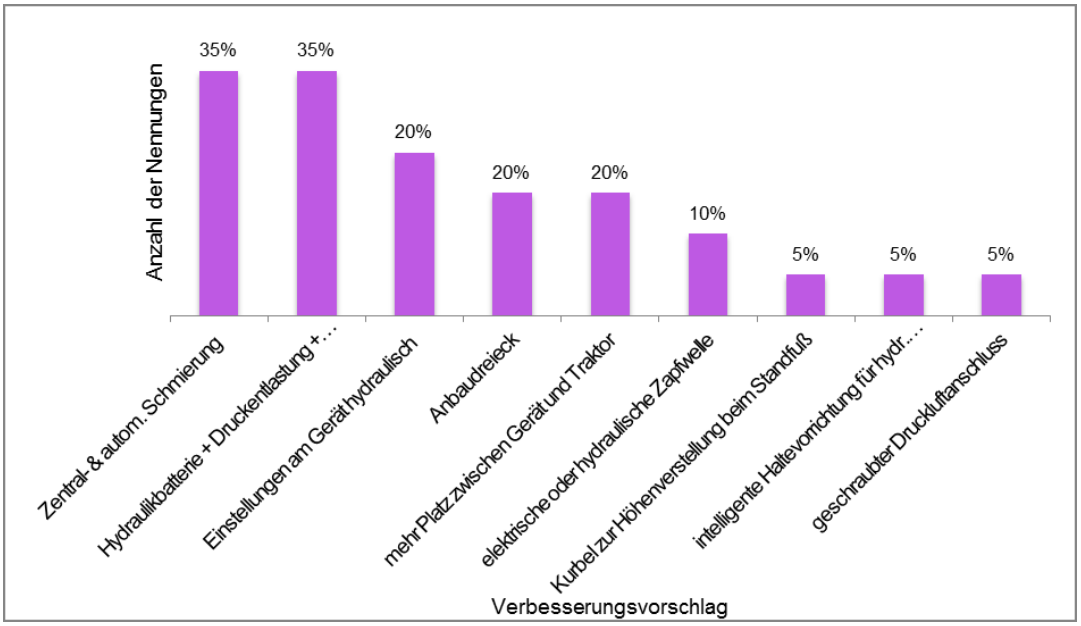


Abbildung 7: Technische Verbesserungsvorschläge von Landwirtinnen (n=17), Quelle: Eigene Darstellung, 2016

Außerdem wurden technische Adaptionsvorschläge zum Oberlenker und zum Druckluftanschluss genannt. Der hydraulische Oberlenker ist oft zu schwer, um diesen in die gewünschte Position zu bringen. Daher wäre eine intelligente Haltevorrichtung für derartige Oberlenker eine Bereicherung. Die Druckluftanschlüsse, die von einigen nicht angeschlossen werden können, könnten mit einer Schraubbewegung angebracht werden.

4. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Arbeiten mit Pflug, Grubber und Egge ist für Landwirtinnen anstrengend, da über drei Viertel der Befragten die vor- und nachbereitenden Tätigkeiten als weniger anstrengend bis nicht schaffbar empfinden. Die vorbereitende Tätigkeit ist bei allen drei

Geräten in Bezug auf die psychische und die physische Beanspruchung am stärksten belastend bewertet worden. Somit kann gesagt werden, dass die höchste sowohl physische als auch psychische Beanspruchung bei der vorbereitenden Tätigkeit besteht. Besonders die vorbereitende Tätigkeit beim Pflug in Bezug auf die physische und psychische Beanspruchung ist am stärksten belastend bewertet worden. Es kann festgehalten werden, dass es signifikante beziehungsweise tendenzielle personen- und

betriebsspezifische Unterschiede in der Beanspruchung gibt. Die Gesundheit entspricht klassischen Indikatoren für die physische Konstitution, welche bei Männern und Frauen unterschiedlich ist und eine Auswirkung auf die physische Beanspruchung hat. Die

Körpergröße und die sportliche Betätigung entsprechen ebenfalls klassischen Indikatoren für die physische Konstitution. Diese ergeben einen Unterschied bei der psychischen Beanspruchung. Die physische Konstitution eines Menschen wirkt sich auf

die subjektive Reaktion des Einzelnen auf die Belastungen aus (Schüle, 2012, o.S.). Ein Zusammenhang ließ sich bei anderen Indikatoren der physischen Konstitution, wie Alter und Körperbau, nicht direkt nachvollziehen. Die Tatsache, ob sich jemand

regelmäßig weiterbildet, schlägt sich in den generellen landwirtschaftlichen Kenntnissen nieder, die sich auf die psychische Beanspruchung auswirken. Die Kenntnisse beeinflussen ebenso wie die physischen Konstitutionen die Beanspruchung

(Schüle, 2012, o.S.). Bei den weiteren Indikatoren der Kenntnisse wie landwirtschaftliche Ausbildung, landwirtschaftliche Familienherkunft und Zeitraum der landwirtschaftlichen Tätigkeit konnte kein Einfluss auf die Beanspruchung festgestellt

werden. Der Technisierungsgrad ist eine äußere Einwirkung und wirkt sich ebenfalls auf die psychische Beanspruchung aus. Bei den betriebsbezogenen Indikatoren wie Bewirtschaftungsart, Betriebszweig, landwirtschaftliche Nutzfläche und Arbeitskräftesituation wurde kein Zusammenhang mit den Beanspruchungen festgestellt. Bei der subjektiven Kraftgrößenbeurteilung haben die befragten Landwirtinnen die einzelnen Stellteile generell schlecht beurteilt. Die Betätigungskräfte werden von den Landwirtinnen höher als der Normgrenzwert subjektiv empfunden sowie eingestuft.

Die am häufigsten genannten konstruktiven Schwachstellen bei den Stellteilen von Maschinen und Geräten sind die Zapfwelle, der Standfuß und der hydraulische Oberlenker. Daher kann schlussgefolgert werden, dass Adaptionsmaßnahmen vor

allem bei diesen Maschinenteilen nötig sind. Bei den technischen Verbesserungen zu diesen Maschinenteilen nannten die Befragten die Adaption mit einem hydraulisch angetriebenen Hilfsmittel anstatt der Zapfwelle. Der Standfuß soll gegen einen Stützfuß mit Kurbel getauscht werden und statt den zu schweren hydraulischen Oberlenker wünschen sie sich ein intelligentes Haltevorrichtungssystem, sodass dieser nicht mit Körperkraft gehalten werden muss. Von den Beschwerden der Landwirtinnen ist

erkennbar, dass sich die häufigsten Schmerzen im Bereich von Handgelenken, unteren Rücken, Schulter und Knie befinden. Diese haben sicherlich nachteilige Auswirkungen auf die Beanspruchbarkeit, jedoch geht dies nicht aus den vorhandenen Daten hervor.

Tabelle 3: Analytische Ergebnisse der physischen und psychischen Beanspruchung nach Geräten und Teiltätigkeiten (n=17)

Tätigkeit \ Geräte	Pflug	Grubber	Egge		
Vorbereitende Tätigkeit		Psychische Beanspr. - Sport ($\chi 2$, $p<0,05$*)			
Nachbereitende Tätigkeit	Psychische Beanspr. - Körpergröße ($\chi 2$, $p<0,1$)	Psychische Beanspr. - Sport ($\chi 2$, $p<0,05$*)			
Eigentliche Tätigkeit		Psychische Beanspr. - Sport ($\chi 2$, $p<0,1$)	Physische Beanspr. - Gesundheit ($\chi 2$, $p<0,025$*)	Psychische Beanspr. - Weiterbildung ($\chi 2$, $p<0,1$)	Psychische Beanspr. - Technisierung ($\chi 2$, $p<0,005$**)

** **hoch (p<0,01)**, * **signifikant (p<0,05)**, **tendenziell (p<0,1)**

5. QUELLENVERZEICHNIS

AGCO GMBH. (2017): Mähdrescher E- und L-Serie. at: http://www.fendt.at/download/Maehdrescher_E_und_L-Reihe.pdf (17.April 2017).

AMAZONE. (2017): ZA-V. at: http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=43334 (17. April 2017).

ARBEITSMARKTSERVICE. (2013): Gender und Arbeitsmarkt. Geschlechterspezifische Information nach Berufsbereichen. at: http://www.femtech.at/sites/default/files/Gender_AM_fuer%20FN_%20aktualisierter%20Endbericht.pdf (12. April 2017).

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), (2016): Grüner Bericht 2016 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. 57. Auflage, Wien

BRANDTH, B. (2006) Agricultural Body-building: Incorporations of Gender, Body and Work. In Journal of Rural Studies 22(1).

CAFFIER G., STEINBERG U., LIEBERS F. (1999). Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit Muskel-Skelett- Erkrankungen. Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin, 580, 29

DEUTSCHE NORM. (2011): Landmaschinen – Sicherheit – Teil 1: Generelle Anforderung (ISO/DIS 4254-1:2011); Deutsche Fassung prEN ISO 4254-1:2011. Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, ICS 65.060.01.

DIN 33402-2 (Deutsches Institut für Normung). (2005): Ergonomie. Körpermaße des Menschen. Teil 2: Werte. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 8-27

DIN 33402-2 Berichtigung 1:2007-05 (Deutsches Institut für Normung). (2007): Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte, Berichtigungen zu DIN 33402-2:2005-12. Beuth Verlag GmbH, Berlin

DIN 33402-2- Beiblatt 1 (Deutsches Institut für Normung). (2006): Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte; Beiblatt 1: Anwendung von Körpermaßen in der Praxis, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 3

DIN EN ISO 10075 – 1:2015 (2015): Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeine Konzepte und Begriffe (ISO 10075-1:2015); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 10075-1:2015.

DIN EN ISO 6385:2016-05 (2016): Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6385:2016.

DOUPHRATE D.I., GINEMO D., NONNENMANN M.W., HAGEVOORT R., ROSAS-GOULART CECILIA., ROSECRANCE J.C. (2014): Prelevance of Work-Related Musculoskeletal Symptoms among US Large-Herd Dairy Parlor Workers. American Journal of Industrial Medicine (2014) 57, 370-379

EDER, B. (2015): Belastung oder Beanspruchung?. Abgerufen am 19. Jänner 2017. Siehe S. 18. In: Sichere Arbeit. Internationales Fachmagazin für Prävention in der Arbeitswelt 4(2015), S. 18-23.(http://lesen.sicherearbeit.at/SichereArbeit4_WEB.pdf).

EßL, A. (1987): Statistische Methoden in der Tierproduktion. Eine anwendungsorientierte Einführung. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

ESTLER, M., KNITTLER, H. (1996): Praktische Bodenbearbeitung. Grundlagen, Verfahren, Gerätetechnik und Bewertung, Verlags Union Agrar. In: Arbeitsgeräte zur konservierenden Bodenbearbeitung. Grein-Diplomarbeit , 2006, FH Soest.

GREIN, A. (2006): Arbeitsgeräte zur Konservierenden Bodenbearbeitung. Diplomarbeit, FH Soest. In: Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL), Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.1.0.

HACKER, W., RICHTER, P. (1984): Psychische Fehlbeanspruchung: Psychische Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Streß. Berlin: Springer.

HARTUNG, P. (2004): Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Büro. Kissingen. Weka Media GmbH & Co KG.

HEIER, L., PÜTZ, M., VOLCKENS, F. (2006): Zukunftsweisender Ackerbau- Bestellverfahren aus der Praxis. Frankfurt am Main. DLG Verlag und Lemken GmbH und CoKG.

HEINZLMAIER, F. (2003): Saatgutablagetechniken bei Mulch- und Direktsaat unter Einbeziehung der Unterfußdüngung bei Getreide. Diplomarbeit, BOKU Wien.

HP ANHÄNGER. (2017): Stützfüße und Handkurbeln. at: https://www.hpanhaenger.at/zubehoer-ersatzteile/stuetzraeder-stuetzen/stuetzfuesse-handkurbeln/27--stuetzfuss-sf60-mit-kurbel-laenge-280mm.html (17. April 2017)

JARMER, L., STRAUSS A., QUENDLER E. (2012): Lebens- und Arbeitsqualität von Frauen auf milchviehhaltenden Betrieben in Österreich – Projekt Rio +20, Wien.

JAVADI, A.; ROSTAMI, M. A. (2007): Safety Assessment of Agricultural Machinery in Iran. Journal of Agricultural Safety and Health 13(3): 275-284.

KALLUS, W.K. (2010): Erstellung von Fragebogen. 1. Auflage. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien.

KAUKE M., KORTH F., SAVARY P. (2010): Physische Arbeitsbelastung auf Schweizer Milchviehbetrieben. ART- Bericht 731, 1-6.

KLUßMANN A., SERAFIN P., SCHÄFER A., KEUCHEL M., NEUMANN B., LANG K. (2013): Betätigungskräfte an Landmaschinen. Kommission Arbeitsschutz und Normung. Sankt Augustin: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V.

KOGLER L., GUR. R.C., DERNTL B. (2015): Sex differences in cognitive regulation of psychosocial achievement stress: brain and behavior. In: Hum Brain Mapp. at: http://onlinelibrary.wiley.com/wol1/doi/10.1002/hbm.22683/full (30. März 2017)

KÖLLER, K., LINKE, C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. Frankfurt am Main: DLG Verlag, 2. neu überarb. und erw. Aufl.

KOMMISSION ARBEITSSCHUTZ UND NORMUNG. (2008): KAN Bericht 41, Sicherheit von Landmaschinen. Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. ISBN 978-3-88383-912 -7.

KUORINKA I., JONSSON B., KILBOM A., VINTERBERG H., BIERING-SØRENSEN F., ANDERSSON G.; JØRGENSEN K. (1987): Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied Ergonomics 18 (3), 233-237

LAURIG, W. (1992): Grundzüge der Ergonomie: Erkenntnisse und Prinzipien. Berlin: Beuth.

LAURIG, W. (o.J.): Belastungs-Beanpruchungs-Konzept und Gefährdungsbeurteilung. TU Dortmund. Dortmund. at: http://www.ergonassist.de/bel-bean_gefaehrdung/Belastung_Beanspruchung_Gefaehrdung.htm (19. Jänner 2017).

LEHMANN, G. (1953): Praktische Arbeitsphysiologie. Thieme, Stuttgart.

LEMKEN GmbH & Co. KG. (2013): Anbaudrehpflug Juwel. at: http://lemken.com/produkte/ pfluegen/juwel/. (13. April 2014).

LFD WÄLZLAGER GMBH. (2017): Dosiertes Nachschmieren oder Lebensdauerschmierung. LFD Magazin. at: http://www.lfd.eu/media/files/anwendungen/LFD-Anwendungen_Dosiertes-Nachschmieren-oder-Lebensdauerschmierung.pdf (17. April 2017).

LIEBERS, F., BRENDLER, C., LATZA, U. (2013): Alters- und berufsgruppenabhängige Unterschiede in der Arbeitsunfähigkeit durch häufige Muskel-Skelett-Erkrankungen, Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

LÜHRING, H.; SEIBEL, H. (1981): Beanspruchung durch die Arbeit und psychische Gesundheit: Auswirkungen von Diskrepanzen zwischen Arbeitserfahrungen und Arbeitserwartungen bei Industriearbeitern. In: Zeitschrift für Soziologie 10(1981)4, S. 395-412. At: http://www.hf.uni-koeln.de/data/eso/File/seibel/ApG10.pdf) (19. Jänner 2017)

MASCHINENRICHTLINIE. (2006): Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG / (Neufassung).

MEINERS, H., BUCKS, W., HEGEMANN, R., REMPFER, R. (1997): Fachkenntnisse Landmaschinenmechaniker. Hamburg: Handwerk und Technik Verlag, 15. Aufl.

MICHEEL, H. (2010): Quantitative empirische Sozialforschung. München. Ernst Reinhardt, GmbH & Co KG, Verlag, München.

MIEG, H., NÄF, M. (2006): Experteninterviews in den Umwelt- und Planungswissenschaften – Eine Einführung und Anleitung. Lengerich, Berlin, Bremen, Miami, Riga, Viernheim, Wien, Zagreb: Papst Science Publishers

NONNENMANN M.W., ANTON D., GERR F., MERLINO F., DONHAM K. (2008): Musculosketal Symptoms of the Neck and Upper Extremities among Iowa Dairy Farmers, American Journal of Industrial Medicine (2008), 51, 443-451

NOVAK, R. (2007): Gender Mainstreaming und Muskel-Skelett-Erkrankungen. at: http://www1.arbeitsinspektion.gv.at/ew07/artikel/artikel01-05.htm (24. April 2017).

OEDL-WIESER T., WIESINGER G. (2010): Landwirtschaftliche Betriebsleiterinnen in Österreich, Wien.

ÖNORM EN ISO 6385:2016-05 (2016): Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385:2016).

OSBORNE A., BLAKE C., MCNAMARA J., MEREDITH D., PHELAN J., CUNNINGHAM C. (2010): Musculosketal disorders among Irish farmers. Occupational Medicine (2010) 60, 598- 603

PAIER, D. (2010): Quantitative Sozialforschung. Eine Einführung. 1. Auflage. Wien. Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

PINZKE S. (2003): Changes in Working Conditions and Health among Dairy Farmers in Southern Sweden. A 14-year follow-up. Ann Agric Environ Med, 10, 185-195

PÖTTINGER, A. (2017): Pöttinger Servo. Anbau-Drehpflug. at: https://www.poettinger.at/landtechnik/download/210.01.0911_Servo_de.pdf (17. April 2017).

PÖTTINGER. (2014): SERVO 25, Anbaudrehpflüge 2-, 3- und 4-scharig - Leistungsklasse bis 120 PS. at: http://www.poettinger.at/de_de/Produkte/Detail/servo-25 (13. April 2014).

PÖTTINGER. (2017): Produkte. at: https://www.poettinger.at/de_at/produkte/downloads (27. April 2014).

PROFI. (2011): Prxistest Lemken Juwel 8. at: http://books.lemken.com/de/Kron-Juwel/HTML/index.html#/1/zoomed. (13. April 2014).

ROHMERT, W. (1960): Statische Haltearbeit des Menschen: Mit Tabellen zur Ermittlung der Erholungszuschläge. Sonderheft der REFA Nachrichten. Berlin: Beuth.

ROHMERT, W. (1984): Das Belastungs-Beanspruchungskonzept. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 38(1984)4, S. 193 – 200.

ROHMERT, W., RUTENFRANZ, J. (1975): Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen. Bonn: Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

RWA RAIFFEISEN WARE AUSTRIA AKTIENGESELLSCHAFT. (2017): Shop. Anbauteile. at: https://shop.lagerhaus.at/technikshop/articleDetail/A106950/5036294_Anbaudreieck+ (17.April 2017).

SCHIENSTOCK, G. (1993): Management als sozialer Prozeß, in: Ganter, H.-D./Schienstock, G., Management aus soziologischer Sicht. Unternehmensführung, Industrie- und Organisationssoziologie, Wiesbaden.

SCHMAUDER, M. (2014): Ergonomie – Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation, München und Dresden.

SCHMITT, M. (1997): Landwirtinnen. Chancen und Risiken von Frauen in einem traditionellen Männerberuf. Opladen: Leske und Budrich.

SCHNEIDER G., KURZ P. (2009): Der „differenzierte Blick“ auf geschlechterspezifische Arbeitsteilungen in bäuerlichen Hofwirtschaften. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, Band 18(2), 163-176

SCHNELL, R., HILL, P.B., ESSER, E. (2008): Methoden der empirischen Sozialforschung. 8. Auflage. München, Wien. Oldenbourg.

SCHÜLE, E. (2012): Psychische Belastungen und Beanspruchung. Deutsche Gesellschaft für Psychosoziale Gesundheitsförderung. at: http://dg-pg.de/_wordpress/wp-content/uploads/2014/08/20120411-Schüle_-Belastung-vs-Beanspruchung.pdf (19. Jänner 2017).

SLESINA, W. (1987): Arbeitsbedingte Erkrankungen und Arbeitsanalyse – Arbeitsanalyse unter dem Gesichtspunkt der Gesundheitsvorsorge. Stuttgart: Enke.

STATISTIK AUSTRIA (2014): Gesundheitsbefragung 2014. Wien.

STATISTIK AUSTRIA (2012): Familieneigene und familienfremde Arbeitskräfte 2010 nach Geschlecht. Wien.

STRAUSS A. (2013): Lebens- und Arbeitsqualität auf österreichischen Milchviehbetrieben - Ein Beitrag zur Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit. Universität für Bodenkultur Wien, Masterarbeit, 16, 67-68, 81, 84, 89, 162, 166

SVB (SOZIALVERSICHERUNGSANSTALT DER BAUERN). (2011): Gesundheitsbefragung 2010 - Bericht über die Ergebnisse einer Erhebung über die Gesundheit der bäuerlichen Bevölkerung. Wien.

ULBRICHT L., WAN STADNIK A.M., GONTIJO L.A. (2010): Work-Related Musculoskeletal Disorders and their Risk factors: Exclusive Urban Pathology? International Conference of Industrial Engineering and Operations Management, Challenges and Maturity of Production Engineering: competitiveness of enterprises, working conditions, environment. São Carlos, Brasilien, 1-13

VALENTIN, H., KLOSTERKÖTTER, W., LEHNERT, G., PETRY, H., RUTENFRANZ, J., WITTGENS, H. (1971): Arbeitsmedizin. Ein kurzgefasstes Lehrbuch für Ärzte und Studenten. Thieme, Stuttgart.

Vogel, W. (2017): Zentralschmieranlagen für Baumaschinen. at: http://www.lubtec.cz/vogel/dateien/de/pdf/zs_fahrzeug_pdf/1-8057.pdf (17. April 2017).

WEIßBACH, M., ISENSEE, E. (2005): Leistungsbedarf und Effekte von Stoppelbearbeitungsgeräten. In: Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL): Schrift 4.1.1.1.0.

WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH (WKÖ). (2017): Berufsbeschreibung: LandwirtIn. In: BerufsInformationsComputer (BIC.at): Wirtschaftskammer Österreich, abgerufen am 3. Februar 2017.

WONNEBERGER E., LASCH V., MLASOWSKY B., ELGER U. (1991): Gesund muß' man schon sein – zum Schaffen. Gesamthochschule Kassel GhK, Kassel.

ISBN 978-3-902451-16-3