

---

# VDI-MEG KOLLOQUIUM LANDTECHNIK

---

Verein Deutscher Ingenieure  
Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik

Heft 41

## ARBEITSWISSENSCHAFTEN

20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium  
Hohenheim, 01./02. März 2016



Max-Eyth-Gesellschaft im VDI (VDI-MEG)

## **VDI-MEG 20. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium**

Beiträge zum 20. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquium VDI-MEG  
vom 01./02. März 2016 in Stuttgart/Hohenheim, Heft Nr. 41

Herausgegeben von der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI,  
Fachausschuss Arbeitswissenschaften  
VDI-Platz 1 · 40468 Düsseldorf

Redaktion: Prof. Dr.-Ing. S. Böttinger, Margit Zick, Elke Wörner, Timo Schempp  
Anschrift: Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik  
Garbenstr. 9 · 70599 Stuttgart  
Tel.: (0711) 459-23200 · Fax: (0711) 459-22519  
Druck: f.u.t. müllerbader gmbh  
Forststr. 18 · 70794 Filderstadt

Für die in diesem Tagungsband veröffentlichten Referate sind die Autoren  
verantwortlich.

## Vorwort

Arbeitswissenschaftler sind seit jeher interdisziplinär tätig: wir gestalten die Arbeit des Menschen derart, dass seine Produktivität unter gesunden Bedingungen erfolgen kann. Die Arbeitswissenschaften haben mit dazu beigetragen, dass sich auch in der Landwirtschaft der Arbeitsplatz zu einem sicheren und gesunden und komfortablen, aber trotzdem produktiven Arbeitsplatz gewandelt hat.

Neben der Sicherheit am Arbeitsplatz und dem Schutz des Menschen vor gesundheitsgefährdenden Stoffen, vor Lärm und Schwingungen beschäftigten sich die Arbeitswissenschaften sehr stark mit der physikalischen Ergonomie und der Optimierung der Arbeitsabläufe. Einige Beiträge in diesem Kolloquium zeigen auf, dass es auch hier noch Bedarf für Verbesserungen gibt. Neben den physischen treten vermehrt die psychischen Belastungen in den Fokus. Sie sind nicht so leicht ermittelbar, zumal sie häufig in Kombinationen auftreten. Deshalb wird an neuen bzw. erweiterten Methoden zu ihrer Erfassung gearbeitet. Rückschlüsse aus einer Messung der Beanspruchung sind wegen der Kombination der Belastungen und vor allem durch die individuellen Voraussetzungen der Probanden nur bedingt möglich.

Neue Herausforderungen für die Arbeitswissenschaften für die Landwirtschaft ergeben sich durch die zunehmend vielfältigeren Arbeitsabläufe mit den komplexer werdenden Maschinen. Insbesondere die Automatisierung auf den Maschinen erhöht die Anforderungen an die Bediener, vergleichbar zu den Tätigkeiten in der Produktion der Industrie: sehr gut ausgebildete Mitarbeiter sind nötig, um Maschinen einzurichten und dafür zu sorgen, dass Routineaufgaben dann automatisiert ablaufen. Danach sind nur noch wenige, eher einfache und unterfordernde Aufgaben durchzuführen. Aber der gut ausgebildete Mensch muss bereit sein, eventuelle Störungen und Wartungsaufgaben sofort zu beheben. Mit diesen und weiteren Fragen beschäftigt sich das 20. Arbeitswissenschaftliche Kolloquium und die Beiträge in diesem Tagungsband. Sie können dazu beitragen, die Arbeitswelt in der Landwirtschaft zukünftig noch besser zu gestalten.



## Inhaltsverzeichnis

Objektivierung des wahrgenommenen Diskomforts bei Schwingungen in Traktorkabinen <i>M. Weis, C. von Holst</i> .....	7
Die Ergomechanics® Philosophie – der Weg zu einer neuen Traktorsitzgeneration <i>S. Frohriep, K. Bühlmeyer, H. Wittmann</i> .....	17
Besser sehen mit der richtigen Scheibentönung <i>F. Bombosch</i> .....	23
Analyse von Prozesszeiten beim Mähdrusch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen <i>M. Mederle, M. Gerl, V. Heizinger, H. Bernhardt</i> .....	29
Methode zur Berechnung komplexer Transportketten <i>W. Fechner</i> .....	39
Können virtuelle Zäune Arbeitszeit einsparen? <i>C. Umstätter, D. McSweeney, C. Foley, P. Halton, K. Heitkämper, M. Schick, B. O'Brien</i> .....	51
Administrative Vereinfachung in der Landwirtschaft - Was bedeutet das in Zeiteinheiten? <i>K. Heitkämper, A. Wagner, M. Schlatter, C. Umstätter, Matthias Schick</i> .....	59
Einführung eines Mindestlohns in Deutschland: Auswirkungen auf saisonale Arbeitskräfte in Landwirtschaft und Gartenbau <i>V. Bitsch, S. Mair</i> .....	69
Zukunftsfähige Landwirtschaft durch qualifizierte Arbeit im Einklang zwischen Mensch und Tier <i>M. Jakob, C. Holzhauser, T. Amon</i> .....	75
H <sub>2</sub> S-Freisetzung im Mastschweineestall mit Slalomsystem während des Gülle- aufrührens <i>M. Krause, M. Ihrig, W. Geißler</i> .....	81
Bewertung von Bewegungsbuchten in der konventionellen Ferkelerzeugung unter Berücksichtigung von Funktionsmaßen und arbeitswirtschaftlichen Kriterien <i>F. Schneider, C. Jais, A. Müller, H. Bernhardt</i> .....	89
Herzfrequenzmessung zur Bestimmung der Beanspruchung von MelkerInnen beim Melken in Melkständen oberösterreichischer Betriebe <i>M. Mayrhofer, B. Prinz, A. Nimmerichter, E. Quendler</i> .....	107

Ergonomie in Melkständen <i>M. Cockburn, M. Schick</i> .....	113
Prozessoptimierung und Datenmanagement in der Milchviehhaltung durch den Einsatz semantischer Technologien <i>S. Hörmann, F. Handler, D. K. Tomic, D. Drenjanac</i> .....	121
Entwicklung von Berechnungsmodellen für die Einschätzung der Auslastung von Entmistungsrobotern <i>F. Albrecht, J. Mačuhová, J. Simon, B. Haidn, H. Bernhardt.</i> .....	129
Entwicklung der Tools für arbeitswirtschaftliche Ist-Analyse für die Innenwirtschaft auf Milchvieh-, Bullenmast- und Schweinemastbetrieben <i>J. Mačuhová, B. Haidn</i> .....	143
Kennzahlenbasierte Schwachstellenanalysen als Grundlage für die landwirtschaftliche Arbeitsplanung <i>M. Schick</i> .....	155

## **Gastbeiträge**

Method of determination of average labor energy intensity depending on physical activity <i>N. E. Kasumov</i> .....	167
Current status and prospective aspects of labor safety in agriculture <i>E. Ovchinnikova, R. Shkrabak, V. Shkrabak</i> .....	171
Russian and European universities cooperation in the framework of the Tempus Project "Development of public accreditation of agricultural programs in Russia (PACAgro)" <i>V. Smelik, E. Ovchinnikova</i> .....	177

# Objektivierung des wahrgenommenen Diskomforts bei Schwingungen in Traktorkabinen

M.Sc. Manuel Weis, Dr.-Ing. Christian von Holst  
John Deere Werk Mannheim, John-Deere-Straße 90, 68163 Mannheim

## 1 Einleitung

Mit der Einführung der Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und Rates wurden gesetzliche Mindestanforderungen bezüglich der Exposition gesundheitsgefährdender Ganzkörperschwingungen festgelegt: Seit Juli 2014 müssen Arbeitgeber dafür Sorge tragen, dass ein täglicher Vibrationsgrenzwert von  $1,15 \text{ m/s}^2$  ( $0,8 \text{ m/s}^2$  für die vertikale Richtung) bezogen auf einen 8h-Referenztag nicht überschritten wird [1]. Ein weiterer Punkt, der wahrgenommene Komfort bzw. Diskomfort aufgrund der einwirkenden Schwingungen, ist heute fast genauso wichtig wie der gesundheitliche Aspekt. Da Fahrten mit PKW, LKW, Bus und Bahn immer komfortabler werden, erwarten die Traktorfahrer einen äquivalenten Anstieg des Komforts bei der Nutzung ihres Traktors. Um diese gestiegenen Anforderungen zu erfüllen, ist die Bekämpfung der komfortmindernden Schwingungen an ihrer Entstehungsstelle bzw. das Verhindern ihrer Weiterleitung bis zum Fahrersitz die beste Lösung. Aus diesem Grund konzentrieren sich die Landmaschinenhersteller mehr und mehr auf verschiedenste sekundäre Federungssysteme, wie z.B. Kabinen- oder Sitzfederungen.

Um schnell auf Änderungen der Marktanforderungen zu reagieren, müssen Produktentwicklungsprozesse so kurz wie möglich gehalten werden. Aus diesem Grund werden Methoden der numerischen Simulation mehr und mehr in die frühe Entwicklungsphase eines neuen Produkts integriert. Die numerische Simulation komfortrelevanter Komponenten, wie beispielsweise sekundärer Federungssysteme, ist eine besondere Herausforderung: Obwohl mit der ISO 2631.1 eine Methode existiert, mit der schwingungsbedingter Diskomfort errechnet werden kann [2], stimmen Berechnungsergebnis und subjektives Urteil nicht immer überein [3,4,5]. Da die ISO 2631.1-Bewertungsmethode auf Versuchen mit uniaxialen Sinusschwingungen basiert, führt die Anwendung dieser Methode in Umgebungen mit

gleichzeitigen multiaxialen Stimuli zu einer Diskrepanz zwischen subjektiver Wahrnehmung und dem errechneten Diskomfort-Wert. Diese Diskrepanz kann insbesondere bei der Bewertung von Federungssystemen an Land-, Forst- und Baumaschinen auftreten, bei denen der Fahrer typischerweise einer Umgebung mit gleichzeitigen multiaxialen Schwingungs-Stimuli ausgesetzt ist.

Um eine bessere Übereinstimmung zwischen dem gültigen Standard und der realen Situation zu erwirken, ist eine verbesserte Methode zur Berechnung und Vorhersage des Diskomforts zu entwickeln. Für diesen Zweck muss der Anwender realistischen multi-axialen Schwingungen ausgesetzt werden. Die Realisierung derartiger Untersuchungen in einem realen Fahrzeug ist zeit- und kostenintensiv. Zudem ist es schwierig, die volle Kontrolle und Wiederholbarkeit aller Zustände zu gewährleisten. Um diese Nachteile zu vermeiden, wird mit dem vollständig kontrollierbaren Bewegungssystem RODOS am Fraunhofer ITWM in Kaiserslautern eine geeignete Traktor-Fahrsimulation implementiert. Der Simulator wurde mit einer Serien-Traktorkabine ausgestattet, in der Testfahrer das Verhalten eines neuen Federungssystems in der frühen Entwicklungsphase „erfahren“ und bewerten können. In einem zu Grunde liegenden Mehrkörpermodell des Traktors können Modelländerungen schnell umgesetzt werden, um das Fahrzeugverhalten und die auf den Testfahrer einwirkenden Schwingungen in der Simulatorkabine gezielt zu beeinflussen. Mit Simulator-tests, Probandenfeedback und dem Einsatz statistischer Methoden soll eine verbesserte Methode entwickelt werden, um den durch überlagerte multiaxiale Schwingungen resultierenden Diskomfort zu bewerten.

In diesem Paper werden grundlegende Punkte der Methode gemäß ISO 2631.1 betrachtet, gefolgt von einer Beschreibung der Simulationsumgebung und einem kurzen Blick auf die Methoden zur Entwicklung eines verbesserten Diskomfort-Bewertungs-Algorithmus.

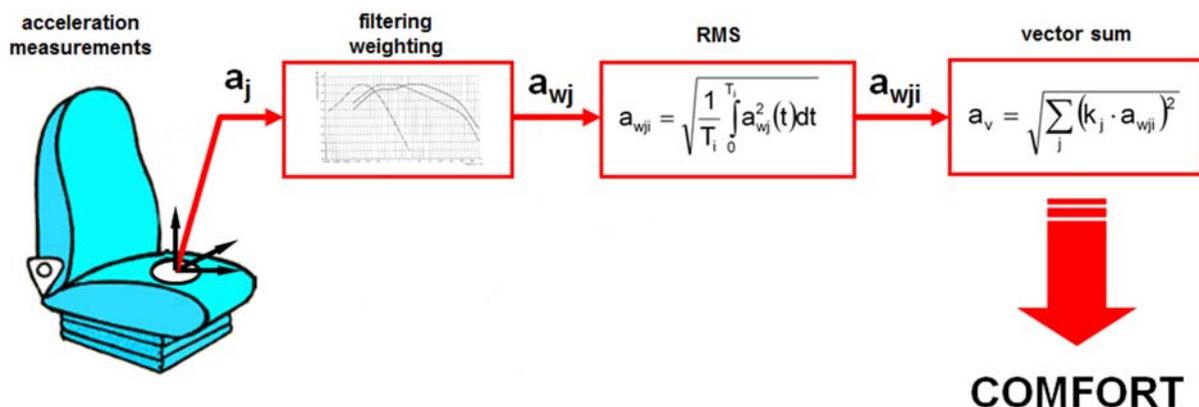
## **2 (Dis)-Komfortbewertung gemäß ISO 2631.1**

Durch Ganzkörperschwingungen hervorgerufener Diskomfort wurde von zahlreichen Wissenschaftlern untersucht [3-6]. Der Konsens ist, dass der wahrgenommene Wert von der Amplitude, der Frequenz, der Richtung und der Dauer des einwirkenden

Stimulus abhängt. Es wurden unterschiedliche Methoden entwickelt, um diese vier Größen in geeigneter Weise zu kombinieren. Sie sind Gegenstand nationaler und internationaler Standards [2,7].

Die wohl bekannteste Komfortbewertungsmethode ist der vereinfachte Ansatz in der ISO 2631.1, der die Verwendung frequenzgewichteter Beschleunigungseffektivwerte der Sitzfläche in der longitudinalen, lateralen und vertikalen Richtung vorschlägt [2]. Die vollumfängliche Bewertungsmethode nach ISO 2631.1 berücksichtigt weitere Achsen und Auswertungspunkte: Drei translatorische Beschleunigungen der Rückenlehne, drei translatorische und drei rotatorische Beschleunigungen der Sitzoberfläche sowie drei translatorische Beschleunigungen am Fußboden.

In den meisten Fällen genügt eine Berücksichtigung der drei translatorischen Richtungen auf der Sitzoberfläche gemäß **Bild 1** [2,3]. Die in allen drei Richtungen gemessenen Beschleunigungen werden frequenzgewichtet und bandpassgefiltert (0,5 Hz bis 80 Hz), bevor die Effektivwerte (Random Mean Square = RMS) gebildet werden. Die RMS-Werte werden mit individuellen Gewichtungsfaktoren  $k_j$  für die  $j$  Richtungen multipliziert und anschließend durch Bildung der Vektorsumme zu einem skalaren Wert zusammengefasst. Der so ermittelte Wert soll den empfundenen Diskomfort wiedergeben.



**Bild 1:** Vereinfachte Bewertungsmethode nach ISO 2631.1

Die  $k_j$ -Faktoren für die Sitzoberfläche lauten nach ISO 2631.1 für die x-, y- und z-Richtung 1,0, 1,0 und 1,0 bzw. 1,4, 1,4 und 1,0, falls die Beschleunigungen an der Rückenlehne in der Berechnung nicht berücksichtigt werden [2]. Gemäß [3,4] führt

diese Annahme bei multiaxialer Schwingungsbelastung, wie z.B. beim Traktorfahren, zu falschen Diskomfort-Werten [3,4]. Die  $k_j$ -Faktoren der ISO 2631.1 beziehen sich auf Versuche in einer künstlichen Laborumgebung mit lediglich uniaxialen Stimuli. [3,4] zeigen in ihren Versuchen mit multiaxialen Schwingungen, dass durch die k-Faktoren im Algorithmus gemäß ISO 2631.1 Schwingungen in longitudinaler und lateraler Richtung unterschätzt werden.

Für eine bessere Übereinstimmung des realen subjektiven Empfindens mit dem errechneten Diskomfort-Wert, ist die bestehende ISO 2631.1-Rechenvorschrift zu verbessern. Da Versuche mit realen Prototypen zeit- und kostenintensiv sind, werden die Studien in einer human-in-the-loop Simulationsumgebung durchgeführt.

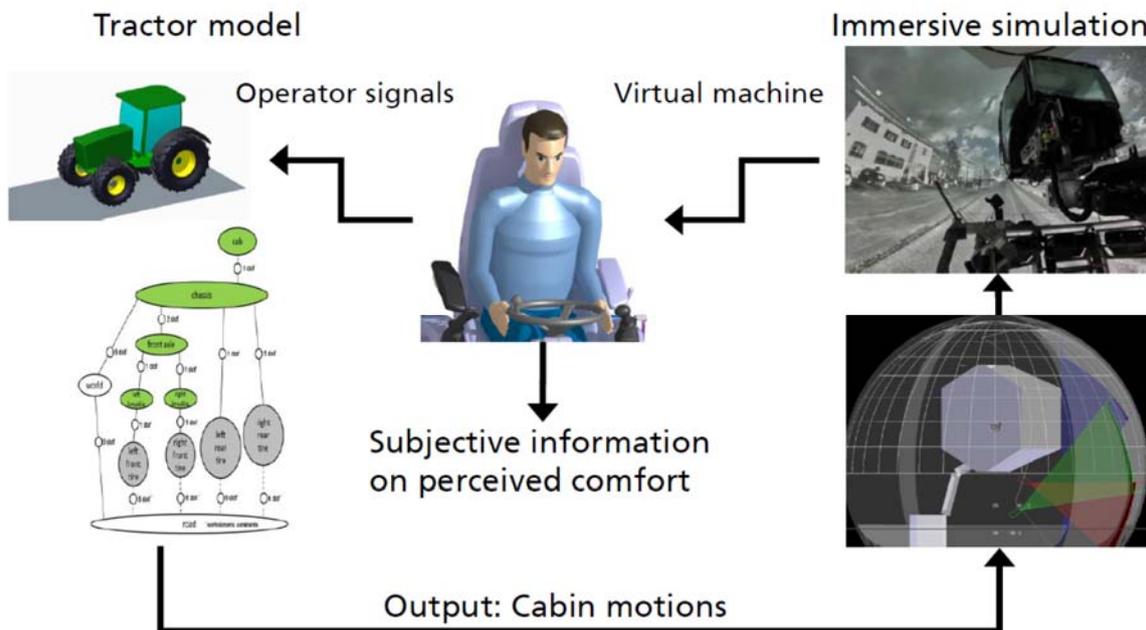
### **3 RODOS-Simulationsumgebung**

Wie in [8] und [9] beschrieben wird, basiert RODOS auf einem massiv gestalteten Industrieroboter. Mithilfe einer Leichtgewicht-Flanschkonstruktion wird eine Traktorserienkabine mit dem Roboter verbunden. Das Bewegungssystem unterstützt eine Frequenzbandbreite bis zu 20 Hz für translatorische und rotatorische Bewegungen. In Abhängigkeit der Filtereinstellungen beträgt die Verzögerung auf dem Signalpfad Fahrer-Eingabe / generierte Bewegung des Roboters weniger als 80 ms.

Die Simulator-Kabine besitzt die originalen Kabinenschnittstellen, wie Sitz, Lenkrad, Pedale und Command-Arm. Darüber hinaus wurde sie mit zusätzlichen Lautsprechern für eine Audio-Simulation und elektrischen Shakern für höherfrequente Schwingungen zwischen 5 Hz und 200 Hz ausgestattet. Die Haptik innerhalb der Kabine ist eine der wesentlichen Faktoren, die den Grad der Immersion in der Simulation beeinflussen.

**Bild 2** zeigt die schematische Darstellung der Traktorsimulation. Die Fahrersignale werden einem Simulationsmodell übergeben, das auf einer Echtzeitplattform ausgeführt wird. Mithilfe der Ausgangsgrößen des Fahrzeugmodells - translatorische Kabinenbeschleunigungen, Drehwinkel und Winkelgeschwindigkeiten - wird mit dem Roboter ein Bewegungsfeedback erzeugt. Ziel ist es, die gleiche Bewegung in der Simulatorkabine wie im dahinterliegenden Modell zu generieren. Aufgrund von Einschränkungen des Bewegungsraums des Simulators kann die Bewegung nicht

identisch mit der Fahrzeugbewegung sein. Sie muss in geeigneter Weise reduziert werden.



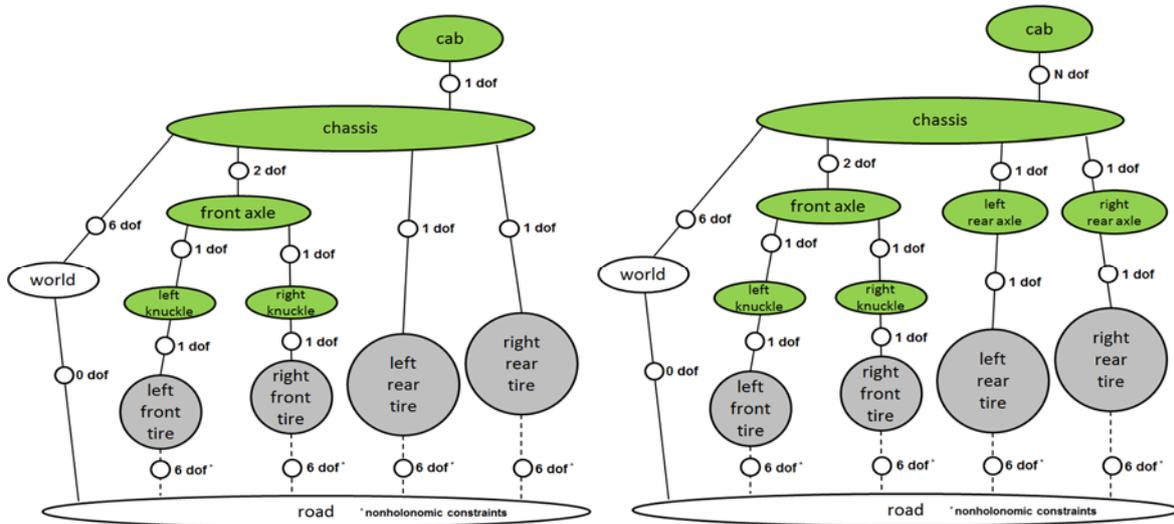
**Bild 2:** Schematische Darstellung der Rapid-Prototyping Plattform RODOS

Das visuelle Feedback wird durch die Projektion einer virtuellen Szenerie auf eine Kuppel mit einem Durchmesser von 10 m realisiert. Der große Sichtabstand und das realistische Umgebungsmodell ermöglichen einen hohen Immersionsgrad. Das Umgebungsmodell basiert auf hochgenauen 3D-Laserscans realer Teststrecken. Die georeferenzierten Punktwolke-Daten werden sowohl für das Reifen-Boden-Modell als auch für die Echtzeit-Visualisierung verwendet.

### 3.1 Das verwendete Traktor-Mehrkörper-Modell

Das zugrunde liegende Mehrkörpermodell des simulierten Traktors wird in **Bild 3** links gezeigt. Es besteht im Wesentlichen aus einem Kabinenkörper, einem Chassiskörper, einem Vorderachskörper, zwei Achsschenkelkörpern und vier Reifenelementen. Dieses Beispiel zeigt nur einen Freiheitsgrad zwischen der Kabine und dem Chassis und repräsentiert eine idealisierte Nickkabinenfederung. Durch Parametervariation kann ein unterschiedliches Verhalten der Kabinenfederung herbeigeführt werden. Weiterhin können wie im **Bild 3** rechts dargestellt durch grundlegende Änderungen

des MKS-Modells vollkommen neue Kinematiken realisiert und in der Echtzeitumgebung untersucht werden.



**Bild 3:** Mehrkörper-Modell (links) und modifiziertes Mehrkörper-Modell (rechts)

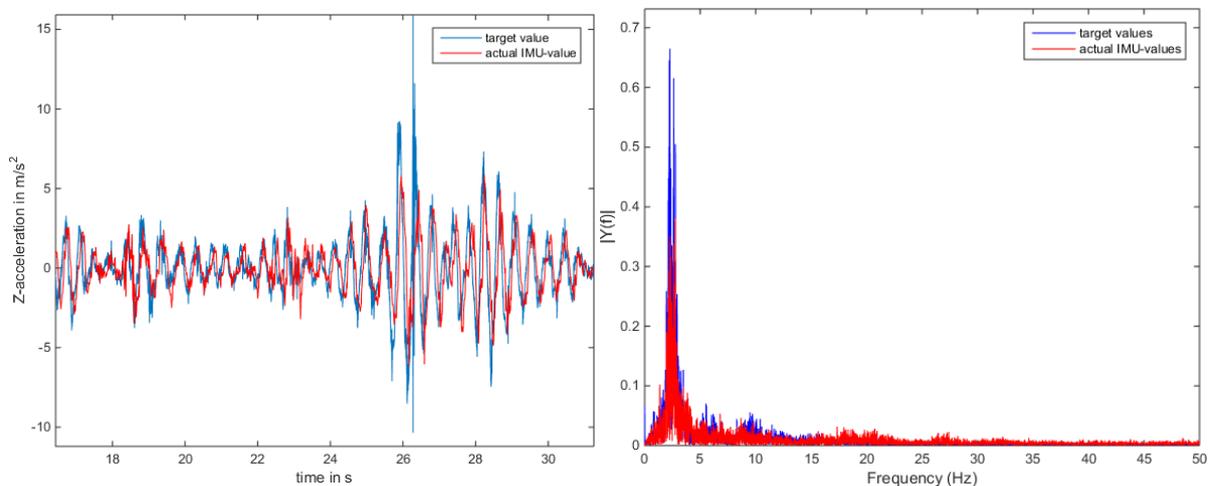
### 3.2 Testläufe mit erfahrenen Testfahrern

Im Hinblick auf den geforderten Frequenzbereich von 0,5 Hz bis 80 Hz gemäß der Bewertungsmethode nach ISO 2631.1 wurde die Performance des Bewegungssystems analysiert. Es wurden Testfahrten über einen Feldweg durchgeführt, um mithilfe einer inertialen Messeinheit am Boden einer Traktorkabine Beschleunigungsdaten zu sammeln. Diese Daten wurden als Eingangsdaten (Sollsignale) für das Simulatorsystem verwendet. Eine weitere inertielle Messeinheit wurde an der gleichen Stelle in der Simulatorkabine installiert.

**Bild 4** links zeigt den Zeitverlauf der vertikalen Beschleunigung am Kabinenboden bei einer gefahrenen Geschwindigkeit von 30 km/h. Im Allgemeinen ist eine gute Übereinstimmung zwischen Soll- und Ist-Werten mit einem Kreuzkorrelationskoeffizienten von 0,89 und einer Verzögerung von etwa 80 ms zu beobachten.

**Bild 4** rechts zeigt das zugehörige Amplitudenspektrum. Wie im Zeitbereich zeigt sich auch im Bildbereich eine gute generelle Übereinstimmung zwischen Sollwerten und gemessenen Beschleunigungswerten.

Erfahrene Testfahrer, die bei diesen Tests in der RODOS-Kabine mitgefahren sind, konnten kleine Änderungen an den Sollwerten gut wahrnehmen. Testfahrer, die mit der realen Teststrecke vertraut sind, konnten auch ohne Visualisierung das Verhalten des Traktors wiedererkennen.



**Bild 4:** Z-Beschleunigung im Zeit- (links) und im Bildbereich (rechts) bei 30 km/h

#### 4 Entwicklung einer verbesserten Komfortbewertungsmethodik

MARJANEN nutzte unter anderem die Brute-Force-Methode und die multiple lineare Regression, um ein verbessertes mathematisches Modell zur Komfortbeurteilung zu entwickeln. Mit beiden Methoden fand er heraus, dass eine alleinige Berücksichtigung der drei translatorischen Beschleunigungen auf der Sitzoberfläche (=unabhängige Variable) zur besten Übereinstimmung mit dem subjektiv wahrgenommenen Komfort (=abhängige Variable) führt, wenn die k-Faktoren 2,7, 1,8 und 1,0 für die x-, y- und z-Richtung verwendet werden. Alle anderen Kombinationen, die auch weitere unabhängige Variable berücksichtigten, zeigten eine geringere Korrelation [3].

Daher werden im ersten Schritt in den durchzuführenden Simulatorexperimenten nur die drei translatorischen Beschleunigungen auf der Sitzoberfläche berücksichtigt. Für diesen Zweck wurde die Simulatorkabine mit einem Seatpad ausgerüstet, das die drei translatorischen Beschleunigungen misst.

##### 4.1 Experimentelle Versuchsplanung

Jede der drei unabhängigen Variablen oder Prädiktoren kann eine Anzahl  $K$  unterschiedlicher Werte, bzw. gewichteter RMS-Beschleunigungswerte, annehmen,

sodass in Summe  $3^K$  verschiedene Kombinationen getestet werden können. Die  $K$  Ausprägungen der 3 Prädiktoren werden durch Verstärkungs- oder Verminderungsfaktoren realisiert. Um Ausreißer auszuschließen, werden insgesamt drei Wiederholungen dieser  $3^K$  Kombinationen durchgeführt, sodass jeder Proband  $3^{K+1}$  Kombinationen erfahren muss. Um Ermüdungs- und Gewöhnungseffekte zu reduzieren, werden die Kombinationen jedes Satzes in einer zufälligen Reihenfolge präsentiert [3, 4].

## 4.2 Statistische Methoden

Die Methode der multiplen linearen Regression soll verwendet werden, um eine verbesserte Diskomfort-Berechnungs-Methodik für eine Traktorumgebung zu entwickeln. Die Gleichungen (1) und (2) werden von MARJANEN in gleicher Weise verwendet [3]. Gleichung (3) betrachtet zusätzlich Interaktionseffekte der verschiedenen translatorischen Beschleunigungen. Diejenige Methode, die den größten Determinationskoeffizienten  $R^2$  liefert, soll als verbesserte Diskomfortbewertungsmethode verwendet werden.

$$Y_{ia} = b_0 + b_1 \cdot X_{i1} + b_2 \cdot X_{i2} + b_3 \cdot X_{i3} \quad (1)$$

$$Y_{ib} = b_0 + b_1 \cdot X_{i1}^2 + b_2 \cdot X_{i2}^2 + b_3 \cdot X_{i3}^2 \quad (2)$$

$$Y_{ic} = Y_{ia} + b_4 \cdot X_{i1} \cdot X_{i2} + b_5 \cdot X_{i1} \cdot X_{i3} + b_6 \cdot X_{i2} \cdot X_{i3} + b_7 \cdot X_{i1} \cdot X_{i2} \cdot X_{i3} \quad (3)$$

In einem zweiten Schritt ist das ermittelte Modell zu verifizieren. Dies soll entweder mithilfe der beschriebenen Simulationsumgebung und/oder einem realen Traktor geschehen.

## 5 Zusammenfassung und nächste Schritte

Die Schwachstellen der gängigen Diskomfort-Bewertungsmethode nach ISO 2631.1 wurden identifiziert. Nach [3,4,5] sollten in der Traktorumgebung veränderte  $k$ -Faktoren oder eine gänzlich modifizierte Methodik verwendet werden, um eine bessere Übereinstimmung zwischen dem subjektiv empfundenen Diskomfort und dem errechneten Diskomfort-Index zu erhalten. Für diesen Zweck wurde eine komplette

interaktive Traktor-Fahrsimulation etabliert. Die Simulationsumgebung bietet vollen Zugriff auf alle Zustände, sodass eine Parametervariation in den durchzuführenden Studien in einfacher Weise durchführbar ist. Die Ergebnisse der Simulatortests werden unterschiedlichen multiplen Regressionsmodellen zugänglich gemacht, um eine verbesserte Methodik für die Diskomfortbewertung zu ermitteln.

Die unmittelbaren nächsten Schritte sind die erwähnten Studien mit Probanden. Zukünftige Schritte beinhalten die Bewertung verschiedener Federungssysteme in der frühen Produktentwicklungsphase, um teure und aufwendige Tests mit realen Prototypen zu vermeiden.

## 6 Literaturangaben

- [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) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).
- [2] –,-: International Organization for Standardization: Mechanical vibration and shock: Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: general requirements. International Standard, ISO 2631-1, Second edition 1997-05-01, 1997.
- [3] Marjanen, Y.: Validation and improvement of the ISO 2631-1 (1997) standard method for evaluating discomfort from whole-body vibration in a multi-axis environment, Dissertation, Loughborough University, 2010.
- [4] Mansfield, N.J.; Maeda, S.: Subjective ratings of whole-body vibration for single- and multi-axis motion. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130 (6), pp. 3723-3728, 2011.
- [5] Griefahn, B.; Brode, P.: The significance of lateral whole-body vibrations related to separately and simultaneously applied vertical motions - A validation study of ISO 2631, *Applied Ergonomics* 30, 505-513, 1999.
- [6] • Griffin, M.J.: *Handbook of Human Vibration*, London, 1990.
- [7] –,-: British Standards Institution: Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock, British Standard, BS 6841, 1987.
- [8] Kleer, M. et al.: Driving simulations for commercial vehicles - A technical overview of a robot based approach, In S. Espié, A. Kemeny and F. Mérienne, editors, *Proceedings of the driving simulation conference Europe*, pages 223-232, Paris, 2012.
- [9] Kleer, M. et al.: Konzeption eines Fahrsimulators für die Nutzfahrzeugindustrie auf Basis eines Industrieroboters, In K. Berns, C. Schindler, K. Dreßler, B. Jörg, R. Kalmar and G. Zoylinski, editors, *Proceedings of the 2nd commercial vehicle technology symposium*, pages 49-58, Kaiserslautern, 2012.



# **Die Ergomechanics® Philosophie – der Weg zu einer neuen Traktorsitzgeneration**

Dr. Susanne Frohriep, Dr. Katja Bühlmeyer und Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm.  
Hubert Wittmann  
Grammer AG, Amberg

## **1 Einleitung**

Enorme Kosten und Arbeitsausfälle werden durch Störungen des menschlichen Halteapparats und darunter insbesondere durch Rückenschmerzen verursacht [3]. Die zeitgleiche Einwirkung der Faktoren sitzende Haltung, Ganzkörpervibrationen und Zwangshaltungen, die zum Beispiel beim Arbeiten mit Landmaschinen auftritt, erhöht das Risiko eines Rückenschmerzleidens enorm [5,6,7].

Ein Beispiel für eine hohe Belastung des Körpers stellt die rückwärts gerichtete Arbeitshaltung des Traktorfahrers dar, die im Erntebetrieb sogar überwiegend eingenommen wird. Diese Sitzhaltung belastet den Körper umso mehr, je stärker die Rotation ausfällt und je weniger der Rücken dabei abgestützt wird. Die Muskulatur ermüdet, und die Bandscheiben werden stark einseitig belastet. Zusätzlich weiß man, dass dieser Effekt durch Vibrationen noch verstärkt wird [8]. Darum sollte die Belastung des Fahrers hinsichtlich dieser Faktoren soweit möglich reduziert werden. Dabei gilt es, den Fahrer in allen Situationen optimal zu unterstützen, ohne ihm die Freiheiten zur Erfüllung seiner Arbeitsaufgabe zu nehmen.

## **2 Das Konzept Dualmotion**

Es gab bisher keinen Sitz auf dem Markt, der die rückwärtig gerichtete Fahrerhaltung unterstützt. Das bedeutet, dass in dieser häufig vorkommenden Haltung der Rücken des Traktorfahrers großflächig von der Rückenlehne gelöst wird und kaum noch Abstützung erfährt. Daher wurde das Dualmotion Konzept von Grammer unter Berücksichtigung der Ergomechanics® Philosophie entwickelt und ist seit 2015 in Serie erhältlich. Ergomechanics® bedeutet die Kombination von Ergonomie und Biomechanik in der Grammer Produktentwicklung, konsequent orientiert an den Bedürfnissen des Nutzers.

Der obere Teil der Rückenlehne ist in vorwärts gerichteter Fahrweise parallel orientiert und kann für die rückwärts gerichtete Sitzhaltung auf einer Kreisbahn nach links ausgeschwenkt werden (siehe Bild 1). Somit bietet sich eine Anlage für den rotierten Rücken, die die Haltearbeit der Muskulatur reduziert.

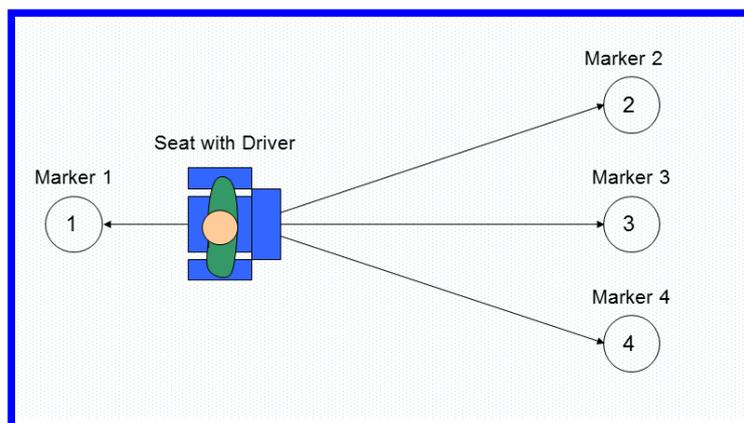


**Bild 1:** Grammer Traktorsitz mit der stufenlos verstellbaren Funktion Dualmotion

Um die Wirksamkeit des Dualmotion-Konzeptes zu prüfen, wurden in der Entwicklung Studien im Labor und im Feld durchgeführt, die hier dargestellt werden sollen.

### 3 Untersuchungsmethoden

Die Funktion Dualmotion wurde zunächst im Laborversuch in vier Bedingungen mit einem Seriensitzrücken verglichen: Seriensitzrücken und Dualmotion-Funktion jeweils ohne und mit Einsatz der Drehmechanik. Diese vier Versuchsbedingungen wurden mit drei Probanden in jeweils sechs Positionen untersucht, die im Feld auftretenden Haltungen entsprechen: einer frontseitig ausgerichteten Sitzweise und fünf rückwärtig ausgerichteten Positionen, bei denen jeweils unterschiedliche Blickrichtungen eingenommen wurden und durch Marker vorgegeben waren (siehe Bild 2).



**Bild 2:** Sichtpositionen 1 – 4 im Versuch

Position fünf und sechs waren ebenfalls in Sichtposition Marker vier ausgerichtet, wiesen jedoch eine noch erhöhte Kopfneigung durch die Blickrichtung nach unten auf. Dabei blieb bei Position fünf der rechte Arm nach vorne ausgerichtet, bei Position sechs wurde er über die Rückenlehne gelegt. Um die unterschiedliche Belastung des Körpers zu erfassen, wurden exemplarisch vier Muskelstränge (vorderer Halsmuskel, oberer Schultermuskel, Rückenstreckmuskulatur der Hals- und Lendenwirbelsäule) beidseitig elektromyographisch überwacht [nach 4], mit einem 3D-Messsystem die Lage der Gelenkwinkel zueinander gemessen und zeitsynchronisiert gefilmt. Die Messsoftware erfasst zeitsynchron alle Messwerte und visualisiert sie in Echtzeit über einen Skelett-Avatar (siehe Bild 3).



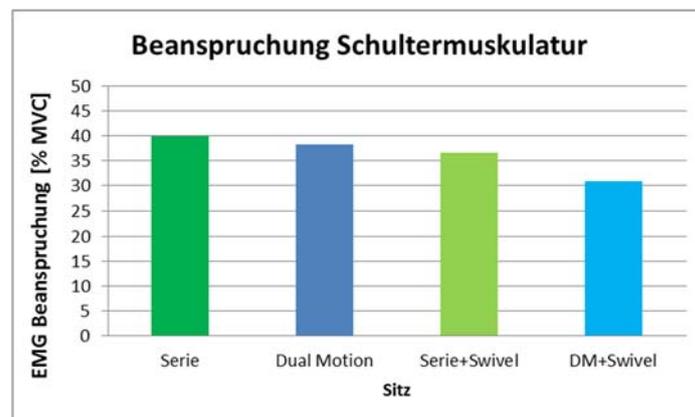
**Bild 3:** Video- und Gelenkwinkelanalyse

Da im Laborversuch statische Bedingungen herrschten, wurden im Anschluss mit zehn Berufsfahrern Feldversuche durchgeführt, um unter realistischen Bedingungen die Funktionalität von Dualmotion bewerten zu können. Die Traktoren wurden mit Sitzen mit Dualmotion-Funktion ausgestattet und die Fahrer begleitend, nach acht Wochen und nochmals nach einem Jahr zu ihrem subjektiven Komfort und Bewertungen des Sitzes mittels eines nicht-gelenkten Interviews befragt. Themen der Befragung waren Eigenschaften der Rückenlehne und Rückenlehnen-Verlängerung, Sitzpolster, Armlehne, Klimakomfort und empfundene Wertigkeit.

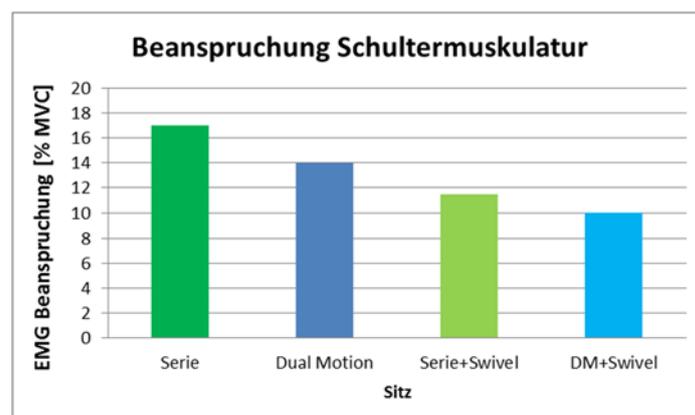
## 4 Ergebnisse

Die Analyse der Muskelaktivität untersucht die Beanspruchung durch Rotation. Bei der rechtsgedrehten rückwärtigen Blicküberwachung wird die vordere Hals- und Schultermuskulatur links und die Rückenstreckmuskulatur rechts deutlich höher beansprucht als auf der jeweiligen Gegenseite. Im Vergleich der unterschiedlichen Blickorientierung ergibt sich eine ansteigende Belastung, je weiter Kopf und Rumpf rotiert werden (Position 2 – 4, Bild 2). Die auftretenden Unterschiede zeigen, dass hier die Methode der Elektromyographie zur Differenzierung der Beanspruchung herangezogen werden kann.

Über alle Versuchspersonen gemittelt zeigt sich ein Trend zu geringerer Muskelaktivität im Sitz mit Dualmotion-Funktion im Vergleich zu einem Standardsitz, der sich bei dem Einsatz der Drehmechanik nochmals verringert (siehe Bild 4, 5).



**Bild 4:** Beanspruchung der Halswirbelsäulenmuskulatur bei Blickrichtung hinten-rechts über alle Versuchspersonen



**Bild 5:** Beanspruchung der Schultermuskulatur über Blickrichtungen und alle Versuchspersonen

In der kinematischen Winkelanalyse wurde die axiale Drehung der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule untersucht. Es zeigt sich eine Entlastung der Brustwirbelsäule durch die Reduktion der axialen Drehung von  $22,7^\circ$  beim Seriensitz ohne Einsatz der Drehmechanik auf  $14,9^\circ$  beim Sitz mit Dualmotion-Funktion ohne und auf  $7,1^\circ$  mit Einsatz der Drehmechanik, allerdings tritt eine Kompensation in der Lendenwirbelsäule auf, die ansteigende Drehwinkel aufweist. Im Seriensitz beträgt die axiale Rotation  $11,5^\circ$ , im Dual Motion-Sitz  $16,4^\circ$  und mit Einsatz der Drehmechanik  $20,4^\circ$ .

In den Feldversuchen wurde der Sitz mit Dualmotion-Funktion durch alle zehn Probanden positiv bewertet. Die Rückenlehnenverlängerung wurde zwischen fünf und fünfzig Mal pro Tag benutzt, durchschnittlich 45% der Fahrzeit wurde sie in geschwenkter Position verwendet. Darüber hinaus wurden von den Probanden unaufgefordert positive Kommentare zur Beweglichkeit des Sitzes und seiner Funktionalität gegeben. Die Relevanz der Dualmotion-Funktion wurde durch Kommentare bestätigt, z.B. dass das rückwärtige Fahren und die Blickkontrolle erleichtert werden. Das Interview nach weiteren 12 Monaten ergab keine Unterschiede zu den nach acht Wochen abgegebenen Bewertungen.

## **5 Diskussion**

Die bei allen Versuchspersonen geringere Muskelaktivität der Streckmuskulatur in Hals- und Lendenwirbelsäule deutet darauf hin, dass die Probanden im Sitz mit Dualmotion-Funktion weniger stark seitliche Drehbewegungen ausführten und vom Sitz besser unterstützt wurden. Andersson wies bereits 1974 nach, dass eine bessere Abstützung den Druck auf die Bandscheiben reduziert [2]. Die Aktivität der vorderen Halsmuskulatur in der extrem rotierten Blickrichtung auf Marker 4 und die Aktivität der Schultermuskulatur über alle rotierten Blickrichtungen konnte durch die Nutzung des Sitzes mit Dualmotion-Funktion deutlich reduziert werden. Diese Unterschiede betragen bis zu 30% geringere Aktivität im neuen Sitzkonzept. Die Reduktion der axialen Rotation der Brustwirbelsäule unterstützt diese Ergebnisse. Besonders unter dem Einfluss von Vibration wirkt sich fehlende Körperunterstützung stark negativ aus, wie Adams [1] und Wilder [9] nachgewiesen haben. Eine Reduktion von Muskelaktivität kann Erschöpfung vorbeugen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Beanspruchung in der rückrotierten Haltung im Sitz mit Dualmotion-Funktion deutlich

geringer ausfällt, und man kann somit annehmen, dass die Verwendung dieses Sitzes sich positiv auf die Gesunderhaltung der Traktorfahrer auswirken kann.

## 6 Schlussfolgerungen

Unter den am Markt erhältlichen Traktorsitzen stellt der Sitz mit Dualmotion-Funktion eine vielversprechende Neuerung dar, die den Kurz- und Langzeitkomfort der Fahrer maßgeblich erhöhen kann. Die Kombination der Dualmotion-Funktion mit Drehmechanik hat sich als effizienteste Maßnahme zur Beanspruchungsreduktion erwiesen. Dadurch können Ermüdungserscheinungen verringert und ein Beitrag zur Gesunderhaltung der Wirbelsäule geleistet werden.

## 7 Literaturangaben

- [1] Adams, M. „Biomechanics of back pain“, ACUPUNCTURE IN MEDICINE Volume 22 No. 4, 2004.
- [2] Andersson, BGJ. Örtengren, R. Nachemson, A. Elfström, G., „Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting“, SCAND J REHAB MED Volume 6 No. 3, 1974.
- [3] Badura, B. Ducki, A. Schröder, H. Klose, J. Meyer M.: „Fehlzeiten-Report 2012: Gesundheit in der flexiblen Arbeitswelt: Chancen nutzen – Risiken minimieren“, Springer Verlag, 2012.
- [4] Konrad, P.: „The ABC of EMG – a practical introduction of kinesiological electromyography“, Noraxon U.S.A. 2006.
- [5] Nordin, M., „Zusammenhang zwischen Sitzen und arbeitsbedingten Rückenschmerzen“, in: Ergomechanics®. Hans-Joachim Wilke (Hrsg.), S. 10-35, 2004.
- [6] Punnett, L. Prüss-Ustün, A. Nelson, D.I. Fingerhut, M.A. Leigh, J. Tak, S. Phillips, S., „Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures“, AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE Volume 48 No. 6, 2005.
- [7] Stawczyk, W. „Lumbar section of the spine in tractor operators“. MED WIEJSKA Volume 18, 1983.
- [8] Videman, T. Nurminen, M. Troup, J.D., „Lumbar spinal pathology in cadaveric material in relation to history of back pain, occupation, and physical loading“, SPINE Volume 15 No. 8, 1976.
- [9] Wilder, DG. Aleksiev, A.R. Magnusson, M.L. Pope, M.H. Spratt, K.F. Goel, V.K., „Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation“, SPINE Volume 21 No. 22, 1976.

# Besser sehen mit der richtigen Scheibentönung

Prof. Dr. Friedbert Bombosch

HAWK - Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim-  
Holzminden-Göttingen - Fakultät Ressourcenmanagement, Göttingen

## 1 Einleitung

Die Arbeitsplätze der Forstwirte und Maschinenführer bei der technischen Produktion, der Holzernte, sind von verschiedenen Parametern geprägt, die das Sinnesorgan Auge in besonderem Maße beeinflussen. So sind die Kontrastverhältnisse, die an diesen Arbeitsplätzen herrschen, extrem, Verhältnisse von 1:10.000 sind keine Seltenheit. Naturgegeben sind aber auch die Witterungseinflüsse wie Nebel, Regen und Schnee sowie die Tages-, Dämmerungs- und Dunkelphasen. Die Arbeitsumgebung ist derart variabel, dass kein Moment dem anderen gleicht, auch die Arbeitsobjekte, die Bäume, sind so wie wir Menschen individuell gewachsen und damit verschieden. Darüber hinaus werden Betriebsmittel eingesetzt, von denen höchste Konzentration abverlangt wird. Eine handgeführte Motorsäge birgt ein hohes Potential an Gefahren in sich, während die über eine halbe Million teure Erntemaschine so durch den Bestand gesteuert werden muss, dass kein verbleibender Baum verletzt werden darf. Es wird damit deutlich, dass das Sinnesorgan Auge mit Recht jenes ist, das über 80 % unserer bewussten Sinneseindrücke liefert. Erschwerend für den Forstwirt kommt hinzu, dass das Auge seitens der Unfallverhütungsvorschriften und DIN 1731 Gesichtsschutzgitter vorschreibt, die einen Transmissionsgrad von nur!  $> 20\%$  aufweisen müssen. In Realität sieht das dann entschärfend so aus, dass bei den beschriebenen Arbeitsbedingungen Gesichtsschutzgitter jedoch immer noch bis zu 45 % Lichtreduzierung haben (siehe Tabelle 1). Bei diffuser Himmelsstrahlung und/ oder Dämmerung liegen die noch messbaren Lichtverhältnisse (2 -10 cd je nach Baumart und Alter, [1]) in der Region der Gehwegbeleuchtung, viel zu wenig, um die diffizilen Arbeitsaufgaben leicht zu lösen. Eingesetzte Scheinwerfer haben den Effekt, ähnlich wie volle Sonneneinstrahlung, dass scharfe Kontraste entstehen, die die Augen durch ständiges adaptieren beanspruchen. Die verzögerte Hell-Dunkel – Adaptation birgt Gefahren, die zu Unfällen und Fehlsteuerungen führen können. Ermüdung und Kurzschlussbehandlungen sind als Signale der Überlastung zu beobachten.

**Tabelle 1:** Lichtreduktionen bei Gesichtsschutzgittern [2]

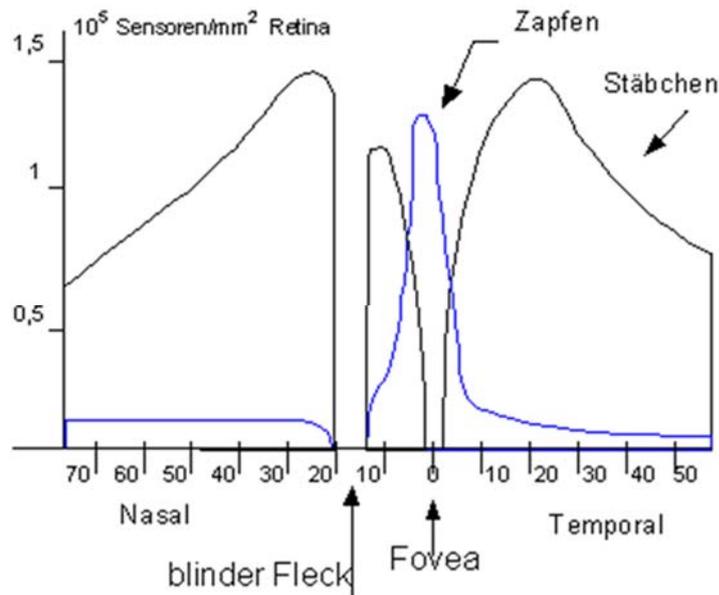
Lichtreduzierung für verschiedene Visiere									
Nr.	Hersteller	Material	Maschenweite		Lichtstärke/qm				Mittelwert %
					Lo	Lv	Lo	Lv	
19	Schuberth VF3	Draht	Feuerwehr		750	350	750	330	54,7
6	ENHA 4100 W	Draht	fein		750	400	750	400	46,7
1	3M 5b	Polyamid	1 x 1 mm		750	400	750	440	44,0
5	ENHA 4100 N	Polyamid			750	440	750	440	41,3
	3M 5j			<i>Bereich 3</i>	750	470	750	440	39,3
4	3M 5j	Ätzmetall	Hexagon	<i>Bereich 1</i>	750	470	750	500	35,3
	3M 5j			<i>Bereich 2</i>	750	500	750	500	33,3
7	ENHA 4100 W	Draht	grob		750	500	750	500	33,3
12	Schuberth SVW	rostfrei Draht			750	500	750	500	33,3
2	3M 5c	Edelstahl Draht	1,8 x 2,5 mm		750	530	750	530	29,3
11	Schuberth SVE	Edelstahl geätzt	Wabe dick		750	530	750	530	29,3
14	Pfanner G16	Geätzt	Wabe		750	530	750	530	29,3
17	Husqv. Netzmetall	Draht			700	500	700	500	28,6
16	Husqv. Ultra Vision	Draht			700	530	700	530	24,3
8	ENHA 4100 N	Geätzt	quadratisch		750	570	750	570	24,0
10	Schuberth SVE	Edelstahl geätzt	Wabe dünn		750	650	750	620	15,3
18	Husqv. Technical	Geätzt	Wabe		700	620	700	570	15,0

In der Landwirtschaft liegen ähnlich hohe Belastungen bei Maschinenführern vor, die jedoch durch mehr „Homogenität“ der Parameter gekennzeichnet sind. Kontraste, Staub, verschmutzte Scheiben der Maschinen und eine höhere Anzahl an Steuerungs- und Überwachungsaufgaben im Arbeitsprozess landwirtschaftlicher Maschinen kennzeichnen auch hier einen Belastungsschwerpunkt im Bereich des Sinnesorgans Auge.

## 2 Das Sinnesorgan Auge

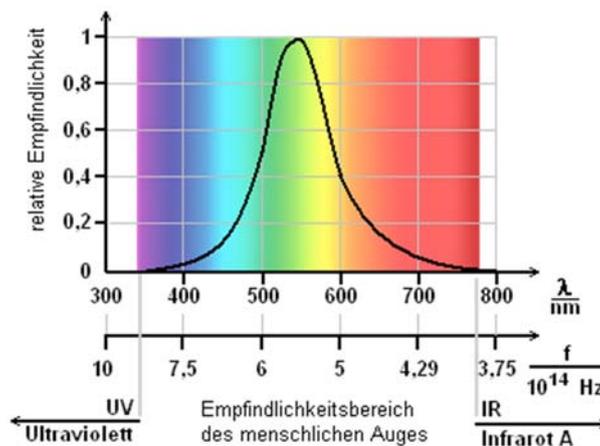
Die Netzhaut besteht aus Zäpfchen und Stäbchen. Die **Zäpfchen** reagieren auf Licht innerhalb eines bestimmten Wellenlängenbereichs (Farbsehen). Sie können jedoch nicht feststellen, ob das Licht monochromatisch ist oder nicht. Für jede der drei Grundfarben gibt es Zäpfchen auf der Netzhaut. Die **Stäbchen** können nicht zwischen Wellenlängen unterscheiden, sind dafür jedoch viel lichtempfindlicher. In der Netzhaut gibt es rund 6 Millionen Zäpfchen und 120 Millionen Stäbchen. Die Verteilung im Auge ist nicht gleichmäßig. Die Stäbchen befinden sich überwiegend am Rand der Netzhaut, das heißt bei Dämmerung ist ein eher unscharfes Schwarz-/Weißsehen möglich [1], **(Bild 1)**.

Die im Zentrum der Retina liegenden Zäpfchen benötigen eine hohe Lichtintensität, sind überwiegend „grün/gelb-empfindlich“ und ermöglichen durch ihre zentrale Lage ein scharfes Sehfeld.



**Bild 1:** Verteilung der Stäbchen und Zapfen auf der Retina  
[http://www.klauslorenzen.de/psychologie/phys\\_psy/auge.htm](http://www.klauslorenzen.de/psychologie/phys_psy/auge.htm)

Das Auge zeigt für unterschiedliche Wellenlängen auch unterschiedliche Hellempfindlichkeiten. Unter Tageslichtbedingungen ist das Auge im grünen Spektralbereich am empfindlichsten, d.h., in diesem Bereich ist der Strahlungsfluss, der zu einer Erregung der Zapfen benötigt wird, am geringsten. Damit rotes Licht ( $\lambda=650$  nm) die gleiche Helligkeitsempfindung auslöst wie grünes Licht ( $\lambda=555$  nm), muss dessen Strahlungsfluss rund 100-mal höher sein [2], (**Bild 2**).



**Bild 2:** Empfindlichkeitsbereich des menschlichen Auges [3]

### 3 Getönte Sicherheitsbrillen

Bei vielen Tätigkeiten wird seitens der Unfallverhütungsvorschriften eine Sicherheitsbrille vorgeschrieben. Bei spanenden und schleifenden Tätigkeiten, aber auch im Laborbereich sind häufig Klarglas-Schutzbrillen anzutreffen. Der Forstwirt wird in der Holzernte mit dem Gesichtsschutzgitter wie oben erwähnt in den „Schatten“ gestellt. Brillen sind jedoch im Bereich von Freischneiderarbeiten und Handastungen weit verbreitet [6]. In Maschinen gibt es keine Vorschrift, Schutzbrillen zu tragen, was wegen der fehlenden Gefahren auch schnell einleuchtet. Dass man mit verschiedenen Scheibentönungen jedoch „besser sehen“ kann, zeigten Studien an der HAWK schon Anfang der 1990er Jahre. Mit sogenannten Amberglas- oder auch Gelbglassbrillen wird der grün betonte Wald in den optimalen 555 nm Bereich verschoben und heller, aber auch kontrastreicher, bei verbessertem räumlichen Sehen, wahrgenommen. In einem Praxisversuch vermeldeten 91 % der Befragten (N=98) das Helligkeitsempfinden positiv, 82 % bewerteten das Kontrastempfinden positiv und 88 % fühlten sich sicherer in Bezug auf Stolpern und Augenverletzungen [7]. Die Wirkung dieser Amber- und Orangeglasbrillen muss dabei jedoch selbst erlebt werden. Die Intensität der Farbtönung ist dabei nicht unbedingt entscheidend, da sie im ehemals schon dunklen Wald ja auch mit Lichtverlusten verbunden ist.

Diese Brillen gibt es beschlagfrei (dauerhaft bis extrem Antifog), kratzfest und sogar mit Variomatik (Verdunkelung binnen Sekunden) und in vielen aktuellen Designs nach DIN EN 166. Nach den bislang erworbenen Erfahrungen sind diese Brillen im Wald und bei diesigen / dämmerigen Tages- und Wettersituationen für Jedermann zu empfehlen, der sich der Forstbranche verschrieben hat. Ja sogar viele Hundeführer tragen mittlerweile Gelbglassbrillen zum Schutz der Augen und aus Gründen eines sichereren Gefühls beim Laufen in unwegsamem Gelände. Speziell bei Freischneiderarbeiten sollte darauf geachtet werden, dass die Brille wegen hoher Energien durch hochgeschleuderte Partikel einen stabilisierenden Rahmen hat.

Im Verlauf weiterer Studien [8] stellte sich heraus, dass auch die Maschinenführer bei hohen Kontrasten und Lichtkegeln mit sogenannten Grauspiegelbrillen sich entlasten können. Grauglasbrillen reduzieren maßgeblich den Lichtdurchtritt (Transmission) in unterschiedlichem Maß, aber in Kombination mit einer Verspiegelung werden Lichtreflexe und Blendungen stark reduziert. Ein entspanntes Sehen bei gleichzeitiger

Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung ist dabei das Ergebnis. Bei zu geringer Tönung der Brille und gleißendem Licht kann es in seltenen Fällen auch zu Überreizungen an den „zugeschalteten“ Stäbchen kommen.

Für den landwirtschaftlichen Bereich werden folgende Hinweise gegeben:

Landwirte haben aufgrund zunehmender Mechanisierung und Ausstattung mit Fahrzeugen in und um ihren Hof reichhaltige Anforderungen an ihren Sehapparat. So sind die Lichtverhältnisse beim Arbeiten mit Maschinen im Gebäude und außerhalb, z.B. beim Füttern, Misten durch den jeweiligen Ortswechsel sehr anspruchsvoll. Hier sind die getönten Gelb- und Orangeglasbrillen sehr hilfreich und bewährt. Auf dem Mähdrescher und Maishäcksler, z.B. bei normalen Lichtverhältnissen, tags ohne intensive Sonneneinstrahlung, hat sich kürzlich ein Kollektiv von Fahrern konsequent für eine Blauglasbrille (z.B. uvex i-vo und honeywell protégé), eine sogenannte Entspannungsbrille, entschieden, um konzentriert die Lenk-, Prüf- und Steuerungsaufgaben auch am Bildschirm im Führerstand bewerkstelligen zu können. Hintergrund ist, dass die wenigen weiter außen auf der Netzhaut liegenden Blaurezeptoren bei schnell wechselnden „Multitasking“ Aufgaben dem vegetativen Nervensystem positive Signale vermitteln, was eben entspannt. Im Übrigen sollten bei sonnigem Wetter und bei diesen Umgebungsbedingungen auf die oben beschriebenen Brillentypen der Forstwirtschaft / Forstmaschinenführer zurückgegriffen werden.

Interessant ist auch ein weiterer Bereich, der geprägt ist durch viel Licht und/oder Sonnenschein, wie es auf der Freifläche und beim Maschineneinsatz in der Landwirtschaft sein kann. Die Hersteller von Sicherheitsbrillen decken dieses Spektrum mit sogenannten Braunglas-Sonnenbrillen ab.

Farbmetrisch wird eine Farbe dann als Braun angesehen, wenn sie durch Abmischen einer warmen Farbe (Gelb, Orange, Rot) mit Schwarz entstanden ist. Braun ist eine gebrochene Farbe. Die Farbgruppe der Brauntöne umfasst also Farbtöne zwischen Neutralgelb und Weinrot bei einer Helligkeit unter 50 %. Die Sättigung für die roten Brauntöne liegt bei etwa 30 %, aber etwa bei 70 % für Gelbtöne. Gelbtöne schlagen also schneller in eine als eigenständig empfundene Farbnuance um, während gebrochene Rottöne bei gleichem Schwarzanteil noch als Dunkelrot empfunden werden [9].

Der Effekt dieser Brillen ist ein entspanntes Sehen bei sehr hohen Lichtintensitäten und Kontrasten, wobei das plastische Sehen auffällig verbessert wird. Die Wahrnehmung von Signalfarben bleibt weitgehend gewährleistet.

Abschließend ein nicht zu unterschätzendes Phänomen bei Brillen am Arbeitsplatz. Bei starken Scheibenkrümmungen, wie sie heute modern erscheinen, ist das Hauptproblem die prismatische Wirkungsdifferenz zwischen rechtem und linkem Auge [10]. Durch die stärkere Krümmung im Horizontalbereich wird die jeweilige prismatische Ablenkung für das einzelne Auge höher. Wenn dies nicht durch ein Ausgleichsprisma ausgeglichen wird, dann entstehen für den Träger Doppelbilder und weitere Irritationen [11].

Erstaunlich bei diesen Untersuchungen war und ist die Erkenntnis, dass man „besser Sehen“ kostengünstig haben kann, wenn man das Angebot der Arbeitsschutzmittel und nicht das der Freizeitbranche nutzt. So dürfte ein Ausprobieren nicht schwerfallen.

#### 4 Literaturangaben

- [1] Preuss, Andreas 1992 Die physischen und psychischen Belastungen von Maschinenführern, Diplomarbeit HAWK HHG
- [2] Wachsmuth, Christian, 2015 Beschussversuche zur Belastung von Gesichtsschutzvisieren an Waldarbeiterschutzhelmen, Bachelorarbeit HAWK HHG
- [3] <http://work.popperschule.at/projekte/wahrnehmung/daten/index.php?id=122>
- [4] <http://www.spektrum.de/lexikon/optik/relative-spektrale-hellempfindlichkeit/2808>
- [5] <http://elektroniktutor.de/grundlagen/optoelek.html>
- [6] Hochrein, Jürgen, 1992 Schutzbrillen als Alternative zu Gesichtsschutzgittern bei Freischneidarbeiten? Diplomarbeit HAWK HHG
- [7] Bombosch, Friedbert 2002 Besser sehen mit Gelbglasbrillen, Wald und Holz 7/02
- [8] Bombosch, Friedbert, Peschel, Konstantin 2014 Sicherer Durchblick im Forst, Allgäuer Bauernblatt 4/2014
- [9] <https://de.wikipedia.org/wiki/Braun>
- [10] <http://www.ruhrunibochem.de/groups/sportlz9/spomed/sehenimспорт/dokumente/SIS-Sportbrillentest.pdf>
- [11] ECS GmbH - European Certification Service Dipl. Ing. (FH) Sonja Forstreuter, mündliche Mitteilung

# Analyse von Prozesszeiten beim Mähdrusch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen

M.Sc. Michael Mederle, Michael Gerl, Dr. agr. Valentin Heizinger,  
Prof. Dr. agr. habil Heinz Bernhardt  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Weihenstephan

## 1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Transportlogistik zum und vom Feld hat in den letzten Jahren merklich an Bedeutung gewonnen. Für die Navigation auf bzw. innerhalb der Schläge gibt es dagegen erst erste Ansätze. Um das Potential leistungsfähigerer Maschinen voll ausschöpfen zu können, wird eine exakte Prozessorganisation zukünftig immer wichtiger. Die Infield-Logistik rückt v.a. dann in den Fokus, wenn mehrere Maschinen auf einem Schlag tätig sind und möglichst optimal aufeinander abgestimmt sein sollen, wie es gerade bei der Getreide- oder Silomaisernte der Fall ist. Um Maschinen auf dem Feld effizient und prozessoptimiert navigieren zu können, ist jedoch die Kenntnis über Einflüsse auf Befahrungsstrategien zwingend erforderlich [1]. Für den vorliegenden Beitrag wurden auf verschiedenen Betrieben unterschiedlicher agrarstruktureller Voraussetzungen in der Getreideernte die Positionsdaten aller am Ernteprozess beteiligten Maschinen mittels GNSS-Datenloggern erfasst und diese hinsichtlich der daraus resultierenden Prozesszeiten analysiert. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt auf der Analyse des Einflussfaktors der strukturellen Gegebenheiten des jeweiligen Agrarraumes.

## 2 Strukturelle Voraussetzungen der verschiedenen Agrarräume

Gegenstand der Untersuchung waren Betriebe in Bayern, Ostdeutschland sowie in Kanada. Die durchschnittliche Schlaggröße für Ackerland beträgt in Bayern 1,84 ha [2]. Dies ist trotz vielerorts bereits durchgeführter Flurneuordnungen noch immer als sehr kleinstrukturiert einzuordnen und bedeutet für die Landwirtschaft verhältnismäßig hohe Arbeitszeitanteile für das Umsetzen von Maschinen und den damit jeweils einhergehenden Rüstzeiten. Im Gegensatz dazu stehen die verhältnismäßig großstrukturierten Bundesländer der ehemaligen DDR mit einer für Ackerflächen durchschnittlichen Schlaggröße von 49 ha [3]. Ein weiterer Unterschied zur

Agrarlandschaft in Bayern besteht darin, dass viele Bewirtschaftungseinheiten nicht die Eigentumsverhältnisse widerspiegeln, sondern Flächen zu Rationalisierungszwecken getauscht werden, um Schläge zu vergrößern bzw. Feld-Hof-Entfernungen zu reduzieren. In Kanada sind 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach dem Section-System eingeteilt. Basis dafür ist ein Wegenetz, welches die Agrarlandschaft schachbrettartig mit einer Kantenlänge von einer Meile bzw. 1600 m durchzieht. So entstehen Bewirtschaftungseinheiten von standardmäßig 256 ha (= Section), welche teilweise noch halbiert oder geviertelt werden. Kleinste daraus resultierende Schlaggröße ist i.d.R. ein halber Quarter (32 ha) [4,5].

### 3 Material und Methode

Die gesamte Analyse erfolgt auf Basis von Positionsdaten, welche mittels GNSS-Datenloggern (vgl. **Bild 1**) aufgezeichnet wurden. Um sämtliche Prozesszeiten erfassen und analysieren zu können, wurden alle Mähdrescher, Überlade- und Abfuhrfahrzeuge mit jeweils einem Datenlogger ausgestattet.



**Bild 1:** GNSS-Datenlogger zur Positionsbestimmung aller am Ernteprozess beteiligten Maschinen

Die Datenerhebung erfolgte in der Erntesaison 2014 auf vier verschiedenen Betrieben in den o.g. Agrarräumen Bayern (1), Ostdeutschland (2) und Kanada (1). **Tabelle 1** zeigt neben der Betriebsgröße und der Arbeitskraftausstattung während der Ernte auch das jeweilige Ernteverfahren, bzw. die Organisation des Mähdruschs und der Abfuhrlogistik für den jeweiligen Betrieb.

Zur Datenauswertung dient das Software-Tool LOGISTIK ANALYSE, welches anhand der im NMEA-Format eingelesenen Positionsdaten die jeweiligen Fahrwege der am Ernteprozess beteiligten Maschinen visualisiert [6,7]. Insgesamt wurden 6 verschiedene Betriebszustände für die Erntemaschinen definiert: „Druschzeit“, „Wendezeit“, „Abtanken im Stand“, „Abtanken während der Fahrt“, „Fahrt zum Abtanken im Stand“ und „Standzeit“. Das Tool kann die Zustände „Abtanken während der Fahrt“, „Abtanken im Stand“ sowie „Standzeit“ automatisch benennen, die übrigen drei Zustände wurden manuell zugeordnet. Da es sich um eine Einzelschlaganalyse handelt, wurden Zeiten für Anrücken bzw. Umsetzen der Maschinen nicht gesondert erfasst und für die Auswertung nicht berücksichtigt.

**Tabelle 1:** Übersicht der untersuchten Betriebe

Region	Betrieb	Betriebsgröße	AK-Ausstattung in der Ernte	Ernteverfahren / Abfuhrlogistik
Bayern	A	95 ha	2 AK	1 Mähdrescher (4,5 m AB) 2 Hängerzüge am Feldrand (je 20 to Nutzlast) 1 Traktor zur Abfuhr an den Landhandel
Ostdeutschland	B	360 ha	3 AK	2 Mähdrescher (je 7,5 m AB) Überladewagen Spedition zur Abfuhr mit LKW
	C	985 ha	5 AK	2 Mähdrescher (7,35 m und 10,5 m AB) 3 Traktor-Mulden-Gespanne (je 22 to Nutzlast) Einlagerung in betriebseigenen Flachlagern
Kanada	D	1680 ha	6 AK	2 Mähdrescher (10,5 m und 12 m AB) Überladewagen Abfuhr mit 2-3 Farmtrucks (20 to Nutzlast) Einlagerung in betriebseigenen Hochsilos

Um im Anschluss strukturelle bzw. organisatorische Einflüsse zwischen den verschiedenen Regionen mit ihren unterschiedlichen Voraussetzungen vergleichen zu können, wurde ein System aus verschiedenen Quotienten entwickelt. Als *reine Druschzeit* wird dabei der Zeitraum bezeichnet, der dem Mähdrescher tatsächlich für den Ernteprozess zur Verfügung steht, folglich die Summe aus *Druschzeit* und *Abtanken während der Fahrt*. Der *Prozess-Index* beschreibt den Anteil der *reinen Druschzeit* an der *Gesamtzeit* abzüglich der *Standzeit*. Je näher der aus diesem Quotient resultierende Wert an 1,0 liegt, desto weniger unproduktive Störeinflüsse wirken auf den Ernteprozess.

$$\text{Prozess – Index} = \frac{\text{reine Druschzeit (rDZ)}}{\text{rDZ+Abtanken im Stand+Fahrt zum Abtanken im Stand+Wendezeit}}$$

Der *Struktur-Index* gibt anhand des Anteils der *Wendezeit* Aufschluss darüber, inwiefern sich die Schlagform, bzw. das Vorhandensein von Hindernissen auf den Ernteprozess auswirken. Je geringer die Wendezeiten sind, desto näher liegt der Struktur-Index an 1,0.

$$\text{Struktur – Index} = \frac{\text{reine Druschzeit}}{\text{reine Druschzeit + Wendezeit}}$$

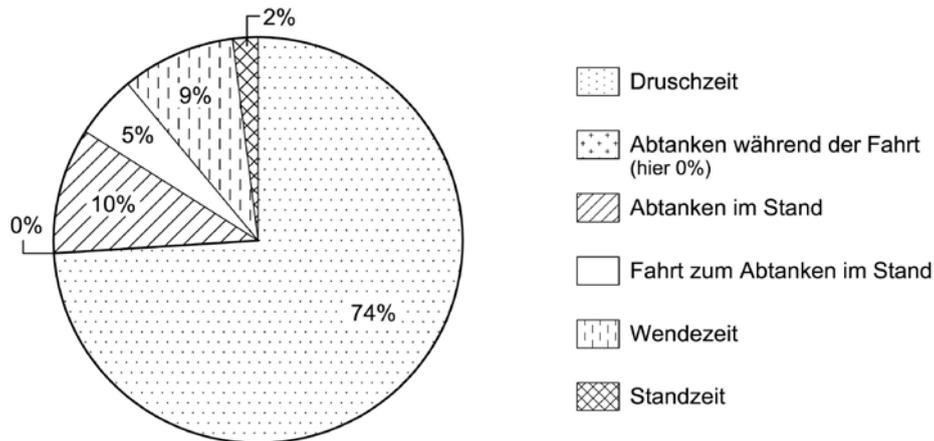
Die Effizienz der am Ernteprozess beteiligten Abfuhrlogistik beschreibt der *Logistik-Index*. Dieser gibt den Anteil der *reinen Druschzeit*, welche das *Abtanken während der Fahrt* einschließt, an der Summe aus *reiner Druschzeit* und *Abtanken im Stand* bzw. *Fahrt zum Abtanken im Stand* an. Ein Wert von 1,0 für diesen Index würde bedeuten, dass kein Abtanken im Stand vorkommt und somit auch keine Fahrten zum Abtanken im Stand anfallen. Folglich würde aufgrund von unnötigem Abtanken im Stand keine wertvolle Druschzeit verloren gehen.

$$\text{Logistik – Index} = \frac{\text{reine Druschzeit}}{\text{reine Druschzeit + Abtanken im Stand + Fahrt zum Abtanken im Stand}}$$

Das System aus den beschriebenen Quotienten soll dabei helfen, Ernteprozesse aus unterschiedlichen Agrarräumen mit verschiedensten Voraussetzungen dennoch hinsichtlich ihrer Einflussfaktoren zu analysieren und trotz ihrer Disparitäten vergleichbar zu machen.

## 4 Ergebnisse

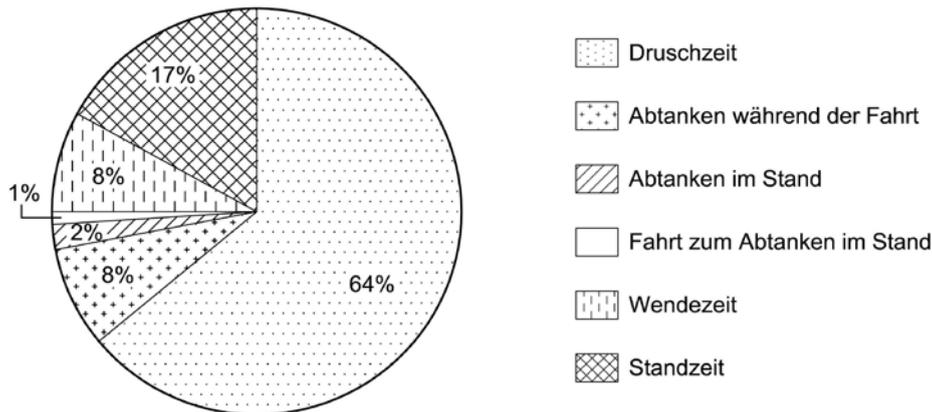
Die Ergebnisse der Prozesszeitenanalyse auf Betrieb A in Bayern beruhen auf insgesamt 16,8 ha, welche sich auf 4 Einzelschläge verteilen. **Bild 2** zeigt grafisch die durchschnittlichen Anteile der verschiedenen Betriebszustände. Über die gesamte Fläche von 16,8 ha betrachtet beträgt der Anteil der *Druschzeit* am Gesamtprozess bei Betrieb A in Bayern durchschnittlich 74 %. *Abtanken während der Fahrt* findet aufgrund der geringen Ausstattung mit Arbeitskräften bzw. wegen fehlender Mechanisierung nicht statt, dieser Anteil beträgt folglich 0 %. Somit ist für Bayern die *Druschzeit* der *reinen Druschzeit* gleichzusetzen. Das Abtanken des Ernteguts auf die Abfuhrfahrzeuge erfolgt in der Konsequenz ausschließlich im Stand am Feldrand. Die damit verbundene *Fahrt zum Abtanken im Stand* sowie das *Abtanken im Stand* selbst nehmen einen Anteil von 5 bzw. 10 %, folglich insgesamt 15 %, ein.



**Bild 2:** Prozesszeitenanalyse für einen Mähdrescher in der Getreideernte auf einem bayerischen Betrieb

Der Anteil der *Wendezeit* beträgt 9 % und liegt somit nur einen Prozentpunkt höher als für das Mittel der beiden Betriebe B und C in Ostdeutschland. Da bei Betrieb A das *Abtanken während der Fahrt* keine Beachtung findet, muss der Mähdrescher auch nicht darauf achten, das Rohr für die Entleerung des Korntanks möglichst immer auf der bereits abgeernteten Seite zu haben. Es ist daher nicht zwingend erforderlich in Beeten zu arbeiten. Es kann immer im Anschluss an die letzte Spur gedroschen werden, wodurch sich unnötig lange Wendezeiten, verursacht durch Leerfahrten am Vorgewende, vermeiden lassen. Die *Standzeit* ist mit 2 % als sehr gering einzuordnen.

In Ostdeutschland wurden insgesamt 132,9 ha Ackerfläche verteilt auf 8 Schläge untersucht. Dabei entfielen 49,5 ha (6 Schläge) auf Betrieb B bzw. 83,4 ha (2 Schläge) auf Betrieb C. **Bild 3** zeigt grafisch die durchschnittlichen Anteile der verschiedenen Betriebszustände. Die *Druschzeit* beträgt auf den beiden ostdeutschen Betrieben über alle Schläge hinweg im Durchschnitt 64 %. Wird dazu der Anteil für das *Abtanken während der Fahrt* von 8 % addiert, so umfasst die *reine Druschzeit* einen Anteil am Gesamtprozess von 72 %. Vergleichbare Untersuchungen ermitteln hier deutlich höhere Werte, welche bis zu 84 % *reine Druschzeit* erfassen [8]. Der Anteil für die *Wendezeit* beträgt 8 %, was dem Niveau der untersuchten Prozesszeiten von Betrieb A in Bayern entspricht.

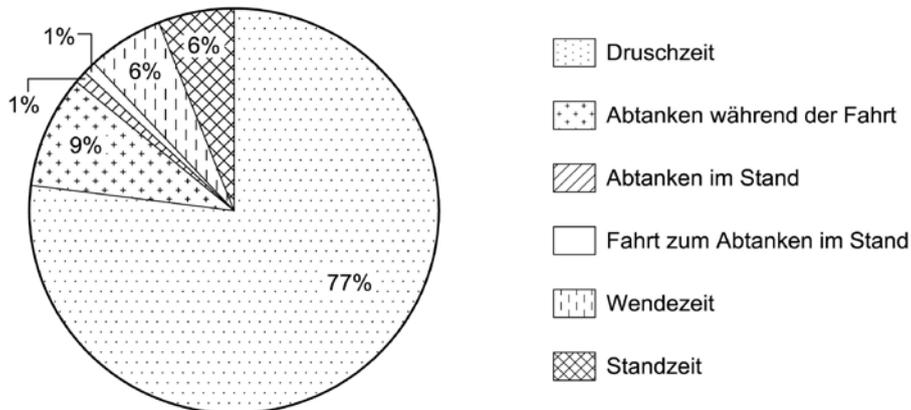


**Bild 3:** Prozesszeitenanalyse für den Mähdrusch in der Getreideernte auf ostdeutschen Betrieben

Obwohl der Großteil der Überladevorgänge während der Fahrt erfolgte, ließ sich das *Abtanken im Stand* nicht vollständig vermeiden und verursachte einen Anteil an der Gesamtprozesszeit in Höhe von 2 %, ebenso die dadurch bedingten *Fahrten zum Abtanken im Stand*, welche sich auf 1 % beliefen. Der geringe Anteil der *Druschzeit* im vorliegenden Beitrag ist größtenteils durch den Anteil an *Standzeit* in Höhe von durchschnittlich 17 % bedingt, welcher als unverhältnismäßig hoch einzustufen ist. Werden die *Standzeiten* betriebsindividuell betrachtet, ergibt sich ein Wert von 13 % für Betrieb B, bzw. 19 % für Betrieb C. Für Betrieb B liegt der Hauptgrund für die *Standzeiten* in wiederkehrenden technischen Defekten eines Mähdreschers. Betrieb C musste aus Gründen der Betriebsorganisation seine beiden Mähdrescher während der Datenaufzeichnung auf verschiedenen Schlägen einsetzen und hatte somit Engpässe in der Abfuhrlogistik zu bewältigen, weshalb eine der beiden Erntemaschinen häufiger zum Stehen kam.

Die untersuchte Fläche in Kanada umfasste 153,9 ha und verteilte sich dabei auf lediglich 2 Schläge. **Bild 4** zeigt grafisch die durchschnittlichen Anteile der verschiedenen Betriebszustände. Im Durchschnitt der gesamten Fläche erreichten die beiden Mähdrescher eine *Druschzeit* von 77 %. Bei Berücksichtigung des Anteils für das *Abtanken während der Fahrt* in Höhe von 9 % steigt die *reine Druschzeit* auf 86 % an. Diese verhältnismäßig hohen Werte können mit den beachtlichen Flächengrößen und den vorteilhaften rechteckigen Schlagformen begründet werden, welche es den Mähdreschern erlauben, äußerst effizient zu arbeiten, sobald das

Vorgewende abgeerntet ist. Zudem stellte die Abfuhrlogistik keine größeren Probleme dar, da genügend Arbeitskraft und Maschinenkapazität zur Verfügung stand und das Ertragspotential nicht vergleichbar mit deutschem Niveau ist.



**Bild 4:** Prozesszeitenanalyse für den Mähdrusch in der Getreideernte auf einem kanadischen Betrieb

In der Konsequenz belaufen sich die Werte für die *Wende-* bzw. *Standzeiten* auf jeweils verhältnismäßig geringe 6 %, was für die gute Organisation und somit hohe Effizienz dieser Ernteprozesskette spricht. Dennoch war auch hier der Anteil an *Abtanken im Stand* bzw. *Fahrten zum Abtanken im Stand* nicht zu vermeiden, wengleich diese Werte mit jeweils 1 % vernachlässigbar sind. Ein Beispiel für das seltene Vorkommen dieser Betriebszustände ist das Abtanken am Ende einer Spur des Hauptbeetes. Der Mähdröschler entleert dabei den Rest seines Bunkers im Stand auf den nebenstehenden Überladewagen, damit die Schnecke für die Korntankentleerung nicht im vollen Zustand noch einmal anlaufen muss und somit mögliche Maschinenschäden verhindert werden können.

**Tabelle 2** zeigt abschließend für die untersuchten Betriebe verschiedene Indizes, welche anhand der vorhergehend beschriebenen Formeln errechnet wurden.

Der *Prozessindex*, welcher den Anteil der *reinen Druschzeit* an der *Gesamtzeit* abzgl. der *Standzeit* darstellt, fällt für Betrieb A aus Bayern mit einem Wert von 0,76 erwartungsgemäß am geringsten aus. Dies ist zum Großteil darauf zurückzuführen, dass die gesamte Abfuhrlogistik über *Abtanken im Stand* am Feldrand organisiert ist, wodurch zudem zahlreiche *Fahrten zum Abtanken im Stand* notwendig sind. Die Werte für die beiden ostdeutschen Betriebe betragen jeweils 0,87, was auf eine

insgesamt effizientere Prozesskette hindeutet. Zu begründen ist diese Steigerung hauptsächlich durch die Eliminierung der *Standzeit*, welche bei diesem Index aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht mit einbezogen wurde. Da diese für Betrieb B und C, wie bereits beschrieben, unverhältnismäßig hoch ausgefallen ist, wirkt sich ihr Verzicht umso stärker aus. Den höchsten *Prozessindex* erreicht Betrieb D aus Kanada mit 0,92 aufgrund seines geringen Anteils an *Wendezeit*, sowie seiner sehr gut organisierten Abfuhrlogistik.

**Tabelle 2:** Prozess-, Struktur- und Logistikindices betriebs- bzw. regionalspezifisch

Betrieb	Region	untersuchte Flächen			Prozess-index	Struktur-index	Logistik-index
		Flächengröße [ha]	Anzahl Schläge	Ø Schlaggröße [ha]			
A	Bayern	16,8	4	4,2	0,76	0,89	0,83
B + C	Ost-deutschland	132,9	8	16,6	0,87	0,90	0,97
B		49,5	6	8,3	0,87	0,89	0,97
C		83,4	2	41,7	0,87	0,90	0,97
D	Kanada	153,9	2	77,0	0,92	0,93	0,98

Der *Strukturindex* beschreibt den Anteil der *reinen Druschzeit* an der Summe aus *reiner Druschzeit* und *Wendezeit*. Er dient daher als Indikator für Flächengrößen, Schlagformen bzw. Hindernisse im Schlag und wie sich diese in Form von Wendezeiten auf den Ernteprozess auswirken. Die Unterschiede zwischen Betrieb A aus Bayern (0,89) bzw. der beiden ostdeutschen Betriebe B und C (0,89, bzw. 0,90) sind marginal und daher vernachlässigbar. Die identischen Werte für Betrieb A und B lassen sich auf die Ähnlichkeiten in den Flächenstrukturen zurückführen. Betrieb B weist im Vergleich zu Betrieb A zwar annähernd die doppelte durchschnittliche Schlaggröße (8,3 ha bzw. 4,2 ha) auf, allerdings ist die Schlaggeometrie mit einigen Dreiecksformen und vieleckigen Polygonen als eher ungünstig einzustufen. Für Betrieb C spielt die Schlagform aufgrund der relativ hohen durchschnittlichen Schlaggröße eine eher untergeordnete Rolle und so wurde hier ein Wert von 0,90 errechnet. Der höchste *Strukturindex* (0,93) und somit der geringste Einfluss der *Wendezeit* auf die Effizienz konnte für Betrieb D in Kanada ermittelt werden. Große Flächen und hohe Schlaglängen bieten in Kombination mit vorteilhaften Schlagformen optimale Voraussetzungen für effektive Ernteprozesse mit hohen Leistungsparametern.

Abschließend wurde ein *Logistikindex* errechnet, der die Betriebe hinsichtlich der Effizienz ihrer nachgeschalteten Abfuhr- und Transportlogistik vergleichen und beurteilen sollte. Berücksichtigt wurden dabei neben der *reinen Druschzeit*, welche das *Abtanken während der Fahrt* beinhaltet, die Anteile für *Abtanken im Stand* und *Fahrt zum Abtanken im Stand*. Aufgrund des konsequenten *Abtankens im Stand* am Feldrand und der dadurch notwendigen *Fahrten zum Abtanken im Stand* ergibt sich für Betrieb A der niedrigste Wert in Höhe von 0,83. Die beiden Betriebe aus Ostdeutschland unterscheiden sich bei diesem Indikator überhaupt nicht und weisen jeweils einen Wert von 0,97 auf. Die Effizienz ist auf das konsequente *Abtanken während der Fahrt* zurückzuführen, welches nur beim Andreschen eines Schläges bzw. am Ende einer Spur des Hauptbeetes nicht umgesetzt wird. Ähnlich verhält es sich bei Betrieb D in Kanada, wo der *Logistikindex* mit 0,98 darüber hinaus noch etwas höher ist, und die Effizienz damit als noch besser eingestuft werden kann. Als Grund hierfür ist der Anteil des *Abtankens im Stand* anzuführen, welcher im Vergleich zum Mittel der ostdeutschen Betriebe um einen Prozentpunkt auf 1 % gesenkt werden konnte.

## 5 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag analysiert und vergleicht anhand von GNSS-Ortungsdaten und unter Praxisbedingungen die Betriebszustände von Mähreschern in der Getreideernte auf vier Betrieben in Agrarräumen mit unterschiedlichen strukturellen Voraussetzungen. Die Daten stammen von einem Betrieb aus Bayern, zwei Betrieben aus den neuen Bundesländern, sowie einer Farm aus Kanada. Neben der *Druschzeit* lag das Augenmerk auch auf *Wende- und Standzeiten*, sowie auf *Zeiten für Abtanken während der Fahrt*, bzw. *Abtanken im Stand* und *Fahrt zum Abtanken im Stand*. Die verschiedenen Betriebe unterscheiden sich neben den natürlichen Gegebenheiten auch auf weiteren Ebenen, angefangen von der bewirtschafteten Fläche, über den Maschinen- und Arbeitskräftebesatz, bis hin zur Betriebsorganisation und der nachgeschalteten Abfuhr- und Transportlogistik.

Die besten Werte hinsichtlich der Prozessketteneffizienz liefert der Betrieb aus Kanada. Große, rechteckige Schläge mit langen Zügen bieten beste Voraussetzungen, moderne Landtechnik effizient und produktiv einzusetzen, wenn gleich die Schlagkraft vor dem Hintergrund eines im Vergleich zu Mitteleuropa relativ

geringen Ertragsniveaus zu sehen ist.

Die Organisation der Getreideernte auf den beiden ostdeutschen Betrieben ist sehr ähnlich, beide setzen jeweils zwei Mähdrescher ein und laden das Korn wenn möglich immer während der Fahrt auf ein nebenherfahrendes Fahrzeug. Dennoch unterscheiden sich einige Werte aufgrund der unterschiedlichen strukturellen Voraussetzungen, wie z. B. der jeweiligen durchschnittlichen Schlaggröße.

Der bayerische Betrieb generiert verhältnismäßig hohe Druschzeiten und würde über weiteres Potential verfügen, welches aber wegen seiner geringen Ausstattung mit Arbeitskräften nicht genutzt werden kann. Das *Abtanken im Stand* bedingt weitere Verluste in Form von *Fahrten zum Abtanken im Stand*, wodurch bis zu 15 % an Druschzeit verloren gehen.

## 6 Literaturangaben

- [1] Mederle, M.; Heizinger, V.; Bernhardt, H.: Einflussfaktoren auf Befahrungsstrategien im Feld. 35. GIL-Jahrestagung, Geisenheim (2014). S. 113-116
- [2] Zenger, X.; Friebe, R. (2015): Agrarstrukturentwicklung in Bayern IBA - Agrarstrukturbericht 2014. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weißenstephan. Verfügbar unter: [www.lfl.bayern.de/publikationen/informationen/109108/index.php](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/informationen/109108/index.php). Aufgerufen am 8. Dezember 2015.
- [3] Engelhardt, H. (2004): Auswirkungen von Flächengröße und Flächenform auf Wendezeiten, Arbeitserledigung und verfahrenstechnische Maßnahmen im Ackerbau. Inauguraldissertation. Gießen, Deutschland: Justus – Liebig Universität, Institut für Landtechnik.
- [4] Hallahan, C. (2014): Chapter 18 Rural Settlement patterns. Verfügbar unter: [prezi.com/wuqextkwpyhh/chapter-18-rural-settlement-patterns/](http://prezi.com/wuqextkwpyhh/chapter-18-rural-settlement-patterns/). Aufgerufen am 8. Dezember 2015
- [5] Veeman, T.; Veeman, M. (2009): Agriculture and Food. The Canadian Encyclopedia. Verfügbar unter: [http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/agriculture-and-food/#h3\\_jump\\_2](http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/agriculture-and-food/#h3_jump_2). Aufgerufen am 8. Dezember 2015
- [6] Heizinger, V. (2014): Algorithmische Analyse von Prozessketten in der Agrarlogistik. Dissertation. Freising, Deutschland. Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik.
- [7] Heizinger, V. (2014): Logistik-Analysesystem. Tool für MATLAB Software.
- [8] Streicher, G.; Heizinger, V.; Bernhardt, H.: Optimierungsansätze der Infield-Logistik im Mähdruschprozess. In: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (Hrsg.): 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 2014. S. 146- 157

# Methode zur Berechnung komplexer Transportketten

Dipl.-Ing. Winfried Fechner  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

## 1 Einleitung

Am Beispiel der Getreideernte soll eine Methode zur Berechnung von landwirtschaftlichen Transportketten vorgestellt werden. Diese ist auch für andere Produktionsverfahren anwendbar. Ziel ist es, komplexe Transportsysteme mathematisch darzustellen und zu analysieren sowie in der Praxis eingesetzte Überkapazitäten aufzuzeigen und zu minimieren. Sie stellt eine Alternative zu den ereignisorientierten Simulationsmodellen dar, wie beispielsweise von SONNEN 2006 [1], KÜBLER 2008 [2], BOCHTIS 2013 [3] und JENSEN 2015 [4] beschrieben. Auch HERRMANN 1999 [5] und HEEGE 1977 [6] haben sich in ihren Arbeiten umfangreich mit Fließarbeitsverfahren auseinandergesetzt.

Die Wahl des Transportverfahrens bei der Getreideernte wird maßgeblich von der Anzahl und der Leistung der auf dem Schlag arbeitenden Mähdrescher bestimmt. Beim Einsatz eines Mähdreschers der unteren bis mittleren Leistungsklasse wird Feldrandabbunkerung bevorzugt.

Kommen auf einem Feld mehrere Mähdrescher mit einem Spitzengesamtdurchsatz von mehr als 50 t/h gemeinsam zum Einsatz (Erntekomplex), dann empfiehlt sich das Abtanken der Mähdrescher zweckmäßigerweise während des Dreschens. Der Einsatz von Umladewagen wird dabei von vielen landwirtschaftlichen Betrieben bevorzugt. Bei kurzen Transportentfernungen und geeigneter Bereifung kann auf den Umladewagen verzichtet und die Mähdrescher direkt von den Transportfahrzeugen angefahren werden. Mit steigender Transportentfernung und zunehmendem Durchsatz steigt die Anzahl der eingesetzten Transportfahrzeuge.

## 2 Einsträngige Transportkette

Die Grundlage für die hier vorgestellte Berechnungsmethode ist ein Modell auf der Basis von Arbeits- bzw. Transportketten. Eine einfache Transportkette soll beispielsweise aus Ernte, Transport und Einlagerung bestehen. Die beteiligten Maschinen werden als Textfeld und die Übergabepunkte als Pfeile dargestellt (Bild1).



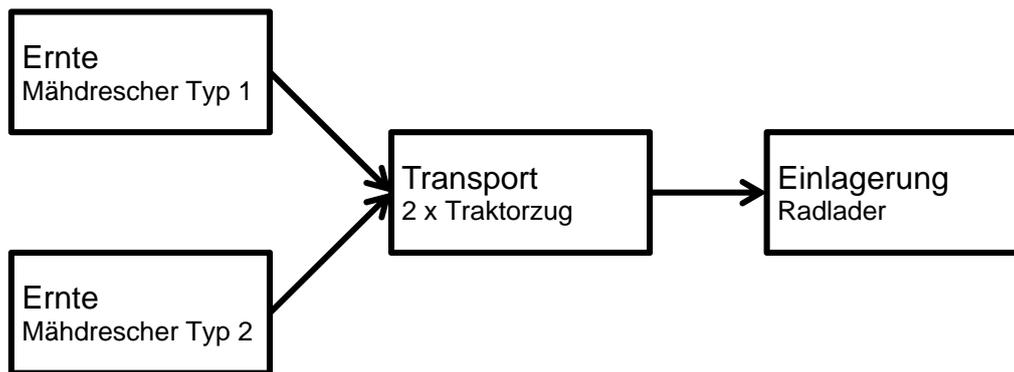
**Bild 1:** Transportkette bestehend aus 3 Gliedern und 2 Übergabepunkten

Jedes Glied der Kette repräsentiert einen Maschinentyp. Je mehr Fahrzeuge zum Einsatz kommen, desto umfänglicher kann die Transportkette werden. Mehrere Maschinen gleichen Typs können in der Regel jedoch zu einem Glied zusammengefasst und deren Durchsätze, Kosten, Energiebedarf usw. für weitere Berechnungen addiert werden. In Bild 1 repräsentiert das Transportglied beispielsweise mehrere Transportfahrzeuge des gleichen Typs. Für jedes Glied der Transportkette kann für sich allein bei zyklisch arbeitenden Maschinen der Durchsatz aus dem Quotienten von Lademasse zu Transportumlaufzeit bestimmt werden.

## 3 Transportketten mit mehreren Quellen

Wesentliche Parameter für die Modellierung der Transportketten sind Durchsatz, Bunkervolumen, Lademasse, Abtankleistung, Kosten. Sind diese beispielsweise für die Erntemaschinen verschieden, ist es nicht mehr möglich, alle Mähdrescher zu einem Transportkettenglied zusammenzufassen (Bild 2). Es ergeben sich mehrere parallele Quellen (Erntemaschinen), die gemeinsam ein folgendes Transportglied beliefern. Dieser Grundsatz gilt für alle Glieder der Transportkette.

Um Transportketten mit mehreren Quellen mathematisch beschreiben zu können, wird zu Beginn für jedes einzelne Glied der Transportkette separat die Maximalleistung bestimmt (Kapazität des Transportgliedes). Im Anschluss erfolgt die Analyse der Wechselwirkung zwischen den Kettengliedern und den sich daraus ergebenden Wirkungen auf die Leistung. Diese sind von den innewohnenden Abhängigkeiten geprägt.



**Bild 2:** Transportkette bestehend aus Mähdreschern unterschiedlichen Typs, Transportfahrzeugen gleichen Typs und gemeinsamem Transportziel

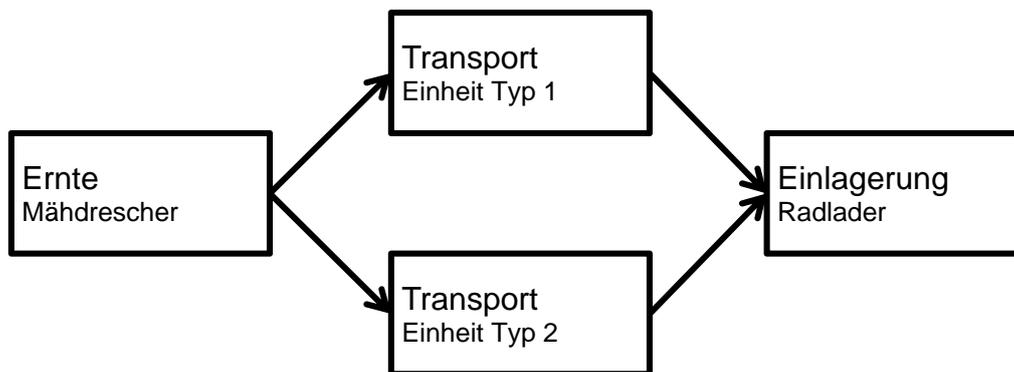
Bei Transportketten mit mehreren Quellen sind zwei Fragen zu klären. Zum einen, in welchem Masseverhältnis die beiden liefernden Transportglieder das Getreide übergeben und zum anderen, ob eines der beteiligten Transportglieder in seiner Leistung eingeschränkt wird.

Werden beispielsweise Mähdrescher unterschiedlichen Typs eingesetzt, so realisieren diese unabhängig voneinander ihre individuelle Durchsatzleistung. Gegenseitige Behinderungen sind selten, treten nur kurzzeitig auf und sollen hier vernachlässigt werden. Die unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten bewirken große Abstände der Mähdrescher im Beet, wodurch sich die Wege der Transporteinheiten verlängern.

Auf den Transportfahrzeugen ist die Getreidemenge der verschiedenen Mähdrescher im Mittel proportional dem Verhältnis ihrer Durchsätze. Ursache dafür ist, dass die Arbeit der Mähdrescher auf dem Feld so organisiert wird, dass möglichst keine Stillstandszeiten auftreten. Das gilt auch, wenn Transportfahrzeuge die Mähdrescher systematisch in fester, kontinuierlicher Reihenfolge unabhängig vom Bunkerfüllstand anfahren und abbunkern. Ein anderes Masseverhältnis ergibt sich nur, wenn der Durchsatz einer Erntemaschine durch Vorgaben herabgesetzt wird. Der Durchsatz der Transportfahrzeuge kann maximal dem Gesamtdurchsatz der Mähdrescher entsprechen. Durch mangelnde Transportkapazität verursachte Verlustzeiten wirken sich in unserem Beispiel dagegen gleichmäßig auf alle Erntemaschinen aus.

#### 4 Verzweigte Transportketten

Wenn sich parallel arbeitende Transportfahrzeuge in Lademasse oder Transportumlaufzeit unterscheiden, kommt es zur Verzweigung der Transportketten. (Bild 3). Dies trifft auch zu, wenn von den Transporteinheiten mehrere Lagerorte angefahren werden.



**Bild 3:** Geteilte Transportkette mit identischen Mähreschern und einem Radlader

Die Aufteilung der Gutströme hängt vom Durchsatz und der Leistungsfähigkeit der übernehmenden Glieder der Transportkette ab. Dies wird unter anderem auch von der Arbeitsorganisation mitbestimmt.

Folgende Szenarien sind denkbar:

Legen die Transportfahrzeuge bei unterschiedlicher Lademasse die gleichen Transportwege zurück (gleiches Ziel, Bild 3), dann ist bei den in der Landwirtschaft üblichen Transportentfernungen kein Überholvorgang zu erwarten. Das Transportfahrzeug mit der längsten Umlaufzeit (Rundenzeit) bestimmt den Rhythmus der anderen. Fahrzeuge mit kürzeren Rundenzeiten müssen länger am Feldrand warten. Es ergeben sich für diese längere verfahrensbedingte zyklische Verlustzeiten [7].

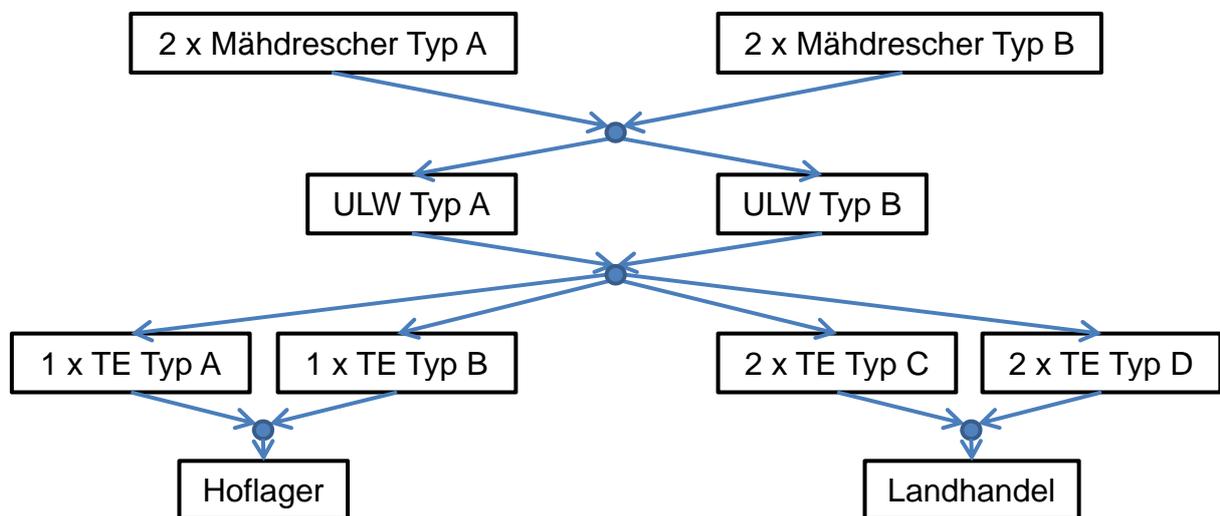
Mit wachsender Lademasse verlängern sich beispielsweise die Beladedauer und damit auch die Rundenzeit, wenn diese nicht durch höhere Transportgeschwindigkeiten ausgeglichen werden können. Die Aufteilung der Gutströme wird in diesem Fall durch das Verhältnis der vorhandenen Lademassen bestimmt.

Fahren die Transportfahrzeuge unterschiedliche Ziele an, dann sind deren Rundenzeiten unabhängig und die Gutströme teilen sich im Verhältnis der Durchsatzkapazitäten.

Prinzipiell können sich noch weitere Durchsätze ergeben, wenn Fahrzeuge als Springer eingesetzt und individuelle Bedienprioritäten vorgegeben werden.

## 5 Komplexe Transportketten

In Abhängigkeit von der Größe des landwirtschaftlichen Betriebes können erhebliche Anforderungen an die Mähdruschkapazität entstehen. Das führt häufig dazu, dass mehrere Mähdrescher mit unterschiedlichem Jahrgang, Bauart, Motorisierung, Durchsatzpotenzial usw. eingesetzt werden. Bei der Gestaltung des Transports kann bei der benötigten hohen Anzahl vielfach nicht auf einheitliche Transportfahrzeuge zurückgegriffen werden. Der Einsatz von Umladewagen ist zu prüfen. Hohe Leistungen des Mähdrescherkomplexes erfordern des weiteren Einlagerungskonzepte, die mehrere parallele Lagerstandorte oder den Einsatz von LKW mit Sattelaufleger einschließen.



ULW Typ A: ein Umladewagen vom Typ A;

2xTE Typ C: zwei Transportfahrzeuge vom Typ C

**Bild 4:** Beispiel einer Ernte- und Transportkette mit verschiedenen Mähdreschern, Umladewagen und Transportfahrzeugen (Variante 1)

Da für derartig umfängliche Arbeiten möglichst alle Maschinen und Fahrzeuge des Betriebes genutzt werden, kann es auf dem Feld zu einer Typenvielfalt kommen. Die folgenden Berechnungen werden auch zeigen, dass ein separater Einsatz der Mähdrescher in unterschiedlichen Beeten nicht nur aus organisatorischen Gründen abzulehnen ist.

Unser Beispielbetrieb setzt bei einer Kapazitätsanforderung von ca. 150 ha pro Tag 2 Mähdrescher vom Typ A und 2 Mähdrescher vom Typ B ein. Da sich im Einsatz schnell zeigte, dass ein Umladewagen nicht ausreicht, wurde ein weiterer Umladewagen eingeplant. Zur besseren Lademasseeabstimmung hinsichtlich der nachfolgenden Transportfahrzeuge wurde nicht der gleiche Typ gewählt.

Für den Straßentransport werden betriebseigene Traktorzüge und angemietete LKW-Sattelzüge eingesetzt. Diese fahren entweder zum eigenen Hoflager bzw. zum nächstgelegenen Landhandel. Die sich ergebende Transportkette ist in Bild 4 dargestellt. Die ausgewählten Einsatzparameter sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**Tabelle 1:** In der Transportkette eingesetzte Maschinen und Fahrzeuge sowie deren Einsatzparameter

Glieder der Transportkette	Anzahl	Ladung		Umlaufzeit min	Kapazität	
		Volumen m <sup>3</sup>	Masse t		Maschine t/h <sub>T02</sub>	gesamt t/h <sub>T02</sub>
Mähdrescher Typ A	2	10,5	7,8	-	30	60
Mähdrescher Typ B	2	11,5	8,6	-	35	70
Umladewagen Typ A	1	26	19,5	19	62	62
Umladewagen Typ B	1	38	28,5	22	77	77
Transportfahrzeug Typ A, Hoflager	1	-	18	42	25,5	25,5
Transportfahrzeug Typ B, Hoflager	1	-	24	44	32,7	32,7
Transportfahrzeug Typ C, Landhandel	2	-	21	71	17,8	35,6
Transportfahrzeug Typ D, Landhandel	2	-	25	64	23,2	46,5

## 6 Berechnung der Leistung komplexer Transportketten

Um komplexe landwirtschaftliche Ernte- und Transportketten mathematisch abzubilden, wird vorgeschlagen, in Anlehnung an die Kirchhoffschen Regeln [8] die Transportketten als kontinuierliche Transportflüsse aufzufassen und der jeweiligen Netzwerktopologie entsprechende Gleichungssysteme zu erstellen. Das ist insoweit möglich, da auch diskontinuierlich arbeitende Systeme, über einen gewissen Zeitraum betrachtet, den Gesetzen der Kontinuität entsprechen können. Dazu gelten folgende Regeln:

### ❖ Knotenpunktregel:

Die Summe der in einen Knotenpunkt (Überladepunkt) zufließenden Massenströme muss gleich der Summe der abfließenden Massenströme sein.

In unserem Beispiel gelten deshalb folgende Gleichgewichte:

- Der Durchsatz der Mähdrescher ist gleich dem Durchsatz der Umladewagen.
- Die Summe der Durchsätze der beiden Umladewagen entspricht dem Gesamtdurchsatz aller übernehmenden Straßentransportfahrzeuge.
- Der Getreidestrom zum Hoflager ist identisch mit der Summe der Durchsätze der Straßentransportfahrzeuge vom Typ A und B.
- Der Getreidestrom zum Landhandel ist identisch mit der Summe der Durchsätze der Straßentransportfahrzeuge vom Typ C und D.

Den Maschenregeln ähnliche Gleichungen, die das Durchsatzvermögen (Transportkapazität) widerspiegeln, werden ebenfalls berücksichtigt.

### ❖ Maschenregel:

Sich teilende Stoffströme müssen gegebene Proportionen einhalten.

In unserem Beispiel sollen folgende Proportionen eingehalten werden:

- das Verhältnis der Durchsätze von Umladewagen Typ A zu Typ B,
- das Durchsatzverhältnis von Traktorzug zu LKW-Sattelaufleger (Hoflager),
- das Durchsatzverhältnis von Traktorzug zu LKW-Sattelaufleger (Landhandel),
- das Verhältnis der Gutströme zwischen den beiden Einlagerungsorten.

Weiterhin können explizit Angaben zum Durchsatz für ausgewählte Maschinen und Fahrzeuge vorgegeben werden. In unserem Beispiel gelten folgende Vorgaben:

- Der Gesamtdurchsatz der Mähdrescher beträgt 130 t/h<sub>T02</sub>.
- Die beiden Mähdrescher vom Typ A erreichen einen Durchsatz von 60 t/h<sub>T02</sub>.

Darauf aufbauend entsteht für die acht Glieder der Ernte- und Transportkette ein lineares Gleichungssystem, das in Tabelle 2 dargestellt ist. Die erste Spalte beinhaltet den Ergebnisvektor und die Nachfolgenden die Koeffizientenmatrix.

Die erste Zeile bestimmt, dass der Gesamtdurchsatz der Mähdrescher von Typ A und Typ B 130 t/h<sub>T02</sub> beträgt. In der zweiten Zeile kommt zum Ausdruck, dass der Gesamtdurchsatz der Mähdrescher mit dem der Umladewagen identisch ist. Die dritte Zeile der Tabelle 2 kennzeichnet das Verhältnis der Durchsätze von Umladewagen Typ A zu Typ B.

**Tabelle 2:** Ergebnisvektor und Koeffizientenmatrix für die mathematische Abbildung einer komplexen Transportkette in der Getreideernte

Summe	MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
130	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	-1	-1	0	0	0	0
0	0	0	16,24	-12,87	0	0	0	0
0	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1
60	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	40,81	-30,61	0	0
0	0	0	0	0	0	30,61	-28,11	0
0	0	0	0	0	0	0	28,11	-15,74

MD A: Mähdrescher Typ A, ULW A: Umladewagen Typ A, TE A: Transporteinheit vom Typ A

Der Ergebnisvektor kann mit Hilfe gebräuchlicher Schemata zur Lösung von linearen Gleichungssystemen bestimmt werden. Der sich ergebende Zeilenvektor enthält die durchschnittlichen Durchsätze der einzelnen Glieder der Transportkette. Setzt man diesen Durchsätzen die theoretisch möglichen Transportkapazitäten gegenüber, erhält man die Auslastung der eingesetzten Erntetechnik (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Berechnete Durchsätze, vorhandene Kapazitäten und Auslastungen der eingesetzten Erntemaschinen und Transportfahrzeuge (Variante 1)

Fahrzeug		MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
		Erntemaschinen		1. Transportstufe		2. Transportstufe			
Durchsatz	t/h <sub>T02</sub>	60	70	57,5	72,5	23,6	31,4	34,2	40,8
Kapazität	t/h <sub>T02</sub>	60	70	61,6	77,7	25,5	32,7	35,6	46,5
Auslastung	%	100%	100%	93%	93%	92%	96%	96%	88%

MD A: Mähdrescher Typ A, ULW A: Umladewagen Typ A, TE A: Transporteinheit vom Typ A

## 7 Durchsatz der Erntemaschinen und Transportfahrzeuge

Aus Tabelle 3 geht hervor, dass sich für die Mähdrescher eine Auslastung von 100% ergibt, da der im Gleichungssystem vorgegebene Durchsatz den Kapazitäten entspricht.

Beide Umladewagen sollen unabhängig voneinander mit gleicher Priorität arbeiten. Deshalb ergibt sich für beide eine Auslastung von 93%. Setzt man voraus, dass die zugrunde gelegten Rundenzeiten auch ungünstige Arbeitssituationen berücksichtigen, sind sowohl eine hohe Auslastung der Umladewagen als auch nur selten Standzeiten der Mähdrescher zu erwarten.

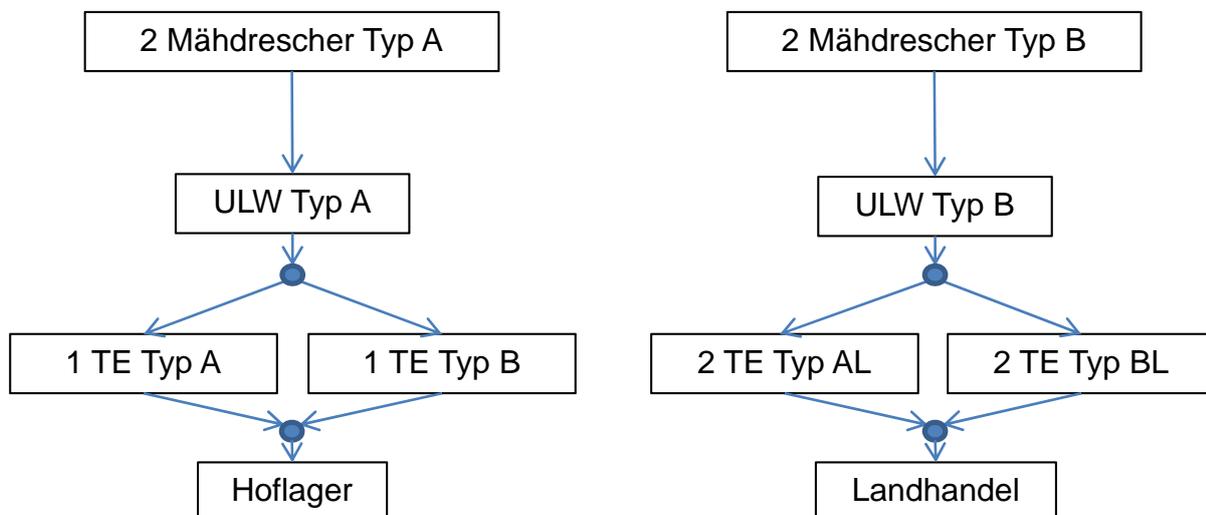
Uneinheitlicher fällt die Auslastung in der 2. Transportstufe (TE A ... TE D) aus. Sie liegt zwischen 88% und 96%. Die Hauptursache für die Differenzen liegt systembedingt in den unterschiedlichen Rundenzeiten. Von den jeweils zwei Transportfahrzeugen der Typen A bzw. B, die zum Händler fahren, ist alle 32 min bzw. 35 min eines wieder auf dem Feld zurück (Tabelle 1). Von der Fahrt zum hofeigenen Getreidelager ist alle 42 min bzw. 44 min ein Fahrzeug zurück. Diese unrhythmischen Ankunftszeiten lassen erwarten, dass die beiden Fahrzeuge mit einer Auslastung von 96% mehr oder weniger regelmäßig Standzeiten bei den Mähdreschern verursachen. So steigt bei einer Verspätung um 5 min (Verlängerung der Rundenzeit) die berechnete Auslastung auf 100%. Zusätzlich verschärfen ungleiche Lademassen und daraus resultierende Beladezeitunterschiede sowie zufällige Störungen auf der Fahrstrecke die Situation.

Würde man bei besten Erntebedingungen bzw. höchsten Durchsätzen ein weiteres Transportfahrzeug einsetzen, beispielsweise einen LKW (Transport zum Landhandel), reduziert sich in unserem Beispiel die Auslastung der zweiten Transportstufe deutlich auf Werte zwischen 76% bis 83%.

Die Liefermengen werden von der Leistungsfähigkeit der Transportfahrzeuge bestimmt. In unserem Beispielbetrieb ergibt sich eine Lieferquote von 55 t/h<sub>T02</sub> für das eigene Hoflager und 75 t/h<sub>T02</sub> zum Landhandel. Durch den Einsatz eines zusätzlichen LKW steigt die Liefermenge zum Landhandel weiter auf 82 t/h<sub>T02</sub>.

## 8 Alternative Erntekomplexe

Durch eine Änderung des Ergebnisvektors und der Koeffizientenmatrix lässt sich mit geringem Aufwand die Auslastung der Transportkette bei unabhängigem Einsatz der beiden Mähdreschertypen in separaten Beeten simulieren (Bild 5). Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.



ULW Typ A: ein Umladewagen vom Typ A, 2xTE Typ C: zwei Transportfahrzeuge vom Typ C

**Bild 5:** Beispiel für zwei separate Ernte- und Transportketten mit verschiedenen Mähdreschern, Umladewagen und Transportfahrzeugen (Variante 2)

In der Variante 2 (Tabelle 4) zeigt eine Auslastung (Überlastung) von 115%, dass der Umladewagen nicht in der Lage ist, 70 t/h<sub>T02</sub> zu transportieren. Bei den von ihm bedienten Mähdreschern vom Typ B entstehen zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten (Wartezeiten).

Die ins eigene Lager fahrenden Transportfahrzeuge sind ebenfalls überlastet und behindern zusätzlich die Mährescher vom Typ A. In diesem Teil der Transportkette kann durch ein weiteres Transportfahrzeug der Engpass beseitigt werden.

**Tabelle 4:** Berechnete Durchsätze, vorhandene Kapazitäten und Auslastungen der im Mährescherkomplex eingesetzten Erntemaschinen und Transportfahrzeuge (Variante 2)

		MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
Durchsatz	t/h <sub>T02</sub>	60,0	70,0	70,0	60,0	25,7	34,3	32,0	38,0
Kapazität	t/h <sub>T02</sub>	60	70	61,1	61,6	25,5	32,7	35,6	46,5
Auslastung	%	100%	100%	115%	97%	101%	105%	90%	82%

MD A: Mährescher Typ A, ULW A: Umladewagen Typ A, TE A: Transporteinheit vom Typ A

## 9 Zusammenfassung

Die Leistungsfähigkeit der Erntemaschinen nimmt stetig zu. Dieser Entwicklung muss der sich anschließende Transport gerecht werden. Vor allem in Spitzenzeiten werden in den landwirtschaftlichen Betrieben möglichst viele Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt. Das führt auf dem Feld zu einer Typenvielfalt, die gegenseitige Behinderungen und zusätzliche Wartezeiten verursacht.

Der Beitrag befasst sich mit einem Berechnungsverfahren auf der Basis linearer Gleichungssysteme, mit dessen Hilfe komplexe Ernteketten modelliert, systembedingt realisierbare Durchsätze sowie zugehörige kritische Transportpfade bestimmt und Überkapazitäten in der Transportkette erkannt werden können.

Bisherige Verfahren zur Berechnung landwirtschaftlicher Transportketten basieren zumeist auf einer ereignisorientierten Analyse der Ernte- und Transportvorgänge, die sehr aufwendig ist. Veränderungen an der Transportkette erfordern in der Regel eine umfangreichere Überarbeitung des Modells. Mit der vorgestellten Methode steht eine einfache, überschaubare, nachvollziehbare und schnelle Berechnungsmethode für Wissenschaft und Praxis zur Verfügung.

Die Beispielrechnungen zeigen, dass bei hoher Typenvielfalt innerhalb einer komplexen Transportkette systematisch verfahrensbedingte zyklische Verlustzeiten

unvermeidbar sind. Regelmäßige Wartezeiten der Transportfahrzeuge deuten nur innerhalb des kritischen Transportpfades auf eine vorhandene Überkapazität hin.

Vergleichsrechnungen ergeben, dass ein Einsatz von Mähdreschern unterschiedlicher Bauart in separaten Beeten nicht zu empfehlen ist. Wenn auch beim gemeinsamen Einsatz der Maschinen in einem Beet durch unterschiedliche Rundenzeiten der Transportfahrzeuge vermehrt Wartezeiten auftreten können, werden in der Regel die vorhandenen Transportkapazitäten insgesamt besser ausgenutzt.

## 10 Literaturangaben

- [1] • Sonnen, J.: Simulation von Ernteprozessketten für Siliergüter. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, 2006
- [2] • Kübler, S.: Simulation verfahrenstechnischer Prozesse im Feldbau. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2008
- [3] Bochtis, D.D., P. Dogoulis, P. Busato, C.G. Sørensen, R. Berruto, T. Gemtos: A flow-shop problem formulation of biomass handling operations scheduling. *Computers and Electronics in Agriculture* 91 (2013), S. 49–56
- [4] Jensen, M. F., D. Bochtis, C. G. Sørensen: Coverage planning for capacitated field operations, Part I: Task decomposition. *Biosystems Engineering*, Volume 139, 2015, S.149-164
- [5] • Hermann, A.: Modellierung verfahrenstechnischer Bewertungskriterien bei unterschiedlicher Verknüpfung von Ernte- und Transportarbeitsgängen. Habilitationsschrift, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1999
- [6] Heege, H. J.: Zur Frage der Arbeitsorganisation im Landbau - Fließverfahren oder absätziges Verfahren. *Grundlagen der Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 5, S. 157-162
- [7] Fleischer, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. *Deutsche Agrartechnik* 19 (1969) H. 1, S. 36-40
- [8] –,–: Kirchhoffsche Regeln. Wikipedia, [http://de.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffsche\\_Regeln](http://de.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffsche_Regeln), 16.12.2015.

# Können virtuelle Zäune Arbeitszeit einsparen?

Dr. C. Umstätter<sup>1</sup>, D. McSweeney<sup>2</sup>, C. Foley<sup>2</sup>, P. Halton<sup>3</sup>, Dipl.-Ing. sc. agr. K. Heitkämper<sup>1</sup>, Prof. Dr. habil. sc. agr. M. Schick<sup>1</sup> und Dr. B. O'Brien<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agroscope INH, CH-8356 Ettenhausen, Schweiz

<sup>2</sup>Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Teagasc, Moorepark, Fermoy, Ireland

<sup>3</sup>Paddy Halton, True North Technologies, Shannon, Ireland

## 1 Einleitung

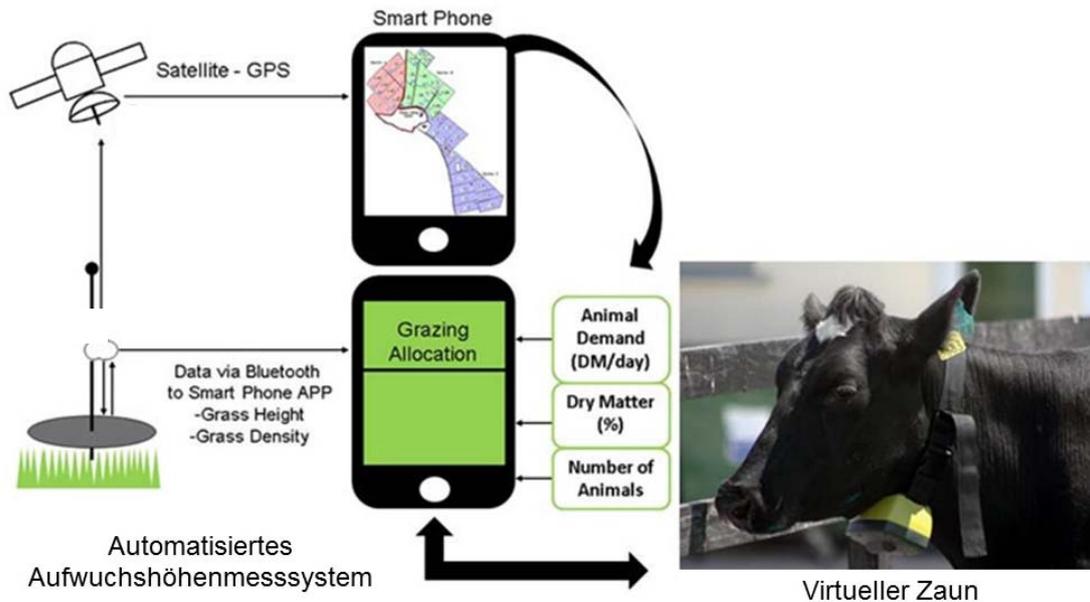
Ein gutes Weidemanagement spielt eine Schlüsselrolle für den wirtschaftlichen Erfolg von Grünlandsystemen. Jedoch sind die Faktoren Arbeit und Kosten für das Einzäunen essentiell, um die Profitabilität des Systems zu optimieren. Die Zuteilung der Weideportionen erfolgt häufig durch eine subjektive visuelle Beurteilung und intuitives Fällen von Entscheidungen. Darauf basiert das Aufstellen der Zäune, manchmal über erhebliche Distanzen. In dieser Studie wurde ein technologischer Ansatz entwickelt, der das Weidemanagement unterstützen und Arbeitszeit einsparen soll. Der Arbeitszeitbedarf für die Zuteilung von Portionsweiden wurde mit Hilfe des PROOF Modellkalkulationssystems untersucht.

## 2 Der virtuelle Zaun

Unser Ansatz eines virtuellen Zaunsystems besteht aus zwei Teilen, (a) ein automatisiertes Aufwuchshöhenmesssystem und (b) ein sog. virtueller Zaun (VZ; Bild 1). Der erste Teil, das automatische Aufwuchshöhenmesssystem, steht nicht im Fokus dieses Beitrages. Es spielt aber eine wichtige Rolle im Gesamtkonzept. In dem laufenden Projekt wird die Dichte und Höhe der Biomasse auf der Weide mit einem Aufwuchshöhenmesssystem gemessen. Diese Parameter werden zusammen mit den globalen Positionierungssystem (GPS) Koordinaten aufgezeichnet. Die Daten werden dann zu einem Smartphone gesendet, um die Weidezuteilung zu berechnen.

Virtuelle Zäune sollen den Aufenthaltsort von Nutztieren bestimmen und kontrollieren, ohne dass sichtbare physische Barrieren eingesetzt werden [1]. Der derzeitige entwickelte VZ-Prototyp besteht aus einem GPS, einem taktilen und auditiven Reizgeber, einer Radioantenne und einer Basisstation für die GPS Korrekturdaten [2].

Zusätzlich sind Beschleunigungssensoren in das Halsband integriert, um die Aktivität zu messen. Obwohl verschiedene technische Ansätze über die Jahre entwickelt und patentiert wurden [1], wurde bei der Entwicklung des vorliegenden Prototyps entschieden, dass der VZ auf der Basis eines GPS Tracking Systems funktionieren sollte, um die notwendige Flexibilität für die landwirtschaftliche Nutzung zu gewährleisten.



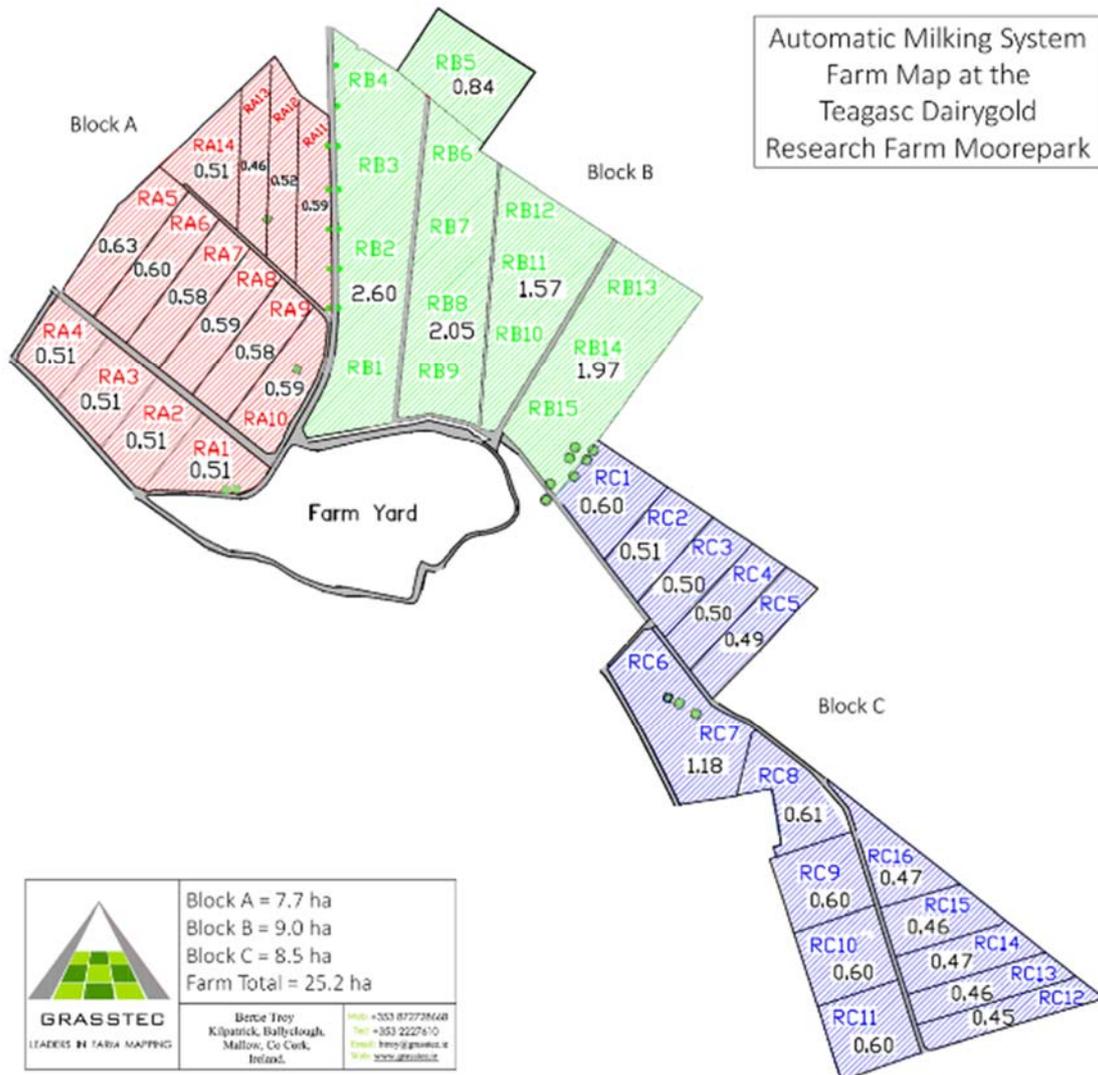
**Bild 1:** Konzept eines kybernetischen Weidemanagementsystems, bestehend aus einem virtuellen Zaun und einem automatischen Aufwuchshöhenmesssystem.

Da die zugewiesenen Weideportionen oft kleiner sind als 0,25 ha muss das GPS eine erhöhte Präzision aufweisen, um die Kühe in dem vorgesehenen Areal zu halten. Andernfalls würden die Randbereiche der Portionen nicht optimal beweidet werden können. Ein weiterer Vorteil einer präziseren Zaunlinie ist, dass die Signale für die Tiere genauer werden. Bei unpräziser Signalgebung kann es für die Tiere schwierig sein zu verstehen, wo die Zaunlinie genau verläuft und somit den Lernerfolg einschränken. Daher wurde für den Prototyp ein differentielles GPS ausgewählt, in Verbindung mit einer Basisstation.

Zukünftig ist es geplant, das automatische Aufwuchshöhenmesssystem mit dem VZ zu kombinieren. Die Weidezuweisung wird dann automatisch berechnet und könnte dann dem VZ-System kommuniziert werden, das den Tieren die Weidefläche zuweist.

### 3 Material und Methode für die Arbeitszeitstudie

Die Studie wurde auf dem Versuchsbetrieb von Teagasc Moorepark in Irland durchgeführt. Die Herde umfasste 70 Kühe, die von einem automatischen Melksystem (AMS; Merlin Fullwood, Ellesmere, UK) gemolken wurden. Ein 3-Wege Weidesystem (ABC System) wurde auf dem Betrieb genutzt. Dazu war der Melkroboter zentral innerhalb von drei Weideblöcken angeordnet (Bild 2).



**Bild 2:** Überblick über den Weidebereich, der für die AMS Herde genutzt wurde. Die Flächen sind in drei Weideblöcke eingeteilt. Das AMS war auf der Hofstelle (farm yard) platziert.

Jede Kuh weidete innerhalb einer 24 h Periode bis zu 8 Stunden in jedem der drei Weideblöcke. In jedem Weideblock wurde pro Tag jeweils eine neue Portion abgesteckt. Um von einem Weideblock zum nächsten zu gelangen, mussten die Kühe

durch den Vorwarte Hof des AMS gehen und hatten somit die Möglichkeit bis zu drei Mal am Tag gemolken zu werden. Die Präzision der Graszuteilung ist in einem solchen System entscheidend, um die Motivation der Kuh, zum Melken zu gehen, positiv zu beeinflussen. Um dies zu erreichen, müssen die Zäune innerhalb der drei Weideblöcke täglich versetzt werden. Der zu beweidende Bereich pro Block wurde so berechnet, dass die Tiere genug Futter erhielten, um die angestrebte Leistung zu erbringen, aber gleichzeitig nicht so viel Futter, dass sie nicht motiviert wären, den nächsten Weideblock spätestens nach 8 Stunden aufzusuchen.

Zunächst wurden Betriebsmitarbeiter nach dem Arbeitszeitaufwand hinsichtlich des Zäuneversetzens und der Aufwuchszuteilung befragt. Danach wurde ein Arbeitsablaufmodell für die Zuteilung der Portionsweide erstellt.

Auch die Einflussfaktoren, z.B. „Distanz von der Hofstelle (farm yard) zu den Weideflächen“ und „Breite der zugeteilten Weideportionen“, wurden erfasst, um den Arbeitszeitbedarf für die Portionszuteilungen zu modellieren (Tabelle 1). Es wurde angenommen, dass die Zaunlinie im Durchschnitt täglich um 25 m versetzt wird. Die Abstände zwischen den Zaunpfählen betragen 8 m. Die Weidesaison dauerte 10 Monate.

**Tabelle 1:** Die Haupteinflussfaktoren

Weideblock	Min. Distanz* zur Weide (m)	Max. Distanz* zur Weide (m)	Durchschnittliche Breite der Weideportion (m)
A	230	410	35
B	20	390	90
C	80	795	50

\*Distanz von der Hofstelle (farm yard) bis zur Weide

Um den Arbeitszeitbedarf zu ermitteln, wurde das tägliche Versetzen der Zäune für die Portionsweideneinteilung modelliert. Das PROOF Modellkalkulationssystem, basierend auf der Arbeitselementmethode nach REFA [3], wurde zur Modellierung genutzt [4]. Ein bestehendes PROOF-Modell für die Weidehaltung wurde an die Situation auf dem Versuchsbetrieb angepasst. Dazu wurde Modul 1 „Mobilzaun, Elektro“ des Kalkulationsmodells genutzt. Darüber hinaus wurden in der

Hauptvegetationsperiode im Mai 2015 drei Arbeitszeitmessungen auf dem Betrieb durchgeführt. Der Aufwuchs wurde mit einem Aufwuchshöhenmessgerät (Jenquip, Feilding, NZ) erhoben.

#### 4 Arbeitswirtschaftliche Ergebnisse

Die Befragung der Mitarbeiter zum Arbeitszeitaufwand für die Zuteilung der Weideportionen ergab, dass für eine Herde von 70 Milchkühen etwa 30 Minuten pro Tag und Weideblock aufgewendet werden. Dies würde sich bei einer 10-monatigen Weideperiode auf 458 AKh für alle drei Weideblöcke, bzw. 6,54 AKh je Kuh, aufsummieren.

Die durchgeführten Arbeitszeitmessungen haben einen durchschnittlichen Zeitbedarf von 19,25 min pro Block für die Wegstrecke Hofstelle zur Weide, die Aufwuchsmessung, die Berechnung der Weideportion und das Versetzen des Zaunes ergeben. Dabei ist die Person mit einer mittleren Geschwindigkeit von 5,8 km/h gelaufen. Bei der Messung des Aufwuchses lief die Person mit einer Geschwindigkeit von 4,3 km/h.

Für das Versetzen der Zäune zur Portionszuteilung wurde der Arbeitszeitbedarf modelliert und ergab 284 AKh pro Jahr (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für das Zäuneversetzen auf drei Weideblöcken pro Jahr.

Weideblock	Arbeitszeitbedarf (AKh/a)
A	81,9
B	92,3
C	110,2

Hinzugerechnet wird der Arbeitszeitbedarf für das Messen des Aufwuchses und die Berechnung der Weideportion, der für beide Verfahren zusammen 8,4 min pro Weideblock beträgt. Das ergibt einen Bedarf von 128 AKh pro Jahr für alle drei Weideblöcke.

Insgesamt wurde deshalb ein Arbeitszeitbedarf für das Zäuneversetzen zuzüglich der Messung des Aufwuchses von 412 AKh pro Jahr, bzw. 5,9 AKh je Kuh und Jahr,

ermittelt. Dies ergibt einen 10 % niedrigeren modellierten Arbeitszeitbedarf im Vergleich zum final ermittelten Arbeitszeitaufwand pro Jahr.

## 5 Diskussion

Die Studie hat gezeigt, dass diese Form der Portionsweide einen hohen Arbeitszeiteintrag erfordert. Da nur drei Messungen im selben Monat durchgeführt wurden, kann nicht abschließend beantwortet werden, ob die Messungen den jährlichen Arbeitszeitanfall korrekt abbilden und möglicherweise unterschätzen.

Die Modellierungen basieren auf einem Wert von 1,7 cmin pro m für das Arbeitselement (AE) „Gehen ohne Last“. Derselbe Wert wurde auch für das AE „Gehen und Messen des Aufwuchses“ verwendet. Die Arbeitskraft war mit einer Geschwindigkeit von 1,1 cmin pro m überdurchschnittlich schnell.

Um einen Überblick über die Wirtschaftlichkeit eines VZ-Systems zu bekommen, haben wir folgendes Rechenbeispiel durchgeführt:

Für die Handhabung und Wartung des VZ muss ebenfalls ein Arbeitszeitbedarf veranschlagt werden, deshalb nehmen wir eine hypothetische Arbeitszeiteinsparung von 70 % an. Mit einer Herdengröße von 70 Kühen und einem Stundenlohn von 17,5 Euro [5], würden 72,1 Euro pro Kuh pro Jahr eingespart werden können, die zur Amortisation des Systems zur Verfügung stünden.

Darüber hinaus hat das VZ-System das Potential, das Weidemanagement dahingehend zu verbessern, dass eine dynamische Bewirtschaftung der Weideflächen erfolgen kann. Die dynamische Bewirtschaftung beinhaltet die ständige und computer-gestützte Anpassung der Besatzdichte an das Futterangebot.

Mit diesem System könnte ein erstes wahres kybernetisches System im Sinne von Norbert Wiener's Definition der Kybernetik [6] entwickelt werden. Der große Vorteil wäre der geschlossene Rückkopplungsmechanismus, der eine Feintuning des Weidemanagements ermöglicht, d.h. die Messungen der Aufwuchshöhe und das Weideverhalten könnten kontinuierlich in das System einfließen und das Management steuern. Dazu ist auch vorstellbar, dass beispielsweise das RumiWatch System integriert wird, um das Weideverhalten besser abbilden zu können. Das RumiWatch

System basiert auf einem Nasenbanddrucksensor, um Daten über das Kau- und Wiederkauverhalten aufzuzeichnen [7]. Die Möglichkeit, das Wissen um die individuellen Bedürfnisse des Einzeltieres zu erhöhen und diese Information direkt wieder dem System zuzuführen, kann das Portionsweidemanagement optimieren und somit den Milchertrag erhöhen.

Als letzter Punkt soll erwähnt werden, dass bei intensiven Portionsweidesystemen für Milchvieh sowohl das Treiben als auch das Einzäunen zwei Arbeitsgänge sind, die einen hohen Arbeitszeitbedarf erfordern und damit zum hohen Arbeitszeitanfall eines landwirtschaftlichen Betriebs beitragen. VZ haben das Potential, Arbeitsgänge zu vereinfachen und zu reduzieren. Dies gilt sowohl für Betriebe mit konventioneller Melktechnik, als auch für Betriebe mit AMS. In AMS mit freiem Kuhverkehr könnte ein VZ dazu beitragen, dass die Kühe regelmässig den Roboter besuchen.

## **6 Schlussfolgerungen**

Erste Versuche mit dem Prototyp für einen virtuellen Zaun haben gezeigt, dass solch ein System funktionieren kann. Die Modellierung des Arbeitszeitbedarfs hat ergeben, dass 412 AKh pro Jahr für die 70-köpfige Milchviehherde benötigt werden. Ein VZ in Kombination mit einem automatisierten Aufwuchshöhenmesssystem könnte den teuren Arbeitszeitbedarf für die intensive Portionsweide signifikant verringern.

## 7 Literaturangaben

- [1] Umstätter, C.: The evolution of virtual fences: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 75 (2011), S. 10-22.
- [2] McSweeney, D.; Foley, C.; O'Brien, B.; Umstätter, C. and P. Halton: Novel concept to allow automation of grazing management within a dairy farm system. International Conference of Agricultural Engineering, 6.-10.07.2014 Zürich. In: *AgEng 2014. Zürich 2014, C0379*.
- [3] REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.: *Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 2 Datenermittlung*. München: Carl Hanser Verlag 1978.
- [4] Riegel, M. and M. Schick: The PROOF Model Calculation System Using the Example of Pig Husbandry. Increasing work efficiency in agriculture, horticulture and forestry XXXI CIOSTA CIGR V Congress, 19-21.09.2005 Hohenheim. In: *Proceedings XXXI CIOSTA-CIGR V. Hohenheim 2005*, S. 360-367.
- [5] Achilles, W.; Eckel, H.; Frisch, J.; S., F.; Funk, M.; Gaio, C.; Grimm, E.; Grube, J.; Hartmann, W.; Horlacher, D.; Klopfer, F.; Meyer, B.; Sand, I.; Sauer, N. und J.O. Schroers: *KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft, Auflage 22*. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. 2015.
- [6] Wiener, N.: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, Auflage 2*. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press 1961.
- [7] Zehner, N.; Nydegger, F.; Umstätter, C.; Beer, G.; Steiner, A. and M. Schick: RumiWatch - An automatic health monitoring system for dairy cows. *ETH Schriftenreihe zur Tierernährung* 37 (2014), S. 154-157.

# Administrative Vereinfachung in der Landwirtschaft - Was bedeutet das in Zeiteinheiten?

Dipl.-Ing. sc. agr. Katja Heitkämper, Andrea Wagner, Martin Schlatter, Dr. Christina Umstätter und Prof. Dr. habil. s c. agr. Matthias Schick  
Agroscope, Tänikon, 8357 Ettenhausen, Schweiz

## 1 Einleitung

Das Schlagwort „Überbordender Administrativer Aufwand“ ist in der Landwirtschaft verstärkt zu hören. Aufzeichnungspflichten haben amtlichen Charakter und sind für statistische Zwecke obligatorisch, andere sind Voraussetzung für die Auszahlung von staatlichen Geldern. Neben den eigenen Aufzeichnungen im Rahmen von Betriebsführungs- und Planungstätigkeiten ist der Landwirt heute verpflichtet, für unterschiedliche Zwecke Aufzeichnungen durchzuführen. In der Schweiz erfolgen die Aufzeichnungen über eine Vielzahl verschiedener Formulare (Allgemeine Angaben zu Strukturdaten, Flächenerhebung, Parzellenplan, Nährstoffbilanz, Schlagkartei/ Parzellenblatt, Fruchtfolgerapport, Tiererhebung/Tiermeldung, Begleitdokument, Auslaufjournal, Eutergesundheit, Inventarliste Tierarzneimittel, Behandlungsjournal und Reinigungsjournal). Neben der fristgerechten Erledigung muss Zeit für weitere, nicht produktionsbezogene Tätigkeiten wie beispielsweise das Antragswesen und Kontrollen aufgewendet werden. Zu weiteren Aufzeichnungen kann sich der Landwirt vertraglich verpflichten (z.B. Teilnahme an Label-Programmen). Arbeitswirtschaftliche Grundlagen zu Betriebsführungsarbeiten und Sonderarbeiten sind im Arbeitsprogramm 2004-2007 von Agroscope erarbeitet worden. Moritz [1] kommt aufgrund der Ergebnisse dieser Studie und im Rahmen eines KTBL-KU-Vorhabens zu dem Schluss, dass sich die Arbeitsaufgaben zunehmend von den Feld- und Stallarbeiten an den Schreibtisch verlagern.

Die Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft, d.h. die agrarpolitischen Maßnahmen, sind komplex und werden für wirtschaftliche, ökologische und soziale Ziele sowie für internationale Vereinbarungen regelmäßig angepasst oder neu ausgerichtet.

Kernelement der aktuellen Schweizerischen Agrarpolitik 2014-2017 (AP 14-17) ist das weiterentwickelte Direktzahlungssystem [2]. Neu wird nicht mehr nach allgemeinen und ökologischen Direktzahlungen unterschieden, sondern nach der Hauptzielsetzung des jeweiligen Direktzahlungsinstrumentes. Die Bezeichnung des entsprechenden Beitragstyps ändert sich und soll die Stoßrichtung der einzelnen Direktzahlungsinstrumente wiedergeben [3]. Diese Änderungen könnten den administrativen Aufwand des Landwirts erheblich beeinflussen.

Zur Analyse und Optimierung der administrativen Tätigkeiten in der Landwirtschaft wurden von Agroscope zwei Projekte durchgeführt:

- P1 „Erträgliche Aufzeichnungspflicht“ (2012) [4]
- P2 „Verringerung des administrativen Aufwands in der Landwirtschaft“ (2015).

Im Rahmen dieser Projekte wurde der Arbeitszeitbedarf für den administrativen Aufwand der Landwirte parametrisiert und modellhaft abgebildet. Ziel der Untersuchung war zum einen, den erforderlichen Gesamtarbeitszeitbedarf zu quantifizieren und das Einsparpotential bei der Erfüllung der Aufzeichnungspflichten zu evaluieren (P1). Zum anderen sollte analysiert werden, ob und wie sich der administrative Aufwand nach Inkrafttreten der aktuellen Periode der Agrarpolitik verändert hat (P2). Aus den Untersuchungsergebnissen und den Rückmeldungen aus der Praxis wurden Optimierungsansätze erarbeitet, um die zeitliche Arbeitsbelastung zu reduzieren.

## **2 Material und Methode**

### **2.1 Datenerhebung in der Praxis**

Zur Erhebung der aktuellen Situation aus Sicht der Landwirte sowie der Einflussgrößen für die Modellkalkulation wurden im Rahmen von P1 76 Schweizer Landwirtschaftsbetriebe mit unterschiedlichen Betriebszweigen besucht. Die Befragung umfasste Angaben zur Betriebsstruktur, sowie zu betrieblichen Aufzeichnungen, insbesondere im Hinblick auf den zeitlichen Aufwand. Es bestand zudem die Möglichkeit, Probleme, Bemerkungen und Verbesserungsvorschläge zu den Aufzeichnungspflichten und dem laufenden Programm der Schweizerischen Agrarpolitik anzugeben. Die Befragungen dienten der Ermittlung von Einflussgrößen, die zur Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs für die jeweiligen Aufzeichnungen

erforderlich sind. Weiterhin wurden die Betriebsleiter nach der eigenen Einschätzung des Zeitaufwands für die jeweiligen Aufzeichnungen befragt. Abschließend wurde in den Interviews eine Bewertung der Aufzeichnungspflichten aus Sicht der Praxis aufgenommen.

Im ersten Befragungsabschnitt wurden 26 rinderhaltende Betriebe in den Kantonen Thurgau (9), St. Gallen (6), Zürich (4), Schaffhausen (2), Luzern (2), Graubünden (2) und Aargau (1) befragt. Die Betriebe verfügten über unterschiedliche Betriebszweige (Ackerbau, Gemüsebau, Obstbau, Milchwirtschaft, Mutterkuhhaltung, Legehennen, Mastpoulets, Schweinezucht, Schweinemast, Direktverkauf und die Haltung von Ziegen und Schafen), unterschiedlichen Flächenumfang (von 3 ha bis über 60 ha) und sind in unterschiedlichen Zonen gelegen. Im zweiten Befragungsabschnitt lag der Schwerpunkt auf schweinehaltenden Betrieben. Hierzu wurden insgesamt 50 Betriebe in den Kantonen St. Gallen und Luzern befragt.

Im Rahmen von P2 wurden die Befragungen wiederholt. Der Fragebogen aus P1 wurde übernommen. Die jeweilige Anschrift und die allgemeinen Betriebsdaten wurden gemäß den damaligen Angaben vorab eingetragen. Die Bezeichnungen im Zusammenhang mit den Direktzahlungen wurden gemäß der laufenden AP 14-17 aktualisiert. Die Befragungen in P2 erfolgten schriftlich. Zunächst wurden alle 76 Betriebe aus P1 telefonisch kontaktiert, im Falle einer Zusage wurde der Fragebogen per Post versandt. Fünf Betriebsleiter wurden in Pilotinterviews persönlich befragt. Von den 26 rinderhaltenden Betrieben hatten zwei kein Interesse an einer weiteren Teilnahme, drei Betriebsleiter haben den Fragebogen nicht retourniert, ein Betrieb schied aus anderen Gründen aus. Von den 50 schweinehaltenden Betrieben hatten zwei kein Interesse, ein Betrieb schied aus anderen Gründen aus, 21 Fragebögen wurden nicht zurückgesandt. Für die Auswertung des Arbeitszeitaufwands und der Bewertung der Aufzeichnungspflicht lagen 49 ausgefüllte Fragebögen (23 rinderhaltende Betriebe und 26 schweinehaltende Betriebe) vor. Für den Vergleich der Angaben zwischen P1 (2012) und P2 (2015) konnten 41 Fragebögen verwendet werden (15 rinderhaltende Betriebe und 26 schweinehaltende Betriebe). Die allgemeinen Betriebsdaten dieser Betriebe sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

**Tabelle 1:** Allgemeine Betriebsdaten Schwerpunkt Rinderhaltung (n = 15)

LN <sup>1)</sup> [ha]	<10	10-20	21-30	31-50	>50							
Anzahl Betriebe [n]	2	1	3	8	1							
Kühe [n]	<10	10-20	21-30	31-50	>50							
Anzahl Betriebe [n]	3	2	2	6	2							
Regionen	Berg			Hügel		Tal						
Anzahl Betriebe [n]	2			1		12						
Betriebszweige <sup>2)</sup>	AB	MW	MK	SZ	SM	MG	ZS	OB	GE	WB	PP	DV
Anzahl Betriebe [n]	10	7	4	1	1	1	1	7	4	1	1	2

<sup>1)</sup> LN=landwirtschaftliche Nutzfläche

<sup>2)</sup> AB=Ackerbau; DV=Direktverkauf, GE=Gemüse, LH=Legehennen, MG=Mastgeflügel, MK=Mutterkühe, MW=Milchwirtschaft, OB=Obstbau, PP=Pensionspferde, SM=Schweinemast, SZ=Schweinezucht, WB=Weinbau, ZS=Ziegen, Schafe

**Tabelle 2:** Allgemeine Betriebsdaten Schwerpunkt Schweinehaltung (n = 26)

LN <sup>1)</sup> [ha]	<10	11-20	21-30	31-50	>50							
Anzahl Betriebe [n]	6	11	9	0	0							
<b>Mastplätze [n]</b>	<50	51-100	101-150	151-200	>200							
Anzahl Betriebe [n]	3	3	9	2	0							
<b>Zuchtsauen [n]</b>	<10	11-20	21-30	31-40	>40							
Anzahl Betriebe [n]	6	3	2	0	0							
Regionen	Berg			Hügel		Tal						
Anzahl Betriebe [n]	12			5		9						
Betriebszweige <sup>2)</sup>	AB	MW	MK	SZ	SM	MG	ZS	OB	GE	WB	PP	DV
Anzahl Betriebe [n]	8	20	3	13	16	0	1	18	0	0	0	1

<sup>1)</sup> LN=landwirtschaftliche Nutzfläche

<sup>2)</sup> AB=Ackerbau; DV=Direktverkauf, GE=Gemüse, LH=Legehennen, MG=Mastgeflügel, MK=Mutterkühe, MW=Milchwirtschaft, OB=Obstbau, PP=Pensionspferde, SM=Schweinemast, SZ=Schweinezucht, WB=Weinbau, ZS=Ziegen, Schafe

## 2.2 Modellkalkulation

Die Ermittlung des Gesamtarbeitszeitbedarfs zur Erfüllung der Aufzeichnungspflichten erfolgte über das Modellkalkulationssystem OFFWO. Dieses modular aufgebaute System auf der Basis einer Tabellenkalkulationssoftware wurde nach der kausal-empirischen Methode erstellt [5, 6]. Das Kalkulationssystem diente der Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für Betriebsführungsarbeiten und demzufolge auch für die Durchführung von Aufzeichnungstätigkeiten. Zur Kalkulation des Zeitbedarfs für

diesen Arbeitsvorgang wurden in Arbeitsablaufmodellen die Planzeiten der jeweiligen Arbeitselemente zur Durchführung der Aufzeichnungstätigkeiten (Computer starten, Datei öffnen, Dateneingabe, Datei speichern und schließen, eine zweistellige Zahl von Hand schreiben usw.) mit den zugehörigen, den Umfang bestimmenden Einflussgrößen (z.B. Anzahl der abgefragten Daten) verknüpft.

Als Grundlage zur Berechnung des Zeitbedarfs wurde zunächst eine Erhebung aller seitens des Gesetzgebers geforderten Aufzeichnungen durchgeführt. Die verschiedenen Aufzeichnungen erfolgten über Formulare, die handschriftlich oder am PC ausgefüllt werden konnten. Zur arbeitswirtschaftlichen Analyse wurden diese Formulare hinsichtlich der geforderten Informationen erfasst. Es erfolgte ein Abgleich mit den in OFFWO berücksichtigten Aufzeichnungspflichten und Einflussgrößen zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs.

### **3 Ausgewählte Ergebnisse**

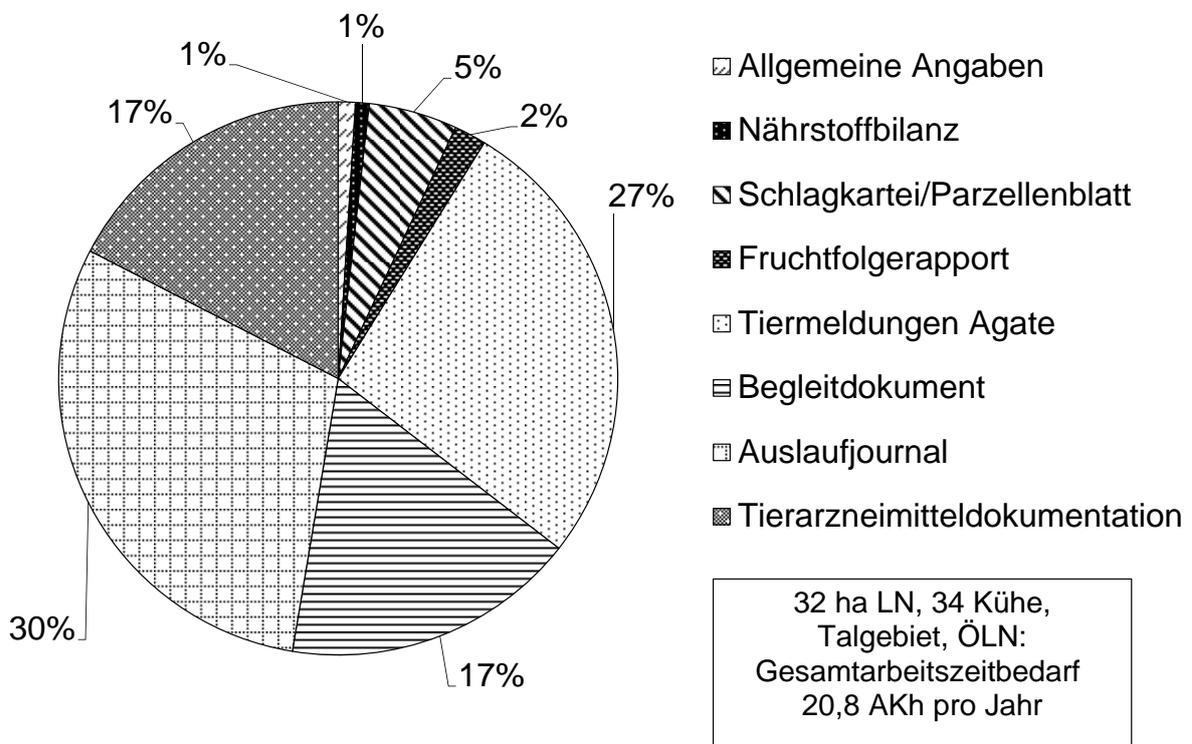
#### **3.1 Arbeitszeitaufwand für Aufzeichnungstätigkeiten - Vergleich 2012 und 2015**

Die Landwirte gaben im Fragebogen die Aufzeichnungsart, die Häufigkeit der Aufzeichnungen und den geschätzten Zeitaufwand für das Ausfüllen der jeweils erforderlichen Formulare an. Die auf den Untersuchungsbetrieben durchgeführten Aufzeichnungen hängen von den jeweiligen Betriebszweigen ab. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über den geschätzten Arbeitszeitaufwand der Landwirte in 2012 und 2015. Der Vergleich zeigt, dass die Landwirte (Schwerpunkt Rinderhaltung) ihren Arbeitszeitaufwand für alle ausgewählten Aufzeichnungspflichten in 2015 höher einschätzen als in 2012. Bei der Nährstoffbilanz steigt der geschätzte Arbeitszeitbedarf um 38 %, bei den Aufzeichnungen zur Eutergesundheit um 488 %. Bei der Betrachtung der einzelnen Aufzeichnungspflichten zeigt sich keine klare Tendenz. Bei der Nährstoffbilanz beispielsweise schätzen sechs Landwirte ihren Arbeitszeitaufwand in 2015 höher ein, zwei geben für beide Jahre denselben Wert an und ein Landwirt schätzt seinen Arbeitszeitaufwand niedriger ein als in 2012. Ähnlich ist es bei allen übrigen Aufzeichnungspflichten.

**Tabelle 3:** Durchschnittlicher Arbeitszeitaufwand in AKmin/Jahr (in Klammern Min./Max.) für verschiedene Aufzeichnungspflichten am Beispiel der Betriebe mit Schwerpunkt Rinderhaltung

Aufzeichnungspflichten	2012		2015	
	Anzahl Betriebe [n]	Arbeitszeit-aufwand <sup>1</sup> [AKmin/Jahr]	Anzahl Betriebe [n]	Arbeitszeit-aufwand <sup>1</sup> [AKmin/Jahr]
Allgemeine Angaben	12	58 (5/240)	9	83 (5/260)
Nährstoffbilanz	10	159 (10/780)	11	220 (30/600)
Schlagkartei/Parzellenblatt	10	977 (15/5475)	9	1504 (180/3650)
Fruchtfolgerapport	8	95 (15/270)	7	343 (5/1560)
Tiererhebung, Tierverkehr	11	912 (156/3120)	10	2035 (255/6240)
Begleitdokument	11	340 (40/1040)	10	1807 (312/10'950)
Auslaufjournal	9	373 (26/1825)	8	1576 (120/5475)
Eutergesundheit	6	150 (60/360)	4	882 (48/3120)
Inventarliste Tierarzneimittel	10	190 (10/780)	8	426 (60/1040)

<sup>1)</sup> Arithmetisches Mittel (Min./Max.)



**Bild 1:** Relative Verteilung des modellierten Arbeitszeitbedarfs für Aufzeichnungstätigkeiten eines Beispielbetriebs, in Klammern: Arbeitszeitbedarf in [AKh/Jahr], verändert nach [4].

Dem gegenüber steht die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs mit dem Modellkalkulationssystem OFFWO. Bild 2 zeigt den modellierten Arbeitszeitbedarf für einen Beispielbetrieb. Der Arbeitszeitbedarf für die Nährstoffbilanz wurde in diesem Beispiel extern für den Betrieb berechnet und ist deshalb mit 12,5 AKmin für die Auftragserteilung sehr niedrig. Bei der Befragung in P1 gaben viele Landwirte an, die Nährstoffbilanz nicht selbst zu berechnen.

### **3.2 Bewertung des administrativen Aufwands aus Sicht der Praxis**

Die Landwirte hatten im Fragebogen die Möglichkeit, sich allgemein zu Problemen und Besonderheiten zu äußern. Viele Teilnehmer machten davon Gebrauch. Die Rückmeldungen der 15 ausgewerteten Betriebe aus der Gruppe mit Schwerpunkt Rinderhaltung wurden qualitativ analysiert und kategorisiert. Die Anzahl der jeweiligen Nennungen ist in Klammern angegeben. Die häufigsten Nennungen (4) betrafen die agrarpolitischen Maßnahmen im Allgemeinen. Das neue Direktzahlungssystem der AP 14-17 biete zu viele Möglichkeiten und werde dadurch unübersichtlich. Der administrative Aufwand für die Landwirte sei durch die Einführung dieses Systems nicht weniger geworden (2). Einige Aufzeichnungen (z.B. Behandlungsjournal, Reinigungsjournal, Auslaufjournal) sind nach Meinung der Landwirte sinnlos. Gleiches gilt für bestimmte Fördermaßnahmen (z.B. Landschaftsqualitätsbeiträge). Diese sollten abgeschafft oder zumindest vereinfacht werden (3). Durch die vom Bund vorgegebene Stoßrichtung zur Förderung besonders naturnaher, umwelt- und tierfreundlicher Produktionsformen werde die produzierende Landwirtschaft eingeschränkt (2). Obwohl die Einführung eines Internetportals für Agrardatenerhebungen (Agate) in 2012 eine Erleichterung bei der Datenerfassung gebracht habe (1), ist die Handhabung eines elektronischen Systems für einige Landwirte schwierig (2) oder aus infrastrukturellen Gründen (z.B. durch schlechte Netzabdeckung) mühsam (1). Dass es trotz den heutigen elektronischen Hilfsmitteln in vielen Fällen zu Redundanzen bei Aufzeichnungen und Kontrollen kommt, insbesondere bei der Teilnahme an privaten Labeln, stößt bei einigen Landwirten auf Unverständnis (2).

### **3.3 Optimierungsansätze**

Aus den Untersuchungsergebnissen und den Rückmeldungen aus der Praxis wurden Optimierungsansätze erarbeitet, um die zeitliche Arbeitsbelastung zu reduzieren.

#### *Optimierungsansatz 1: Expertensystem-App*

Die Entwicklung einer App mit modularem Aufbau soll die Verknüpfung verschiedener Informationstools in einer Anwendung (z.B. Formularfinder, Arbeitsvoranschlag, Vollkostenkalkulationsprogramme) ermöglichen. Mittels geeigneter Schnittstellen könnte auf bestehende Datenbanken (z.B. das Agrarinformationssystem des Bundes AGIS) zugegriffen werden. Durch ein responsives Webdesign könnte die App auf verschiedensten Endgeräten genutzt werden (z.B. Laptop, Tablet, Smartphone). Beispielsweise könnte ein Modul zur Organisation des Formularwesens aufgrund der Betriebsstrukturdaten aus einer bestehenden Datenbank oder mittels manueller Eingabe eine betriebsspezifische Liste aller notwendigen Formulare und Dokumente für gesetzliche Aufzeichnungs- und Antragspflichten betriebsindividuell zusammenstellen. Die aktuellen Formulare sollten über Hyperlinks hinterlegt sein. Die Termine und Fristen könnten direkt in den Kalender übertragen werden.

#### *Optimierungsansatz 2: Ausbildung/Beratung*

Zukünftig sollten administrative Themen als fester Bestandteil in den Ausbildungsplan integriert werden, möglichst in allen Stufen der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung (Fachschule, Meisterkurse, Fachhochschule, etc.). Dazu gehören neben dem Arbeitsvoranschlag auch Module wie Büroorganisation und Verordnungs- und Antragswesen.

#### *Optimierungsansatz 3: Bonus- oder Belohnungssystem*

Nach der Durchführung einer Eingangskontrolle wird eine Einstufung des Betriebes mittels Indizes vorgenommen. Bei Erreichen eines zu definierenden Index entfallen Kontrollen oder werden Kontrollen in größerem zeitl. Abstand durchgeführt. Ein Betrieb beispielsweise, der einen neuen Stall baut, muss zuvor zahlreiche Anforderungen erfüllen und Nachweise erbringen. Ist das Bauvorhaben bewilligt worden, sollten die Kontrollen über einen gewissen Zeitraum ausgesetzt werden.

## **4 Diskussion und Schlussfolgerungen**

Die Angaben der Landwirte zum geschätzten Arbeitszeitaufwand für die einzelnen betrieblichen Aufzeichnungen weichen deutlich voneinander ab und lassen kaum Rückschlüsse auf die tatsächlich benötigte Arbeitszeit zu. Die zahlreichen persönlichen

Kommentare können als Indikator dafür gesehen werden, dass das Thema Administrativer Aufwand für die Landwirte einen hohen Stellenwert hat und bei vielen der Wunsch besteht, den Aufwand zu verringern.

Die Durchführung der einzelnen Aufzeichnungspflichten wird individuell sehr unterschiedlich erledigt. Auch die Büroorganisation spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle. Allein das Starten des PCs erfordert gemäß Kalkulation in OFFWO 1,4 min/d resp. 8,5 h/Jahr bei täglicher Nutzung. Die Aufnahme von Modulen zur Büroorganisation in die Aus- und Weiterbildung kann helfen, den Zeitaufwand für das Finden, Zusammenstellen und Ausfüllen von erforderlichen Formularen und Dokumenten zu reduzieren. Mit einer App, die die betriebsspezifisch benötigten Formulare zusammenstellt, erhält der Landwirt zusätzlich die Sicherheit, nichts vergessen zu haben.

Auch im Hinblick auf die Verständlichkeit von Fördermaßnahmen sind die Verantwortlichen für Ausbildung und Beratung gefordert, um die Akzeptanz in der Branche zu steigern. Viele Landwirte fühlen sich durch die Unmenge an Regelungen und Kontrollen in ihrem Unternehmertum beschränkt. Hier können Belohnungssysteme zusätzlich zur Akzeptanz beitragen. Sie sind besser geeignet zur Steigerung der Motivation als Sanktionen. Die Kompetenz des Landwirts als Unternehmer wird honoriert.

Die Verknüpfung bestehender Datenbanken würde die von vielen Landwirten beanstandeten Doppelspurigkeiten bei den Aufzeichnungspflichten verringern. Wie bereits erwähnt kostet jedes Öffnen eines Dokuments Zeit. Ein Ziel bei der Verringerung des administrativen Aufwands muss der Abbau von Formularen und Kontrollen sein. Das bloße Abändern bringt unter Umständen keine Zeitersparnis. Zudem ermöglicht eine Online-Datenbank dem Anwender jederzeit den Zugriff auf aktuelle Daten.

## 5 Literaturangaben

- [1] Moriz, C.: Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, ART-Schriftenreihe 6, 2007, 174 S.
- [2] Agridea, Landwirtschaftliche Beratungszentrale: Focus AP-PA, Übersicht Agrarpolitik 2014-2017, <http://www.focus-ap-pa.ch/de-de/übersicht.aspx> 12.01.2016
- [3] Bundesamt für Landwirtschaft (BLW): Bundesrat setzt Agrarpolitik 2014-2017 um, Pressemitteilung vom 23.10.2013, <http://www.blw.admin.ch/themen/00006/index.html?lang=de> 24.11.2015
- [4] Wagner, A.: Erträgliche Aufzeichnungspflicht. Interner Verwaltungsbericht, 2013, unveröffentlicht.
- [5] Moriz, C.: Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft. Ein kausal-empirischer Ansatz für die Arbeitszeitermittlung in der Milchproduktion, Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Nr. 17124, 2007.
- [6] Moriz, C. und M. Schick: Betriebsführung und Arbeitsorganisation, ART-Bericht 673, Hrsg. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, 2007.

# **Einführung eines Mindestlohns in Deutschland: Auswirkungen auf saisonale Arbeitskräfte in Landwirtschaft und Gartenbau**

Prof. Dr. Vera Bitsch und Dipl.-Ing. agr. Stefan Mair  
Lehrstuhl für Ökonomik des Gartenbaus und Landschaftsbaus der Technischen  
Universität München, Freising

## **1 Einleitung**

Mit der Verabschiedung des Gesetzes zur Regelung eines allgemeinen Mindestlohns (Mindestlohngesetz – MiLoG) wird für die Bundesrepublik Deutschland erstmals im 21. Jahrhundert eine kleinste rechtlich zulässige Arbeitsvergütung eingeführt. Während allgemein zum 1.01.2015 die Höhe des Mindestlohns mit 8,50 Euro je Zeitstunde festgelegt wurde, gilt für die Landwirtschaft eine Übergangsregelung. Die Übergangsregelung entspricht dem Tarifvertrag der Industriegewerkschaft Bauern-Agrar-Umwelt (IG BAU) mit dem Gesamtverband der deutschen land- und forstwirtschaftlichen Arbeitgeberverbände e.V. (GFLA) und der Arbeitsgemeinschaft der gärtnerischen Arbeitgeberverbände e.V. vom 29.08.2014. Im Jahr, in dem die Forschung durchgeführt wurde, 2015, betrug der tarifvertraglich festgelegte Mindestlohn 7,40 Euro in Westdeutschland und 7,20 Euro in Ostdeutschland. Die jährlichen Steigerungsraten sind ebenfalls im Tarifvertrag festgelegt. Zum 1.01.2017 wird deutschlandweit in der Landwirtschaft ein einheitlicher Mindestlohn von 8,60 Euro gelten. Der letzte Schritt im Tarifvertrag vor dem Erreichen des dann geltenden gesetzlichen Mindestlohns zum 1.01.2018 sieht eine Erhöhung auf 9,10 Euro am 1.11.2017 vor.

Die folgenden Ausführungen beleuchten die Auswirkungen des MiLoG auf die saisonale Arbeit in der Landwirtschaft insbesondere im Hinblick auf die Produktion von Gemüse und Obst. Nach Ansicht von Experten erfüllten die landwirtschaftlichen Löhne im Großen und Ganzen bereits vor der Einführung des Mindestlohns die aktuell geltenden Regeln. Eine wesentliche Ausnahme hiervon sind die in der Ernte eingesetzten Arbeitskräfte. Bei der Mehrzahl dieser Arbeitskräfte handelt es sich um Arbeitsmigranten aus Osteuropa, die sich nur für die Erntezeit in Deutschland

aufhalten. Diese Arbeitsmigranten stammen zum größten Teil aus Polen, aber auch aus Bulgarien und Rumänien [1]. Da auch vor Inkrafttreten des Mindestlohns keine Knappheit an Erntearbeitskräften zu verzeichnen war, ist davon auszugehen, dass das Lohnniveau bereits vorher ausreichend war, um die Arbeitsmigration nach Deutschland für die Dauer der Erntezeit zu gewährleisten.

Eine Beurteilung des MiLoG aus ökonomischer Sicht lässt demnach vor allem eine Reduktion des Angebots von Arbeitsplätzen im Bereich der untersten Lohngruppen erwarten [2]. Folglich wäre in der Landwirtschaft im Bereich der Saisonarbeit eine sinkende Anzahl von Arbeitsplätzen zu erwarten. Eine weitere ökonomische Prognose im Vorfeld der Einführung des Mindestlohns war eine Abnahme der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Produktion im Vergleich zu Osteuropa und im Vergleich zu südeuropäischen Ländern mit geringeren Löhnen. Weiterhin konkurriert die deutsche Produktion, beispielsweise von Einlegegurken, auf einem internationalen Markt, so dass ein Verlust von Marktanteilen erwartet wird.

Das Ziel dieser Ausführungen ist es, die Erfahrungen in der Landwirtschaft im ersten Jahr des MiLoG auszuwerten. Da die größten Auswirkungen im Bereich der Saisonarbeit erwartet wurden, lag hier der Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchungen. Zum einen sollte die Arbeitszufriedenheit und die Migrationsmotivation von saisonalen Arbeitskräften im Zusammenhang mit dem Mindestlohn untersucht werden [3]. Zum anderen sollte die Wahrnehmung von landwirtschaftlichen Arbeitgebern und Experten zur Umsetzung des MiLoG und zu den Anpassungen der Branche an die neue Situation untersucht werden [4].

## **2 Methoden**

Um die Erfahrungen der Landwirtschaft mit dem Mindestlohn zu analysieren, wurden Arbeitnehmer, Arbeitgeber und Experten mit Hilfe von Interviewleitfäden befragt. Für Juli und August 2015 war die erste Interviewrunde mit Saisonarbeitskräften aus Polen geplant. Im Anschluss sollten dann Arbeitgeber und Experten befragt werden. Als Problem stellte sich die Rekrutierung von Arbeitgebern heraus, die bereit waren selbst an der Studie teilzunehmen oder ihre Einwilligung zu geben, damit ihre Arbeitskräfte kontaktiert werden konnten bzw. an der Studie teilnehmen konnten. Von 65 direkten

Anfragen gaben nur drei Arbeitgeber ihre Einwilligung dazu, ihre Saisonarbeitskräfte befragen zu lassen. Ein weiteres Interview kam durch die Empfehlung eines dieser Erstkontakte zustande, so dass mit Saisonarbeitskräften aus insgesamt vier Betrieben gesprochen werden konnte. Da jährlich bis zu 200.000 polnische Arbeitskräfte saisonal in der Landwirtschaft tätig sind, kann vermutet werden, dass die Anzahl der in Frage kommenden Betriebe genügend groß ist. Ähnlich schwierig gestaltete sich die Rekrutierung für die Arbeitgeberinterviews. Hier waren fast 90 Emailanfragen und 30 Anrufe nötig, um sechs Teilnehmer zu gewinnen. Auskunftsfreudiger gaben sich die Experten; für vier Experteninterviews wurden zwölf Experten kontaktiert.

Der Interviewleitfaden für die Saisonarbeitskräfte enthielt Fragen zu verschiedenen Bereichen der Arbeitszufriedenheit, einschließlich Entlohnung, Arbeitszeit und Arbeitszeitverteilung, Unterkunft, Kollegen und Arbeitgeber sowie zur Verständigung mit dem Arbeitgeber. Weitere Fragen betrafen die Gründe für die Saisonarbeit, künftige Migrationsabsichten, den Kontakt mit der zurückgebliebenen Familie und die Integration in Deutschland während des Aufenthalts. Ferner wurden die Kenntnisse der Arbeitskräfte über das MiLoG und die Höhe des Mindestlohns erfragt.

Der Interviewleitfaden für die Arbeitgeber und die Experten richtete sich auf die Auswirkungen des MiLoG auf die Branche und deren Arbeitsmarkt, insbesondere die Beschäftigung von Saisonarbeitskräften, die künftige Lohnentwicklung und betriebliche Möglichkeiten zur Kompensation. Im Hinblick auf kompensierende Maßnahmen wurden Lohnabzüge für Leistungen der Betriebe für die Arbeitskräfte, zunehmende Mechanisierung und Verlagerung der Produktion ins Ausland direkt angesprochen.

Insgesamt wurden fünf Interviews mit Arbeitskräften durchgeführt, an denen zehn Saisonarbeitskräfte beteiligt waren. Drei dieser Interviews waren Einzelinterviews, an einem weiteren Interview nahmen drei zusätzliche Saisonarbeitskräfte teil, die zuhörten und Kommentare einwarfen. Am fünften Interview nahmen zwei zusätzliche Saisonarbeitskräfte teil, die ebenfalls einige Fragen beantworteten sowie Zustimmung oder Ablehnung zu den Aussagen der Hauptinterviewperson äußerten. Mit der Ausnahme eines Gesprächs, das während der Fahrt vom Hof zum Feld stattfand, wurden die Interviews mit den Arbeitskräften in deren Unterkünften durchgeführt,

wodurch eine offene, vertrauensvolle Atmosphäre herrschte. Die Interviews mit den Arbeitskräften wurden auf Polnisch durchgeführt, Experten und Arbeitgeber wurden auf Deutsch befragt. Zwei der Arbeitgeberinterviews wurden persönlich durchgeführt, vier per Telefon; ein Experteninterview wurde persönlich durchgeführt, drei per Telefon. Generell wurden die Interviewfragen offen gehalten und Themen und Hinweise der Interviewten aufgenommen, um auch unerwarteten Punkten nachgehen zu können. Alle Interviews wurden aufgezeichnet und im Anschluss verschriftet. Im Falle der Arbeitskräfte wurde während der Verschriftung eine Übersetzung ins Deutsche vorgenommen. Die Auswertung aller Interviews erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse.

### **3 Ergebnisse und Diskussion**

Wie erwartet sind mit der Lohnerhöhung für Saisonarbeitskräfte tatsächlich Befürchtungen im Hinblick auf erzwungene Veränderungen der Arbeitsorganisation, die Arbeitszufriedenheit der Saisonarbeitskräfte selbst und die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Produktion verbunden. Über den direkten Entlohnungseffekt hinaus werden von den mit dem MiLoG verbundenen Dokumentationspflichten erhebliche Auswirkungen erwartet. Sowohl Arbeitgeber als auch Experten gehen davon aus, dass die Dokumentationspflicht im MiLoG merklichen finanziellen Aufwand verursachen wird, der insbesondere für kleinere Betriebe zu überproportionalen Kostensteigerungen führt. Zusätzlich wird durch die Dokumentation zum MiLoG, die Kontrolle und Umsetzung des Arbeitszeitgesetzes (ArbZG) ermöglicht. Das ArbZG war bereits zum 1.07.1994 in Kraft getreten, seine Umsetzung im Bereich der Saisonarbeitskräfte wurde jedoch kaum durchgesetzt und das ArbZG somit anscheinend von Arbeitskräften und Arbeitgebern im Hinblick auf saisonale Arbeit einvernehmlich ignoriert. Daher konnten Saisonarbeitskräfte während ihres Aufenthalts in Deutschland eine hohe Stundenzahl und in ihrer Gesamtentlohnung eine beachtliche Höhe erreichen.

Ein weiterer Nebeneffekt des MiLoG geht von den Regelungen zu seiner Fälligkeit aus. Darin ist festgelegt, dass der Mindestlohn spätestens am letzten Bankarbeitstag des auf die Arbeitsleistung folgenden Monats zu zahlen ist (MiLoG §2, Absatz 1). Da zahlreiche Saisonarbeitskräfte über kein Bankkonto in Deutschland verfügen, erfolgt

die Entlohnung in der Regel in bar. Eine sichere Aufbewahrung des Bargeldes dürfte in den Unterkünften der Saisonarbeitskräfte problematisch werden.

Sowohl die befragten Experten als auch die Arbeitgeber erwarten aufgrund der gestiegenen Kosten wegen der Lohnsteigerung für die Saisonarbeitskräfte in den kommenden Jahren und der zusätzlichen Kosten für die Dokumentation die folgenden Auswirkungen in Bereichen der Landwirtschaft mit hohem Anteil an Saisonarbeit, wie bei der Produktion von Obst und Gemüse. Zum ersten wird eine Beschleunigung des Strukturwandels erwartet. Infolgedessen werden weniger Betriebe eine in Summe etwa gleichbleibende Fläche bewirtschaften, was zu steigenden Betriebsgrößen und entsprechenden Größenvorteilen führen wird. Die verbleibenden Betriebe werden daher im Durchschnitt produktiver sein und können damit wahrscheinlich weiterhin in der Gewinnzone wirtschaften. Zum zweiten wird erwartet, dass Teile der Produktion in Nachbarländer und Drittländer mit geringerem Lohnniveau verlegt werden. Zum dritten werden die steigenden Arbeitskosten die Nachfrage nach Maschinen und Automatisierungstechnologie erhöhen. Diese höhere Nachfrage führt vermutlich zu Größenvorteilen für die Herstellerfirmen und damit zu sinkenden Preisen für die Automatisierung. Damit ergibt sich ein Mechanisierungsschub. Zum vierten ergeben sich aus der zunehmenden Technisierung der landwirtschaftlichen Arbeitsplätze sowie der erhöhten Arbeitskosten steigende Erwartungen an die Fertigkeiten und Qualifikationen der Arbeitskräfte.

Die Interviews mit den Saisonarbeitskräften bestätigten, dass der wichtigste Grund für ihre temporäre Arbeitsmigration nach Deutschland das hohe Lohnniveau ist. Aktuell beträgt der Mindestlohn in Polen weniger als ein Drittel des deutschen Mindestlohns. Die befragten Saisonarbeitskräfte berichteten, dass bei der ersten Arbeitsmigration nach Deutschland in der Regel Empfehlungen von erfahreneren Freunden oder Verwandten den Weg zu einem oder mehreren potenziellen Arbeitgebern weisen. Um wiederholt den gleichen Arbeitgeber auszuwählen, ist wiederum das Lohnniveau der wichtigste Gesichtspunkt. Allerdings spielen dann auch andere Faktoren der Arbeitszufriedenheit eine Rolle. Faktoren, die von den Saisonarbeitskräften in Betracht gezogen werden, sind Anerkennung für die geleistete Arbeit, das Verhältnis mit Vorgesetzten oder Arbeitgebern und die Beziehungen zwischen den Arbeitskollegen sowie die Unterkunft. Trotz der Verständigungsprobleme zwischen den

Saisonarbeitskräften und deren Arbeitgebern oder Vorgesetzten wegen fehlender Sprachkompetenz, spielt die persönliche Anerkennung durch informelle Gesten, Geschenke und Einladungen eine erhebliche Rolle. Darin stimmen die Ergebnisse mit anderen Studien zur Arbeitszufriedenheit im internationalen Rahmen überein [5]. Die teilnehmenden Saisonarbeitskräfte waren in dieser Hinsicht mit ihren Arbeitgebern bzw. der Unternehmerfamilie zufrieden. Allerdings darf angenommen werden, dass die Situation bei Arbeitgebern, die nicht bereit waren ihre Arbeitskräfte teilnehmen zu lassen, anders aussieht.

Weiterhin konnten einige wesentliche Stressfaktoren der Saisonarbeitskräfte identifiziert werden. Insbesondere der fehlende Kontakt mit zurückgebliebenen Familienmitgliedern ist eine Quelle für psychologischen Stress. Dafür ist u.a. relevant aus welchen Gründen die Saisonarbeitskräfte sich zur Arbeitsmigration motiviert oder gezwungen sehen. Ein Interviewter berichtete über die finanzielle Not der Familie und erhöhten Bedarf wegen einer Krankheit der Tochter und sah sich in einer Zwangslage. Dagegen sah eine Studentin ihre Tätigkeit in Deutschland als Gelegenheit, sich eine bessere Lebenshaltung für den Rest des Jahres finanzieren zu können. Allerdings lässt sich in allen Fällen schlussfolgern, dass die befragten Saisonarbeitskräfte bei vergleichbaren Verdienstmöglichkeiten im Heimatland kein Interesse an der Fortsetzung ihrer Arbeitsmigration haben würden.

## 6 Literaturangaben

- [1] Bitsch, V. und C. Mittelberger: Eastern European seasonal employees in German horticulture: Role and recent developments in the context of the EU expansion. *Acta Horticulturae* 1099 (2015), S. 519-524.
- [2] Knabe, A., R. Schöb und M. Thum: Der flächendeckende Mindestlohn. Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Diskussionsbeiträge, Economics 2014/4. Freie Universität Berlin.
- [3] Borucinska, M.M.: Mitarbeiterzufriedenheit polnischer Saisonarbeiter. B. Sc. Thesis, Lehrstuhl für Ökonomik des Gartenbaus und Landschaftsbau, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Technische Universität München 2015.
- [4] Schettler, C.A.: Auswirkungen des Mindestlohns auf den Arbeitsmarkt im deutschen Gartenbau. M. Sc. Thesis, Lehrstuhl für Ökonomik des Gartenbaus und Landschaftsbau, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Technische Universität München 2015.
- [5] Bitsch, V. und M. Hogberg: Exploring horticultural employees' attitudes towards their jobs: A qualitative analysis based on Herzberg's theory of job satisfaction. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 37 (2005), S. 659-671.

# Zukunftsfähige Landwirtschaft durch qualifizierte Arbeit im Einklang zwischen Mensch und Tier

Dr. rer. agr. Martina Jakob<sup>1</sup>, Cathleen Holzhauer<sup>2</sup>, Prof. Dr. Thomas Amon<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., <sup>2</sup>HU Berlin, <sup>3</sup>FU Berlin

## 1 Einleitung

Landwirtschaftliche Betriebe stehen aktuell immer häufiger im Fokus der Öffentlichkeit. Das kontinuierliche Betriebswachstum weltweit hat größer strukturierte Produktionseinheiten und stark intensivierte Haltungsbedingungen zur Folge.

Eine Überprüfung der Tierhaltung auf Erfüllung der Bedürfnisse aller Individuen sowie die Gewährleistung einer nachhaltigen Wirtschaftsweise erscheint unabdingbar für den Erhalt einer zukunftsfähigen Landwirtschaft. Als Grundvoraussetzung für attraktive Arbeitsplätze, aber auch für exzellenten Tierschutz sind gute soziale Rahmenbedingungen zu schaffen sowie die Gesundheits- und Arbeitsschutzvorschriften einzuhalten, um für die Arbeitskräfte beste Voraussetzungen zu bieten, die ihnen anvertrauten Aufgaben zu erfüllen. Die Arbeitsverdichtung in der Landwirtschaft hat sehr vielfältige Auswirkungen auf die Beschäftigten gleichermaßen wie auf die Produktionsfaktoren. Im Zuge der Mechanisierung wurden viele körperlich schwere Arbeiten abgeschafft, dadurch wird gleichzeitig die Aufgabenvielfalt reduziert. Viele Abläufe werden dadurch häufiger wiederholt. In vielen Bereichen bestehen weiterhin Arbeitsbedingungen, die charakterisiert werden durch schwere körperliche Arbeit, Nässe, Kälte oder Hitze, Schichtarbeit, Wochenendarbeit, Belastungen durch Staub, Geruch oder Vibrationen sowie eine geringe Bezahlung.

Die Landwirtschaft zählt weltweit zu den Branchen mit den höchsten Raten an tödlichen Unfällen pro Jahr [1]. Einzelne Berufsgruppen innerhalb der Branche stehen zudem ganz oben bei der Häufigkeit an Arbeitsunfähigkeitsraten [5]. Muskel-Skelett-Erkrankungen sind mit 24% die häufigste Ursache dieser in der Landwirtschaft [2]; Beschwerden treten bei bis zu 95 % der Arbeitskräfte auf [6,7,8].

Im Folgenden werden auszugsweise die Ergebnisse einer Bachelorarbeit [3], die sich am Beispiel der Milchwirtschaft mit der Bewertung von sowie mit den

Wechselwirkungen zwischen dem Wohlbefinden von MitarbeiterInnen und Milchkühen auseinandergesetzt hat, dargestellt.

## **2 Gesetzliche Rahmenbedingungen für Tierschutz und Arbeitsschutz**

Das Tierschutzgesetz (TierSchG) von 1972 in der letzten Aktualisierung von 2014 regelt den Umgang mit Tieren allgemein sowie die Verpflichtungen eines Tierhalters:

„§2 Wer ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat,

1. muss das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen,
2. darf die Möglichkeit des Tieres zu artgemäßer Bewegung nicht so einschränken, dass ihm Schmerzen oder vermeidbare Leiden oder Schäden zugefügt werden,
3. muss über die für eine angemessene Ernährung, Pflege und verhaltensgerechte Unterbringung des Tieres erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen.“

Die Ergänzung vom Juli 2013 erfordert, dass diejenigen, die Tiere aus gewerblichen Zwecken halten, im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle die unter § 2 genannten Vorgaben erfüllen.

Das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) von 1996 mit der letzten Änderung aus 2015 regelt die Anwendung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes.

„Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben.“ Auch im ArbSchG ist demnach die betriebliche Eigenkontrolle verankert. Die betriebliche Eigenkontrolle zur Überprüfung der Einhaltung des Tierschutzes und des Arbeitsschutzes sind somit gesetzlich verankert, jedoch unterliegt die Auswahl der Überprüfungskriterien im eigenen Ermessen. Im Sprachgebrauch nennt man die Bewertungskriterien in Bezug auf die Tiere auch „Tierwohlintikatoren“. Tierwohl kann zum Beispiel über den Zustand des Tieres und

dessen Interaktion mit der Umwelt definiert werden [4]. Im Rahmen des Arbeitsschutzes sind die Beschäftigten vor gesundheitlichen Gefahren zu schützen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definierte bereits 1946 Gesundheit als „Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit und Gebrechen“. Demnach ist diese Definition der Beschreibung von Wohlbefinden nahe, was wiederum bei der betrieblichen Eigenkontrolle zu berücksichtigen ist.

### 3 Methodik zur Bewertung im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle

Um die Möglichkeit von Wechselwirkungen zwischen den Bedingungen für Tiere und Arbeitskräfte auf dem Betrieb zu ermitteln, wurden aus bestehenden Leitfäden Parameter ausgewählt, die in beiden Bereichen relevant sind.

Tabelle 1 zeigt Bewertungsmöglichkeiten innerhalb des Betriebes, die zum einen für Tiere und im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes zum anderen auf den Menschen übertragen werden könnten, um in Folge Unterschiede bzw. Parallelen zu ermitteln.

**Tabelle 1:** Beispiele für Indikatoren zur Bewertung des Wohlbefindens

<b>Welfare principles</b>		<b>Welfare criteria related to animals</b>	<b>Welfare criteria related to humans</b>
Good feeling	1	Absence of prolonged hunger	Absence of prolonged hunger
	2	Absence of prolonged thirst	Absence of prolonged thirst
Good housing	3	Comfort around resting	Comfort around resting
	4	Thermal comfort	Thermal comfort
	5	Ease of movement	*?
Good health	6	Absence of injuries	Absence of injuries
	7	Absence of disease	Absence of disease
	8	Absence of pain induced by management procedures	Absence of pain induced by work procedures
Appropriate behaviour	9	Expression of social behaviour	Expression of social behaviour
	10	Expression of other behaviours	Expression of other behaviours
	11	Good human-animal relationship	Good human relationship
	12	Positive emotional state	Positive emotional state

Anhand der in Tabelle 1 dargestellten Prinzipien wurden im Rahmen der Bachelorarbeit sowohl für das Milchvieh als auch für die Melker entsprechende Kriterien auf drei Betrieben abgefragt und miteinander verglichen. Dabei war die These

zugrunde gelegt, dass das Wohlergehen von Mensch und Tier positiv miteinander korreliert sind.

## 4 Ergebnisse

Die Erfassung von Haltungsbedingungen, Arbeitsbedingungen sowie den Gesundheitszuständen von Menschen und Tieren ist sehr komplex und bedarf gewisser Anleitung sowie Kenntnissen beim Erfasser. Aus bestehenden Instrumenten wurden fünf Freiheiten für die Tiere sowie drei Freiheiten für die Melker ausgewählt (Tabelle 2) und auf drei Betrieben erfasst. In den drei Betrieben werden zwischen 120 und 600 Kühe in Laufställen mit separatem Melkstell gehalten.

Jede der für die Bewertung genutzten Freiheiten wird anhand zahlreicher Bewertungskriterien beschrieben, die Freiheit von Unbehagen beim Melker beispielsweise wurde bewertet durch das Maß an Entscheidungsbeteiligung, Problemansprache, Anerkennung sowie anhand des Zustands der Sozialräume und ist in Tabelle 2 zusammengefasst für jeden Betrieb dargestellt. Die Freiheiten normales Verhalten auszudrücken sowie Angst und Qual wurden in Ermangelung an geeigneten Messkriterien beim Melker nicht bewertet.

**Tabelle 2:** Mittelwerte der auf den Betrieben ermittelten Freiheiten für Mensch und Tier (1 = optimal, 3 = akzeptabel, 5 = inakzeptabel)

Freiheit	Betrieb A		Betrieb B		Betrieb C	
	Kuh	Melker	Kuh	Melker	Kuh	Melker
Hunger und Durst	1,67	3,13	1,88	2,0	2,38	1,5
Unbehagen	2,4	2,11	2,6	1,33	1,4	1,5
Schmerzen, Krankheiten und Verletzungen	2,51	2,72	2,09	1,93	2,14	2,26
Normales Verhalten auszudrücken	1,67	-	2,0	-	1,0	-
Angst und Qual	1,5	-	1,0	-	1,0	-
<b>Gesamtbewertung</b>	<b>1,95</b>	<b>2,65</b>	<b>1,92</b>	<b>1,74</b>	<b>1,58</b>	<b>1,75</b>

Im Endergebnis liegen alle bewerteten Freiheiten im Bereich zwischen optimal und akzeptabel, in zwei Fällen wurde das Tierwohl besser bewertet als das der Melker.

## 5 Diskussion und Fazit

Es existiert eine Vielzahl von Instrumenten sowohl im Bereich der Tierwohlindikatoren als auch für die Bewertung der Arbeitsbedingungen zur Vermeidung von Unfällen oder

Gesundheitsbeeinträchtigungen. Geeignete Beispiele wurden ausgewählt und in einer Gesamtnote zusammengefasst bewertet, um die These zu überprüfen, ob Tierwohl und Mitarbeiterwohl positiv miteinander korreliert sind.

Für die Vergleichbarkeit der Parameter zwischen Mensch und Tier gibt es grundlegende Unterschiede. Die Beschäftigten decken nicht alle ihre Bedürfnisse während der Arbeitszeit, und das Freizeitverhalten wiederum kann die Ergebnisse der erhobenen Parameter, wie beispielsweise bestehende körperliche Beschwerden, beeinflussen. Das Empfinden zu beurteilen basierte beim Tier auf reiner Beobachtung, während die Melker unter anderem auch befragt wurden.

Die in Tabelle 2 dargestellten Freiheiten lassen sich für Tier und Mensch beurteilen, jedoch sind die Ansprüche selbstverständlich nicht identisch, was problematisch wird, wenn sich beide Gruppen Aufenthaltsbereiche teilen müssen. Insbesondere die Temperaturen im Melkstand sind oft eher an die Kühe angepasst bzw. lediglich zur Verhinderung technischer Probleme reguliert.

Ein Vergleich des Stallkomforts mit dem Komfort im Melkstand zeigte beispielsweise, dass die Prävention von Klauen- und Gelenkproblemen bei den Kühen durch entsprechende Bodenbeläge meistens gewährleistet wird, während nur in einem Betrieb auch im Melkstand entsprechend weiche und wärmende Bodenbeläge zur Verfügung standen.

Der Betriebsleiter beeinflusst durch die Entscheidung über Investitionen, organisatorische Maßnahmen und seinen Führungsstil direkt und indirekt das Wohlergehen der Tiere und der Angestellten, jedoch scheint das Wohlergehen der Tiere derzeit noch stärker im Vordergrund zu stehen. Eine gute fachliche Ausbildung sowie die regelmäßige Teilnahme an Weiterbildungen sind positiv korreliert mit dem Wohlergehen aller Individuen auf dem Betrieb.

Diese Untersuchung ist lediglich als Einstieg in die Diskussion zu werten, und eine abschließende Bewertung erscheint aufgrund des geringen Stichprobenumfangs als wenig sinnvoll. Auch wird durch die Bereitschaft an einer Befragung teilzunehmen bereits eine Selektion innerhalb der Stichprobe vorgenommen.

Vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels, dem Größenwachstum landwirtschaftlicher Betriebe, dem demografischen Wandel sowie steigenden Ansprüchen an das technische Verständnis scheint es unerlässlich, den landwirtschaftlichen Arbeitsplatz in gleicher Weise weiter zu entwickeln wie das Umfeld

der Tiere. Die hier vorgestellte Untersuchung legt nahe, dass dies nicht zwangsläufig von selbst von statten geht.

## 6 Literaturangaben

- [1] Douphrate, D.I.; Stallones, L.; Kolstrup, C.L.; Nonnemann, M.W.; Pinzke, S.; Hagevoort, R.G.; Lundqvist, P.; Jakob, M.; Xiang, H.; Xue, L.; Jarvie, P.; Mc Curdy, S.A.; Reed, S.; Lower, T.: Work-Related Injuries and Fatalities on Dairy Farm Operations – A Global Perspective. *Journal of Agromedicine* 18 (2013) No. 3, pp. 256-264.
- [2] Badura, B.; Schellschmidt, H.; Vetter, C.: Fehlzeiten-Report 2006. Springer Medizin Verlag Heidelberg (2007), pp. 345-359.
- [3] Holzhauer, C.: Berücksichtigung von Wohlbefinden bei Tier und Mensch durch Betriebsleiter von Milchviehbetrieben. Humboldt-Universität Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät (2016).
- [4] Fraser, A.; Broom, D.: *Farm Animal Behaviour and Welfare*. 3. Auflage (1990). Bailliere Tindal, London, England
- [5] Liebers, F.; Caffier, G.: Muskel-Skelett-Erkrankungen in Land- und Forstwirtschaft sowie Gartenbau – Diagnose und berufsspezifische Auswertung von Arbeitsunfähigkeitsdaten. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* (2006) 41, H. 3, S.129.
- [6] Thinius, M.; Jakob, M.: Ergonomic workplace evaluation and epidemiology of musculoskeletal discomfort on German dairy farms. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*. (2014) 49 (1): 25-32 Online: <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-131765>
- [7] Kolstrup, C.; Jakob, M. (2016): Epidemiology of musculoskeletal symptoms among milkers and dairy farm characteristics in Sweden and Germany. *Journal of Agromedicine* (2016) <http://dx.doi.org/10.1080/1059924X.2015.1106373>
- [8] Douphrate, D.; Nonnemann, M.; Rosecrance, J.: Ergonomics in industrialized dairy operations. *Journal of Agromedicine* (2009) 14, pp. 406-412.

# **H<sub>2</sub>S-Freisetzung im Mastschweinestall mit Slalomsystem während des Gülleaufrührens**

Dr. agr. Monika Krause, Michael Ihrig und Werner Geißler\*  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart  
\*Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, Seehöferstr. 50, 97944 Boxberg

## **1 Einleitung und Problemstellung**

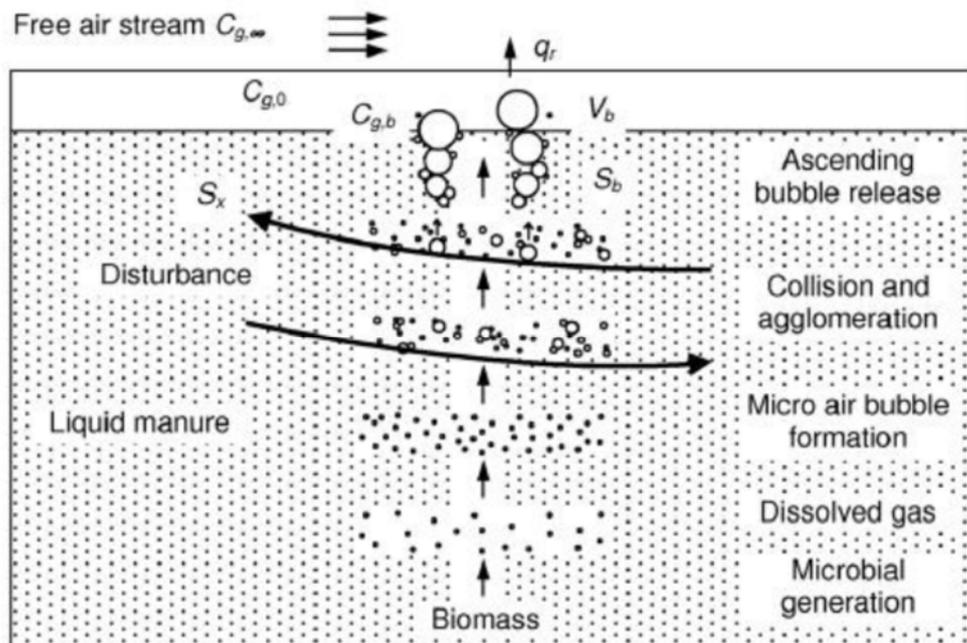
Seit 1990 verzeichnete die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft deutschlandweit 397 Unfälle mit Gülleschadgasen, infolge derer 27 Menschen ums Leben gekommen sind [1]. Nicht bekannt sind Beinahe-Unfälle sowie die Anzahl umgekommener Tiere. Ein großer Teil dieser Unfälle lässt sich auf Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) zurückführen, da dieser ab Konzentrationen von 500 bis 1.000 ppm innerhalb kürzester Zeit tödlich ist [2]. H<sub>2</sub>S wird u. a. beim Aufrühren von Gülle freigesetzt. Dies kann, z. B. bei der Lagerung unter dem Stall in Form von Slalomsystemen, zu Unfällen führen.

Groben Schätzungen zu Folge wurden in den letzten Jahren etwa 10 bis 20 % der Mastschweineställe im Süden Deutschlands mit Slalomsystemen gebaut [3], oft als Pig-Port-Ställe. Im Nordwesten wurden ca. 50 % der Ställe als Warmställe mit Slalomsystem errichtet. Deren Lagerräume sind etwa 75 cm tief, reichen für die Dauer einer Mastperiode und werden in den meisten Fällen von Rührwerken mit geringen Drehzahlen homogenisiert [4].

Ziel dieser Arbeit war es, unter Praxisbedingungen in Mastschweineställen H<sub>2</sub>S-Konzentrationen zu messen. Des Weiteren sollten unterschiedliche Drehzahlen beim Aufrühren berücksichtigt und geklärt werden, ob es einen jahreszeitlichen Einfluss (Winter, Sommer) gibt. Daneben wurde geprüft, ob Schwefelgehalte in Trinkwasser, Futter oder Stroh die H<sub>2</sub>S-Freisetzung beeinflussen.

## 2 Literatur

Um den Bildungsprozess von  $\text{H}_2\text{S}$  näher zu beschreiben und vor allem das schnelle Auftreten von  $\text{H}_2\text{S}$  zu erklären, wurde von [5] ein „bubble release model“ aufgestellt. Unter anaeroben Bedingungen in der Gülle entsteht durch Abbau organischen Materials sowie durch  $\text{SO}_4^{2-}$ -Reduktion Schwefelwasserstoff. Dieser wird in Form von Blasen in der Gülle gespeichert. Die Blasen können auch noch andere Schadgase wie  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  enthalten. Durch Bewegen der Gülle werden die Blasen an die Oberfläche gebracht, hier können sich die hohen Konzentrationen der Schadgase mit der Umgebungsluft vermischen ([6], **Bild 1**). An schlecht belüfteten Stellen oder Mauerecken kann es zu Anreicherungen von  $\text{H}_2\text{S}$  kommen, da sich das Gas schlecht mit der Umgebungsluft vermischen kann [7]. Durch das Ausgasen wird das chemische Gleichgewicht in der Gülle beeinträchtigt, so dass wieder neues  $\text{H}_2\text{S}$  gebildet wird [8]. Mit zunehmenden Temperaturen (Sommer) und zunehmendem Nährstoffgehalt steigen die Umsetzungsprozesse und die Schadgasbildung [9], [7].



**Bild 1:** Blasen-Freisetzung-Mechanismus [6], nach [5]:

$C_{g,\infty}$  = Gaskonzentration in der Luft,  $C_{g,0}$  = Gaskonzentration in der Luft direkt über der Flüssigkeitsoberfläche,  $C_{g,b}$  = Gaskonzentration in den Blasen,  $q_r$  = Durchflussmenge der Gasfreisetzung,  $V_b$  = Volumen der Blasen,  $S_b$  = Geschwindigkeit der aufsteigenden Blasen(bewegung),  $S_x$  = Geschwindigkeit der Blasen(bewegung) zur Flüssigkeit aufgrund der Zerstörung

### 3 Material und Methode

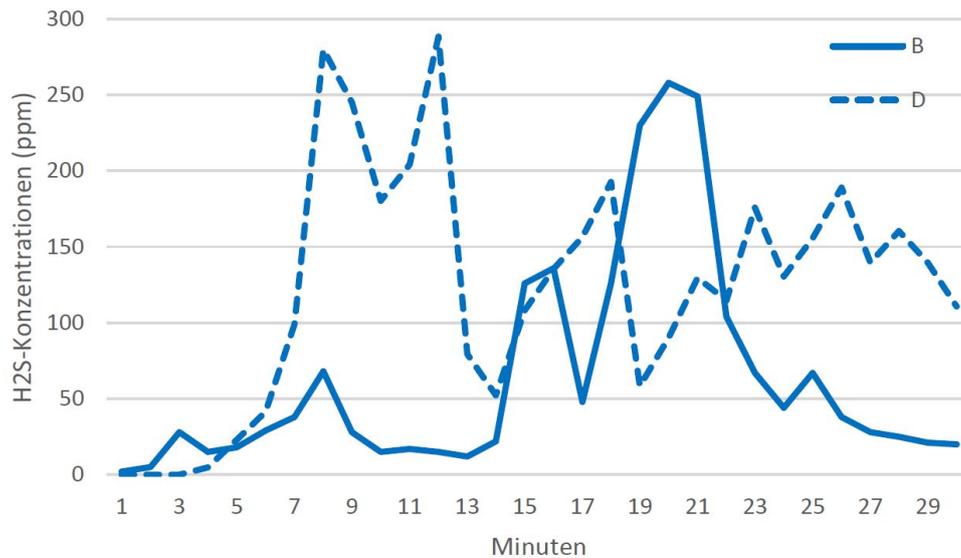
Es standen acht Mastschweineeställe mit unterschiedlichen Slalomsystemen zur Verfügung, ein Hügel-, zwei Warm- und fünf Pig-Port-Ställe, davon drei mit Auslauf. Nur in den Warmställen war die Fläche von Abteil und Slalomsystem identisch, so dass ein Rein-Raus-Verfahren betrieben werden konnte. Bei allen anderen Betrieben wurden die Güllekanäle unter der gesamten Stalllänge genutzt, bei manchen sogar über zwei Ställe. Hier befinden sich beim Aufrühren immer Schweine im Stall.

Als Messgeräte kamen das „Biogasgerät GA 5000“ mit einem Messbereich von 0 bis 1.000 ppm H<sub>2</sub>S sowie zwei „Drägergeräte X-am 7000“ zum Einsatz, deren Messbereich von 0 bis 100 ppm bzw. nach den ersten fünf Sommermessungen bis 1.000 ppm betrug. Bei letzteren wurden auch höhere Werte aufgezeichnet, die jedoch nach Herstellerangaben nicht mehr verlässlich waren. Gemessen wurde jeweils direkt auf dem Spaltenboden neben dem Rührwerk (Biogasgerät) sowie an zwei weiteren Stellen im Stall (Drägergeräte). Ab dem Einschalten des Rührwerks wurde jeweils 30 Minuten lang ein H<sub>2</sub>S-Mittelwert je Minute aufgezeichnet. Danach wurde die Gülle entweder weiter homogenisiert oder abgelassen.

Angestrebt wurden pro Betrieb je drei Messungen im Winter und im Sommer mit drei unterschiedlichen Drehzahlen des Rührwerks. Insgesamt erfolgten 48 Messungen, d.h. durchschnittlich sechs pro Betrieb, jedoch mit 3 bis 8 Messungen auf den einzelnen Betrieben. Die angestrebten drei verschiedenen Drehzahlen der Rührwerke konnten nur auf drei der acht Betriebe verwirklicht werden. Die anderen Slalomsysteme konnten aufgrund baulicher Gegebenheiten oder technischer Möglichkeiten der Rührwerke nur jeweils mit einer Drehzahl aufgerührt werden. Die Bandbreite der Drehzahlen lag zwischen 350 und 1.426 U/min.

### 4 Ergebnisse und Diskussion

Bei fast allen Versuchen ließ sich das „schwallartige“ Auftreten von H<sub>2</sub>S unabhängig vom Messstandort erkennen (**Bild 2**). Bisher konnte keine Tendenz ausgemacht werden, wie schnell die Peaks auftreten und wie hoch die Konzentrationen dabei werden. Es kann demnach nicht vorhergesagt werden, wann es für Mensch und Tier gefährlich wird.



**Bild 2:** Beispiel: H<sub>2</sub>S-Konzentrationen in Betrieb 7, Sommer, 436 U/min

Ausgehend vom 30-Minuten-Messintervall zeigt **Tabelle 1** die H<sub>2</sub>S-Maximalwerte. H<sub>2</sub>S-Konzentrationen von über 500 ppm, die – selbst kurzzeitig auftretend – lebensgefährlich für Mensch und Tier sein können [2], traten am Rührwerk im Winter in 25 % und im Sommer sogar in 50 % der Messtage auf. Andere Stellen im Stall waren im Sommer zu 37,5 % gefährdet, im Winter konnte dort nur bis 100 ppm gemessen werden. Der höchste erfasste Wert über alle Versuche betrug 3.740 ppm (tödlich in Sekunden). Die These, dass im Sommer mehr H<sub>2</sub>S beim Aufrühren von Gülle entweicht [9, 7], ließ sich mit den Maximalwerten veranschaulichen, aber nicht signifikant nachweisen.

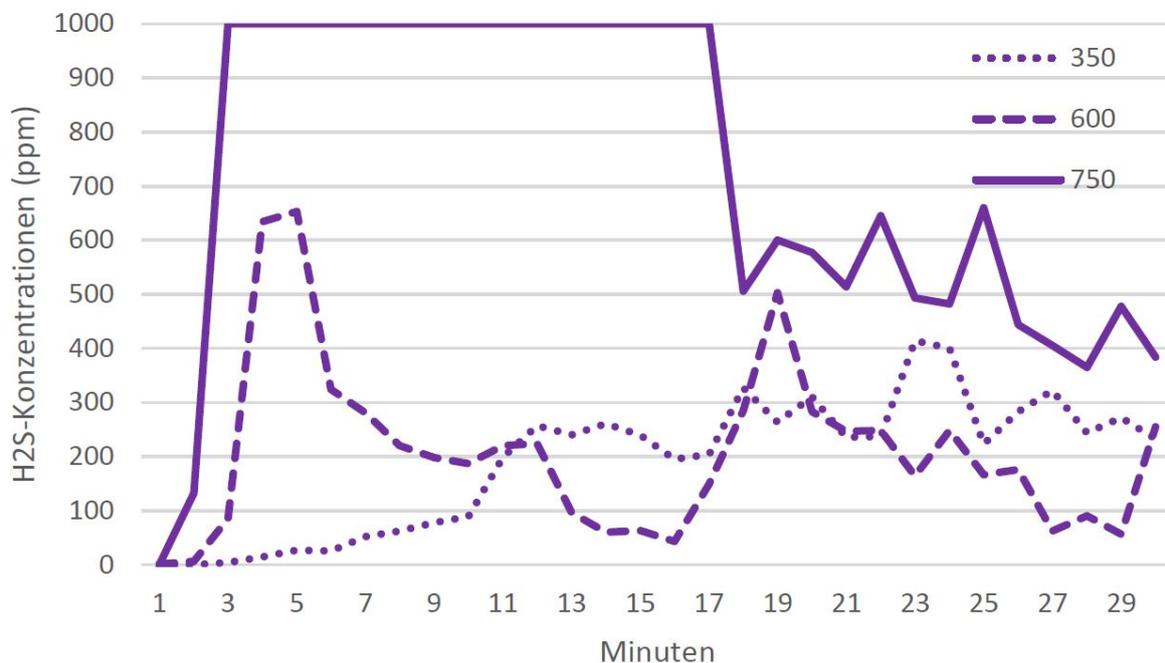
**Tabelle 1:** H<sub>2</sub>S-Maximalwerte (n=24) im Winter und Sommer an zwei Messgeräten

	Winter		Sommer		
	Biogas- gerät	Dräger- gerät	Biogas- gerät	Dräger- gerät	Drägergerät auf 100 ppm „zurück- gerechnet“
Maximalwert	1.000*	100*	1.000*	3.740	100*
< 100	3	9	3	3	3
< 200	4	15	4	9	21
< 500	11	---**	5	3	---**
< 1.000	2	---**	4	3	---**
> 1.000*	4	---**	8	6	---**

\* Messgrenze, \*\* nicht messbar

Des Weiteren wurden die  $\text{H}_2\text{S}$ -Messwerte in Abhängigkeit der Umdrehungszahlen ausgewertet, einmal die Maximalwerte und einmal die Summe in den 30-Minuten-Intervallen. Die Drehzahlen der Rührwerke variierten zwischen 350 und 1.426 Umdrehungen pro Minute.

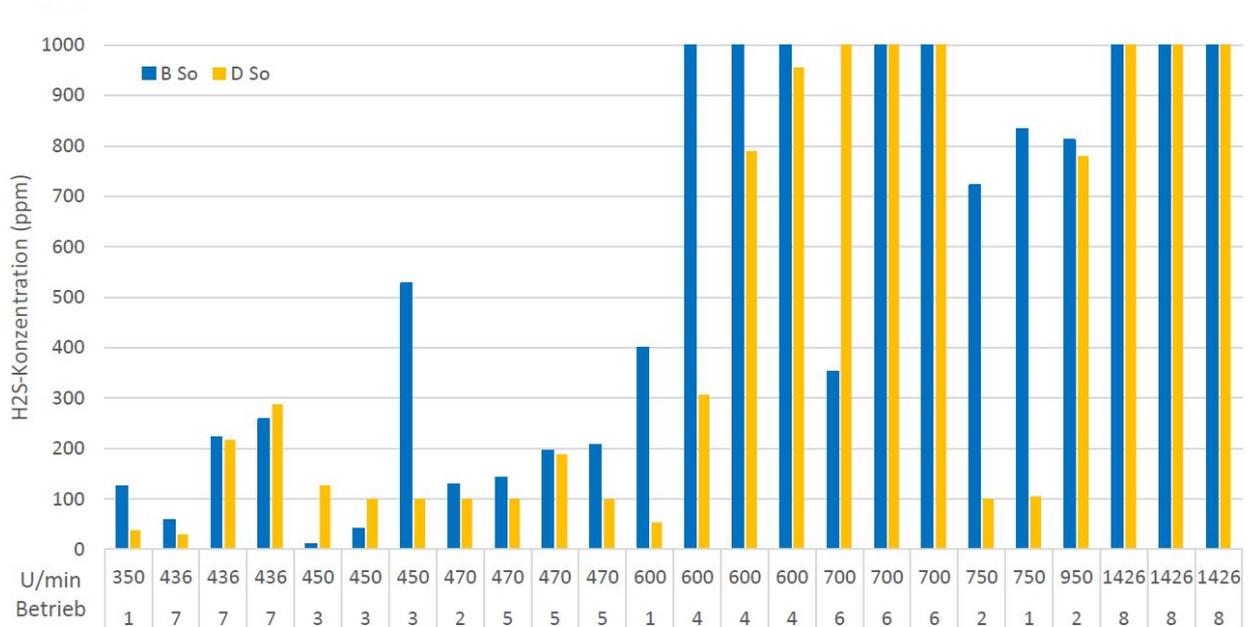
Beobachtet man auf einem der Betriebe (Betrieb 1, Pig-Port-Stall ohne Auslauf, Winter) die  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen im Verlauf von 30 Minuten (**Bild 3**), so lässt sich deutlich zeigen, dass mit zunehmender Drehzahl des Rührwerks die Gülle schneller und insgesamt mehr  $\text{H}_2\text{S}$  freisetzt. Dies wird von [5] und [6] bestätigt bzw. erklärt.



**Bild 3:**  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen bei unterschiedlichen Drehzahlen am Rührwerk, Betrieb 1, Pig-Port-Stall ohne Auslauf, Messstelle neben dem Rührwerk, Messgrenze 1.000 ppm

Des Weiteren wurde eine Varianzanalyse der aufsummierten Einzelwerte über den Zeitraum von 30 min erstellt. Dabei wurde in Winter- und Sommermessungen unterschieden (Einfachheit des Modells) und nur die Werte des Biogasmessgerätes verwendet. Keine Einflüsse konnten für die unterschiedliche Spaltenbodenfläche (Kanal-länge, Umlenkungen), Füllstand des Kanals, Stall bzw. Abteil und Betrieb gefunden werden. Einzig die Drehzahl hat einen hochsignifikanten Einfluss auf die  $\text{H}_2\text{S}$ -Kurven sowohl im Winter als auch im Sommer.

Bei den verschiedenen Drehzahlen der Rührwerke wurde zusätzlich noch der H<sub>2</sub>S-Maximalwert betrachtet. Im Winter konnten bei bis 550 U/min direkt am Rührwerk Maximalwerte von 50 bis 400 ppm festgestellt werden (ohne Bild). Ab 600 bis 950 Umdrehungen wurde der Schwellenwert von 500 ppm oft erreicht, alle Messungen bei 1.426 U/min sowie eine bei 750 U/min erreichten die Messgrenze von 1.000 ppm. Die Drägergeräte, die im Stall verteilt waren, erreichten ihre Messgrenze von 100 ppm sehr oft. Im Sommer wurde schon ab 600 U/min die Messgrenze des Biogasgerätes von 1.000 ppm am Rührwerk erreicht (**Bild 4**). Die Drägergeräte zeigten insgesamt ein ähnliches Bild wie das Biogasmessgerät am Rührwerk. Mit zunehmender Rührintensität ab etwa 600 Umdrehungen pro Minute erhöhte sich die Unfallgefahr stark durch hohe H<sub>2</sub>S-Maximalwerte in den ersten 30 Rührminuten.



**Bild 4:** H<sub>2</sub>S-Maximalwerte nach Umdrehungen pro Minute sortiert, Sommer, B = Biogasgerät, D = Drägergerät,

Der Schwefelgehalt, der über das Trinkwasser und Futter in die Güllekanäle gelangt, wurde überprüft. In allen Futterrationen betrug der Schwefelanteil 0,16 bis 0,21 %, also im Normalbereich. Der Sulfatgehalt (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) darf nach der TRINKWASSERVERORDNUNG [10] maximal 250 mg/l betragen. Sieben Betriebe konnten Werte unter 35 mg/l im

Trinkwasser für die Mastschweine aufweisen. Ein Betrieb nutzte seinen eigenen Brunnen. Dort gab es schon vor Versuchsbeginn Probleme mit zu hohen  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen während des Aufrührens, deshalb wird immer nur mit 450 U/min aufgerührt. Während der ersten Messung wurden über 500 ppm neben dem Rührwerk gemessen und dieses infolge ausgeschaltet. Der Grund für diese hohen Werte lag höchstwahrscheinlich an dem hohen Sulfatgehalt ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) des Brunnenwassers von 1.150 mg/l. Daraufhin wurde der Stall an das öffentliche Wassernetz angeschlossen, dessen Sulfatgehalt nur 24 mg/l beträgt. Die beiden weiteren Messungen hatten unauffällige  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen.

Auf dem Betrieb 6 konnte ein Vergleich der Kanäle mit und ohne Stroheintrag gemacht werden. Es zeigte sich, dass Stroh zu vermehrter  $\text{H}_2\text{S}$ -Freisetzung führte. Teilweise kam es außerdem am Ende des Stalls zu deutlich höheren  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen, die sich möglicherweise über die mechanische Zerstörung der Schwimmdecke durch den Richtungswechsel des Kanals erklären lassen.

## 5 Fazit

Die Praxisversuche in Mastschweineeställen haben ergeben, dass beim Aufrühren der Gülle im Slalomsystem innerhalb der ersten 30 Minuten in 25 % (Winter) bis 50 % (Sommer) der Messtage  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentrationen von kurzzeitig über 500 ppm erreicht wurden. Diese können lebensgefährlich für Mensch und Tier sein. Der höchste erfasste Wert betrug über 3.700 ppm.

Eine niedrige Drehzahl des Rührwerks zum Aufrühren führt zu signifikant weniger  $\text{H}_2\text{S}$ -Freisetzungen. Je höher die Rührwerksdrehzahl, desto schneller steigt die  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentration an. Weitere Einflussfaktoren konnten bei den Versuchen nicht nachgewiesen werden. Der kritische Wert, Lebensgefahr für Mensch und Tier, lag in dieser Arbeit bei etwa 550 Umdrehungen pro Minute.

In der Regel konnte im Sommer mehr  $\text{H}_2\text{S}$  beim Aufrühren festgestellt werden als im Winter, eine Signifikanz konnte nicht berechnet werden.

Bei einem Betrieb führte ein sehr hoher Sulfatgehalt im Trinkwasser (Brunnen) der Mastschweine zu deutlich höheren  $\text{H}_2\text{S}$ -Freisetzungen. Diese reduzierten sich nach

Anbindung an das öffentliche Wassernetz auf eine unauffällige Konzentration. Ein Stroheintrag in den Güllekanal führte ebenfalls zu erhöhten bzw. sehr hohen H<sub>2</sub>S-Konzentrationen beim Aufrühren. Diese dürften sich u. a. über die mechanische Zerstörung der Schwimmdecke erklären lassen.

Grundsätzlich sollten sich beim Aufrühren von Gülle keine Schweine und keine Menschen im Stallgebäude befinden, um Unfällen oder Todesfällen vorzubeugen.

## 6 Literaturangaben

- [1] SVLFG, Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau: Unfallstatistik. 2015, ausgehändigt durch Jürgen Ott
- [2] UBA, Umweltbundesamt: Zur Sicherheit bei Biogasanlagen. Informationspapier, Umweltbundesamt, 2006. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3097.pdf>, 27.05.2015
- [3] KELLER, E.: Persönliche Mitteilung, 9.12.2015
- [4] FELLER, B.: Persönliche Mitteilung, 16.12.2015
- [5] Ni, J.Q., A.J. Heber, A.L. Sutton, D.T. Kelly, J.A. Patterson, S.T. Kim: Effect of swine manure dilution on ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and sulfur dioxide releases. *The Science of the total environment* 408 (2010), S. 5917-5923. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.08.031
- [6] DAI, X.: Air pollution from animal and municipal wastewater assessment of production and release of noxious gases, 2014 [http://findresearcher.sdu.dk/portal/files/107307962/Air\\_pollution\\_from\\_animal\\_and\\_municipal\\_wastewater\\_assessment\\_of\\_production\\_and\\_release\\_of\\_noxious\\_gases.pdf](http://findresearcher.sdu.dk/portal/files/107307962/Air_pollution_from_animal_and_municipal_wastewater_assessment_of_production_and_release_of_noxious_gases.pdf), 05.11.2015
- [7] STEINER, B. UND B. BURKHALTER: Gefahren durch Schadgase in Gülle. *UFA-Revue* (2013), H. 10, S. 24-25
- [8] •MÜLLER, O.: *Chemie einfach und verständlich*. 2005, ISBN 3-8334-2178-9
- [9] THIEX, C. UND T. PRIESMANN: Tod aus dem Güllekeller. [http://www.pflanzenbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/a92d4c0e5edbe6edc1256ec10032714e/e8a6f2e700d6beb8c125763800420190/\\$FILE/Tod%20aus%20dem%20G%C3%BCllekeller.pdf](http://www.pflanzenbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/a92d4c0e5edbe6edc1256ec10032714e/e8a6f2e700d6beb8c125763800420190/$FILE/Tod%20aus%20dem%20G%C3%BCllekeller.pdf) (2009), 30.5.2015
- [10] TRINKWASSERVERORDNUNG (2013/2015): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV), 2014 (BGBl. I S. 2977), geändert 2015 (BGBl. I S. 2076)

# **Bewertung von Bewegungsbuchten in der konventionellen Ferkelerzeugung unter Berücksichtigung von Funktionsmaßen und arbeitswirtschaftlichen Kriterien**

Frank Schneider<sup>1</sup>, Dr. Christina Jais<sup>1</sup>, Anja Müller<sup>1</sup> und Prof. Dr. agr. habil Heinz Bernhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> = Institut f. Landtechnik u. Tierhaltung, Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Grub

<sup>2</sup> = Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München, Freising

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Die in der konventionellen Ferkelerzeugung praktizierte Haltung säugender Sauen in Ferkelschutzkörben mit durchgehender Fixierung steht wegen der eingeschränkten Bewegungsfreiheit der Muttersauen seit langem in der gesellschaftlichen Kritik [1]. Eine Alternative zu dieser Haltungsform bieten sogenannte Bewegungsbuchten [2]. Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen der Einzelbetrieblichen Investitionsförderung (Premiumstufe) wird der Einbau von Bewegungsbuchten mit einer Größe von 6 m<sup>2</sup> seit 2015 auch in Bayern gesondert gefördert [3]. Zusätzlich sind Bewegungsbuchten ebenfalls ein Wahlkriterium im Rahmen der Initiative Tierwohl [4]. Derzeit werden sehr unterschiedliche Buchtentypen mit verschiedenen Abmessungen und Detaillösungen von Stallbaufirmen angeboten [5]. Aufgrund fehlender Beratungsempfehlungen besteht für Ferkelerzeuger die Gefahr, im Hinblick auf Tiergerechtigkeit und Arbeitserledigung ungünstige Lösungen auszuwählen. Kurzfristig müssen deshalb Empfehlungen zu praktikablen Systemen für Ferkelerzeuger und Fachberatung erarbeitet und zur Verfügung gestellt werden, um die Praxis bei der Einführung dieser Systeme zu unterstützen.

## **2 Zielsetzung**

Im vorliegenden Versuch wird eine Auswahl verschiedener strohloser Bewegungsbuchten im Hinblick auf ihre Handhabung und die erforderlichen Arbeitsabläufe im praktischen Einsatz der Ferkelerzeugung getestet und beurteilt. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen sollen Empfehlungen zu Abmessungen und Gestaltungsdetails formuliert werden. Weiterhin sollen arbeitswirtschaftliche

Aspekte, wie technische Bedienbarkeit, Übersichtlichkeit und die Zugänglichkeit zum Tier, auch bei unterschiedlicher Ausrichtung der Buchten ausgearbeitet werden. Gleichzeitig werden im Rahmen des Versuchs Daten zur Produktionsleistung, zu Ferkelverlusten, zu Verletzungsrisiken für Sau und Ferkel, zum Tierverhalten sowie zur Buchtensauberkeit erhoben, welche in noch folgenden Veröffentlichungen publiziert werden.

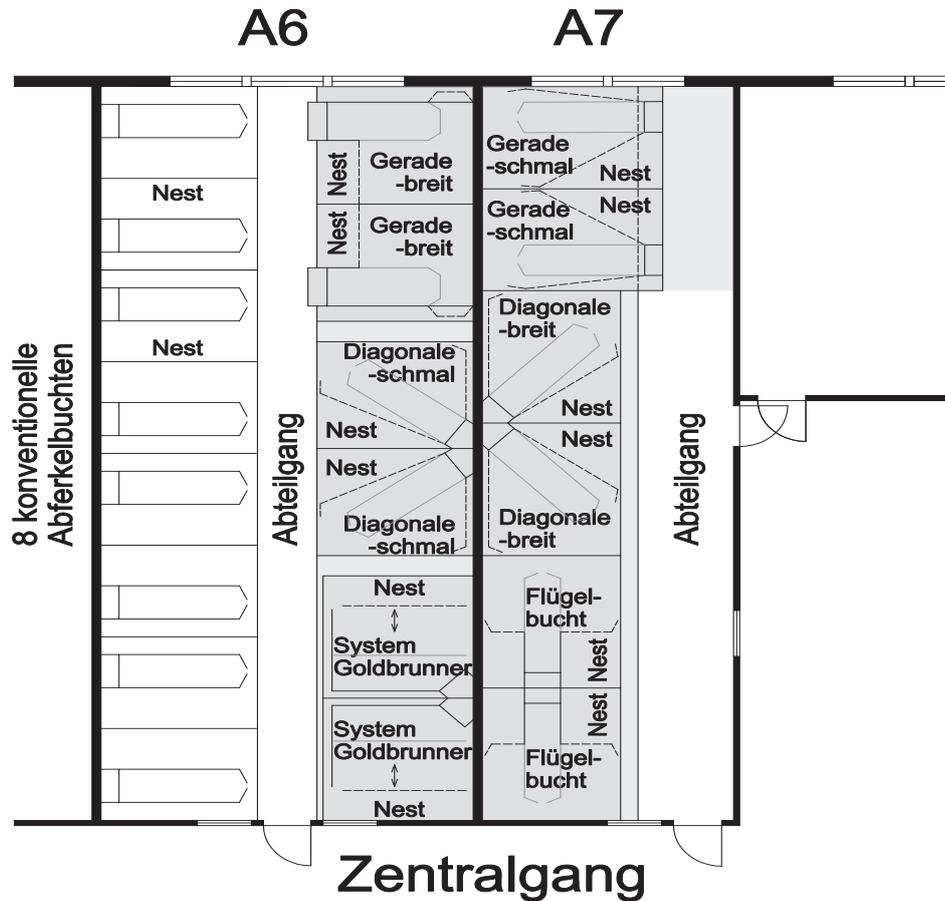
### **3 Tiere, Material und Methode**

#### **3.1 Allgemeine Beschreibung des Versuchsaufbaus**

Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Schwarzenau wurden sechs unterschiedliche Systeme von strohlosen Bewegungsbuchten mit insgesamt 12 Buchten (jeweils zwei Buchten je System) in den bestehenden Abferkelbereich eingebaut (Bilder 1-7). Einige dieser Buchten sind vollständige Neuentwicklungen.

Alle Systeme verfügen über eine Fixiermöglichkeit der Muttersau in Form eines Ferkelschutzkorbs [6]. Die jeweiligen Buchtentypen unterscheiden sich v.a. in der Anordnung ihrer Einbauten (Ferkelschutzkorb diagonal oder gerade, Sauentrog zur Abteiwand oder zum Betreuungsgang bzw. Ferkelschutzkorb parallel zum Gang) sowie in den Außenabmessungen der Buchten. Der Bewegungsbereich der Sau entsteht bei fast allen Buchten durch das Öffnen, respektive das Auseinanderklappen der Seitenteile des Ferkelschutzkorbs. Bei den meisten Systemen werden die Seitenteile um die Drehpunkte am Vorderbock der Körbe aufgestellt. Lediglich bei einem System werden die Ferkelschutzkorbseiten auf etwa halber Länge rechtwinkelig aufgeklappt und bei einer weiteren Bucht wird ein Seitenteil des Ferkelschutzkorbs parallel verschoben, um der Muttersau den Bewegungsbereich zu ermöglichen.

In allen Buchten verfügen die Ferkelnester über die gleiche Größe (0,72 m<sup>2</sup>) und sind zum Betreuungsgang hin angeordnet. Sie können von hieraus einheitlich über eine niedrige (50 cm hohe) Trennwand erreicht werden, ohne dass der Bewegungsbereich der Sau betreten werden muss, was nach Aspekten der Arbeitssicherheit für das betreuende Personal als durchaus sinnvoll anzusehen ist. Die Fußböden aller Buchten sind einheitlich (Typ und Hersteller) und bestehen aus gleichen Anteilen an Kunststoffrosten, Gusseisenrosten und perforierten Betonelementen.



**Bild 1:** Grundriss der Abferkelabteile mit Bewegungsbuchten

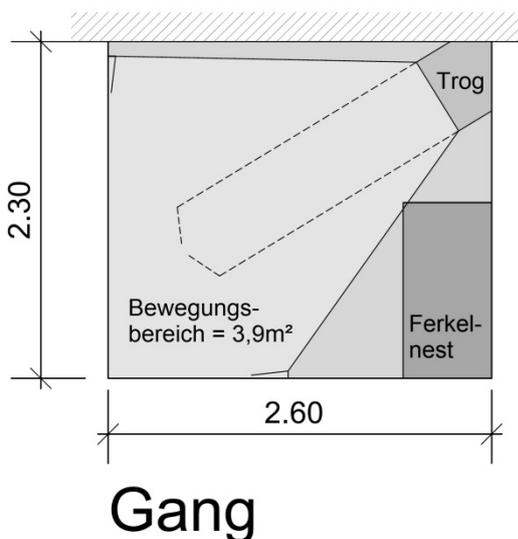
Während dieser ersten Versuchsreihe werden die Sauen vom Einstellen (etwa sieben Tage vor der Abferkelung) bis eine Woche nach dem Hauptabferkeltag in Fixierung gehalten. Für die verbleibenden drei Wochen Säugezeit werden die Ferkelschutzkörbe geöffnet und somit die Bewegungsbereiche für die Sauen geschaffen. Lediglich zu anstehenden Tierbehandlungen (z.B. Impfen der Ferkel in der dritten Lebenswoche) werden die Sauen kurzzeitig aus Sicherheitsgründen fixiert. Zwei konventionelle Abferkelbuchtentypen (gerade Anordnung des Ferkelschutzkorbs und parallele Anordnung zum Gang) mit durchgängiger Fixierung der Muttersau, dienen als Vergleich.

Um im Hinblick auf die Leistungsdaten vergleichbare Bedingungen zu erreichen, werden bevorzugt Sauen mit Wurfzahl zwei bis fünf und gleichzeitig gutem Fundament in die Versuchsbuchten eingestallt. Ausgewählte Muttersauen, die bereits am Versuch teilgenommen haben, werden zu nachfolgenden Durchgängen grundsätzlich in neue, für sie unbekannte Bewegungsbuchten eingestallt.

### 3.2 Beschreibung der Buchtentypen

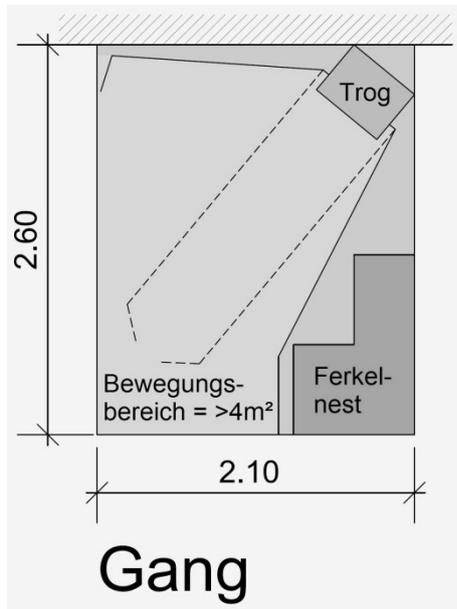
In den Buchten „Diagonal breit“ (Bild 2) und „Diagonal schmal“ (Bild 3) befindet sich der Trog der Sauen an der Abteilwand. Während der Phase der fixierten Haltung ist die Sau mit dem Kopf zur Wand und mit dem Geburtsbereich zum Betreuungsgang orientiert, was der üblichen Ausrichtung von Abferkelbuchten entspricht.

Die „Diagonale breit“ misst eine Tiefe von 2,30 m zwischen Gang und Abteilwand und eine Breite von 2,60 m. Der Bewegungsbereich der Sau umfasst bei dieser Bucht ca. 3,9 m<sup>2</sup>.



**Bild 2:** Typ „Diagonal breit“

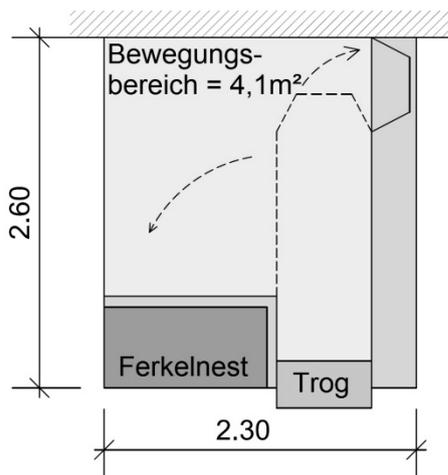
Die „Diagonale schmal“ misst 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Abteilwand, bei einer Breite von 2,10 m. Diese Bucht unterschreitet mit 5,46 m<sup>2</sup> als Einzige die nach EIF geforderte Größe von 6 m<sup>2</sup>. In geöffnetem Zustand verfügt der Bewegungsbereich der Bucht über eine Fläche von gut 4 m<sup>2</sup>.



**Bild 3:** Typ „Diagonal schmal“

In den Buchten „Gerade breit“ (Bild 4) und „Gerade schmal“ (Bild 5) wurde der Trog der Sau zum Betreuungsgang hin angeordnet und der Geburtsbereich der Sau ist zur Abteilwand orientiert.

Die „Gerade breit“ misst 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Abteilwand und 2,30 m Breite. Der Trog ragt bei dieser Variante ca. 15 cm in den Betreuungsgang hinein. Der seitliche Abstand zwischen dem Sauentrog und der Buchtentrennwand beträgt an der dem Ferkelnest zugewandten Seite ca. 127 cm und an der schmalen, dem Ferkelnest abgewandten Seite ca. 33 cm. In geöffnetem Zustand bietet diese Bucht der Sau eine Bewegungsfläche von ca. 4,1 m<sup>2</sup>.

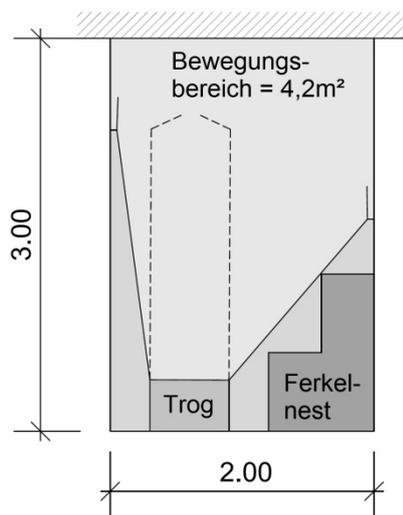


## Gang



**Bild 4:** Typ „Gerade breit“

Die „Gerade schmal“ verfügt über eine Tiefe von 3 m zwischen Gang und Abteilwand und eine Breite von 2 m. Der seitliche Abstand zwischen dem Sauentrog und der Buchtentrennwand beträgt an der dem Ferkelnest zugewandten Seite ca. 120 cm und an der schmalen, dem Ferkelnest abgewandten Seite ca. 30 cm. Der Bewegungsbereich für die Sau ist bei dieser Bucht ca. 4,2 m<sup>2</sup> groß.



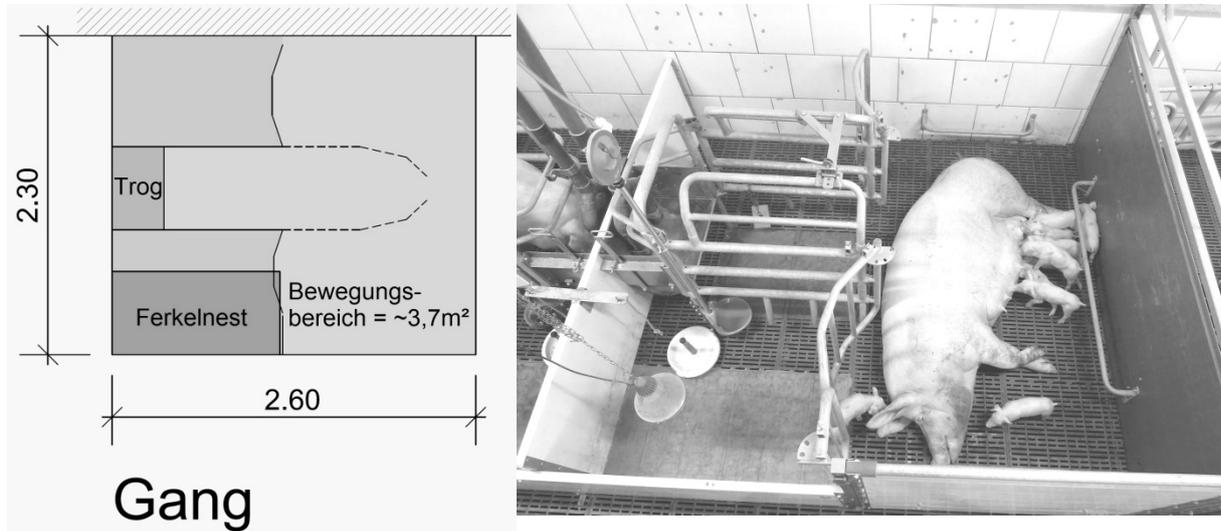
## Gang



**Bild 5:** Typ „Gerade schmal“

In der „Flügelbucht“ (Bild 6) wurde eine parallel zum Betreuungsgang ausgerichtete Anordnung des Ferkelschutzkorbs realisiert. Die Tiefe beträgt 2,30 m zwischen Gang

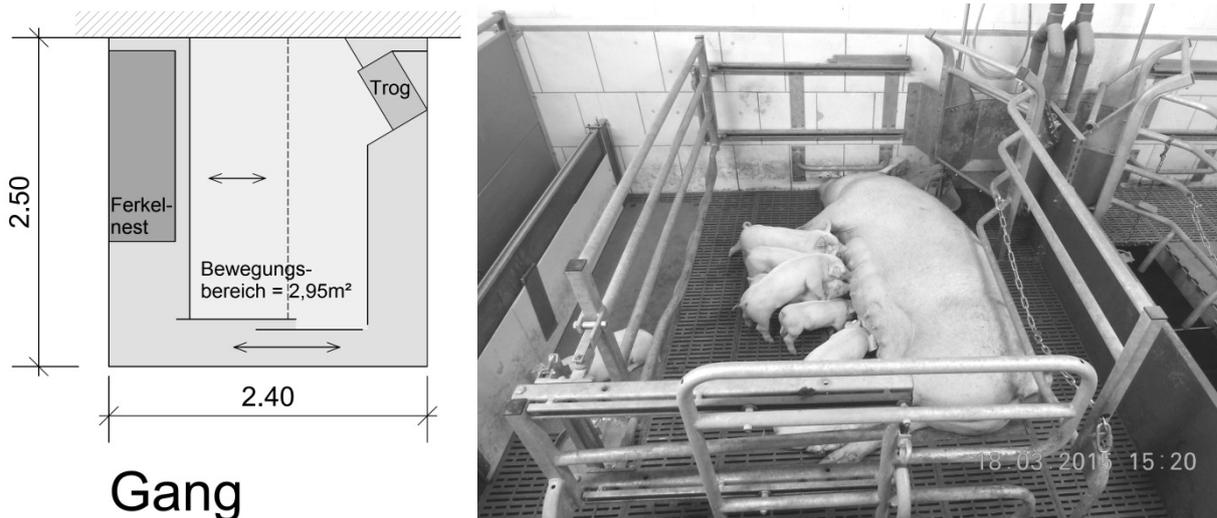
und Abteilwand, ihre Breite misst 2,60 m. Der Bewegungsbereich entsteht durch das rechtwinklige Abknicken der Ferkelschutzkorbseiten auf etwa halber Länge und bietet der Muttersau eine Fläche von ca. 3,7 m<sup>2</sup>.



**Bild 6:** Typ „Flügelbucht“

In der „Goldbrunnerbucht“ (Bild 7) wurde eine gerade Ausrichtung des Sauenstands mit Orientierung des Trogs zur Abteilwand umgesetzt. Die seitlich versetzte Anordnung des Trogs erlaubt gegenüber den zuvor beschriebenen Buchten „Gerade-schmal“ und „Gerade-breit“ eine geringere Buchtentiefe. Dieses verkürzte Längenmaß ermöglicht speziell diesen Buchtentyp, als Umbauvariante in bestehende Stallgebäude einzubauen, vor dem Hintergrund, der dort oft vorzufindenden schmalen Güllekanäle.

Der Bewegungsbereich der Sau entsteht durch das parallele, seitliche Verschieben eines Seitenteils des Ferkelschutzkorbs. Diese Bucht verfügt über eine Tiefe von 2,50 m zwischen Gang und Wand und eine Breite von 2,40 m. Der Bewegungsbereich für die Sau umfasst bei diesem System ca. 2,95 m<sup>2</sup>.



**Bild 7:** Typ „Goldbrunnerbucht“

### 3.3 Datenerhebung und Datenauswertung

Zur Bewertung arbeitswirtschaftlicher Kriterien wie Handhabung, Funktionalität und Arbeitssicherheit der Stalleinrichtung, wurden im Verlauf der Abferkeldurchgänge im Anschluss an die einzelnen Arbeitsschritte strukturierte Interviews mit den betreuenden Personen geführt. Diese Befragungen wurden zu jedem der Systeme inklusive der beiden konventionellen Kontrollvarianten separat durchgeführt. Alle anfallenden Arbeiten wurden ihrer chronologischen Abfolge entsprechend in insgesamt 13 Teilinterviews wie z.B. Desinfizieren der Buchten, Einstallen, Abferkeln, Öffnen der Ferkelschutzkörbe bis hin zum Ausstallen und Waschen der Buchten aufgeteilt. Die Interviews wurden hierfür auf der Umfragewebsite „LimeSurvey“ digitalisiert und sind mittels eines Tablet-PCs vor Ort in den Stallabteilen, direkt vor den jeweiligen Buchten durchgeführt worden. Wenn möglich, wurden teilweise mehrere Personen zum gleichen Arbeitsgang getrennt voneinander befragt. Insgesamt wurden so 687 auswertbare Einzelinterviews geführt. Es konnten Daten von insgesamt 71 beobachteten Würfen aus insgesamt fünf Abferkeldurchgängen berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Interviews wurden die Bewertungen in vier Stufen „sehr gut“, „gut“, „ausreichend“ und „mangelhaft“ erfasst. Diese Stufen wurden zur Auswertung in die Noten 1 (= sehr gut), 2 (= gut), 3 (= ausreichend) und 4 (= mangelhaft) transformiert. In die Bewertung der Buchtentypen sollten alle befragten Personen mit der gleichen Gewichtung eingehen, unabhängig davon, ob sie im Rahmen der Interviews in mehreren Durchgängen oder nur einmal befragt worden waren. Deshalb wurde,

nachdem eine Sichtung der Daten keine Anzeichen auf eine sich im Verlauf des Projekts ändernde Bewertung durch dieselbe Person ergeben hatte, aus den Einzelnoten zunächst eine Durchschnittsnote je befragter Person errechnet und diese Durchschnittsnoten dann zu einem Gesamtmittel je Buchtentyp zusammengefasst.

## **4 Ergebnisse und Diskussion**

Im Folgenden wird der Teilbereich der Ergebnisse vorgestellt, aus denen besonders aussagekräftige Informationen zu den Funktionsmaßen und zur Ausrichtung der Buchten gewonnen werden kann.

### **4.1 Ein- und Ausstallen der Sauen**

Bei den Beurteilungen zum Eintreiben der Sauen (Tabelle 1) wurden die Buchten „Diagonal breit“, „Diagonal schmal“ und die „Flügelbucht“ mit einer Durchschnittsnote von 1,89 am besten bewertet. Dies dürfte darauf zurück zu führen sein, dass Bucht und Ferkelschutzkorb für die eintretende Sau weit geöffnet werden konnten und die Sau zügig im Ferkelschutzkorb fixiert werden konnte.

Im Mittelfeld befinden sich die beiden konventionellen Systeme und die Bucht „Gerade breit“ jeweils mit der Wertnote 2,0. Am schlechtesten wurden die „Goldbrunnerbucht“ mit der Note 2,5 und die „Gerade schmal“ mit 2,56 beurteilt. Bei der „Goldbrunnerbucht“ ist die Öffnung des Einstallbereichs für die Sau, in Form einer Schiebetür, relativ schmal gehalten (siehe Bild 7) und kann von der Sau beim Eintreiben daher leicht mit dem Zugang zu den seitlichen Nebenbereichen des Ferkelschutzkorbs verwechselt werden. Bei der „Geraden schmal“ ist eine 180°-Wendung der Sau erforderlich. Dadurch erwies sich das Einstellen aufgrund der geringen Buchtenbreite von 2 m in Kombination mit der Tatsache, dass zudem ein Seitenteil des Ferkelschutzkorbs mit nicht unerheblichem Kraftaufwand durch Teleskopieren verkürzt werden musste, als relativ aufwändig und schwierig. Dieses Handicap der Bucht spiegelt sich auch in den Bewertungen für das Ausstallen der Sauen wieder. Hier wurde die „Gerade schmal“ mit der Durchschnittsnote von 2,4 an drittletzter Stelle bewertet.

Auf den beiden letzten Bewertungsplätzen für das Ausstallen, respektive das Austreiben der Sau werden die beiden Kontrollbuchten „konventionell Parallel“ mit 2,5 und „konventionell Gerade“ mit 2,7 bewertet. Dies dürfte dadurch bedingt sein, dass

das erforderliche Rückwärtsrichten der Sauen zu Verzögerungen führt. Beim Ausstallen waren daher alle Bewegungsbuchten den Buchten mit durchgehender Fixierung der Sau überlegen.

**Tabelle 1:** Ein- und Ausstallen der Sauen

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht	konven- tionell Gerade	konven- tionell Parallel
Eintreiben	1,89	1,89	2,00	2,56	1,89	2,50	2,00	2,00
Austreiben	1,60	1,90	1,90	2,40	2,00	1,38	2,70	2,50

## 4.2 Übersichtlichkeit über Tiere und Buchten

Wie in der Tabelle 2, bei der Bewertung der Übersichtlichkeit zu den Geburten klar zu erkennen ist, werden die Buchten mit der Ausrichtung des Geburtsbereichs der Sau zum Gang, nach bekanntem konventionellem Muster bevorzugt. Hier ist der Fortgang des Geburtsprozesses am einfachsten vom Gang aus einzusehen. Folglich sind die am besten beurteilten Buchten die „konventionell Gerade“ mit einer Durchschnittsnote von 1,22 gefolgt von der „Goldbrunnerbucht“ mit 1,38. Im Mittelfeld stehen die Buchten, die über parallel und diagonal ausgerichtete Ferkelschutzkörbe verfügen und in denen ein Teil des relevanten Buchtenbereichs durch die Sau verdeckt werden kann. Diese sind die Typen „Flügelbucht“ und „Diagonal schmal“ mit einer Bewertung von 2,08, gefolgt von „Diagonal breit“ mit 2,11 und der „konventionell Parallel“ mit 2,4. Am schlechtesten bewertet werden die Buchten „Gerade breit“ und „Gerade schmal“, bei denen der Geburtsbereich der Sauen zur Abteiwand gerichtet ist.

Bei der Bewertung der Übersichtlichkeit vor der täglichen Reinigung der Buchten ist bei geschlossenem Ferkelschutzkorb die Bevorzugung der geraden Anordnung der Sauen in gleicher Weise wieder zu erkennen. „Konventionelle Gerade“ und „Goldbrunnerbucht“ schneiden mit 1,72 bzw. 1,98 am besten ab. Hier werden verdeckte und zu knapp dimensionierte Bereiche vor allem neben der Sau negativ beurteilt, siehe „Diagonal schmal“, „Gerade schmal“ und „Flügelbucht“ mit der Note 2,5 sowie die „Gerade breit“ mit 2,55 und an letzter Stelle die „konventionell Parallel“ mit 2,58.

Auffallend ist, dass die Bewegungsbuchten, mit Ausnahme der Goldbrunnerbucht, bezogen auf ihre Übersichtlichkeit bei geöffnetem Ferkelschutzkorb insgesamt besser beurteilt wurden.

**Tabelle 2:** Übersichtlichkeit über Tiere und Buchten (Tierbeobachtung vom Gang)

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht	konven- -tionell Gerade	konven- -tionell Parallel
zu den Geburten	2,11	2,08	3,31	3,25	2,08	1,38	1,22	2,40
Buchtenreinigung bei <b>geschlossenem</b> Ferkelschutzkorb	2,30	2,50	2,55	2,50	2,50	1,98	1,72	2,58
Buchtenreinigung bei <b>geöffnetem</b> Ferkelschutzkorb	1,86	2,11	2,00	2,06	2,42	2,13	-	-

### 4.3 Kontrolle und Reinigung der Sauentröge

Bei der Bewertung der täglichen Trogkontrolle (siehe Tabelle 3), als Inaugenscheinnahme ohne tätige Eingriffe schneiden die Buchten, bei denen der Sauentrog am Betreuungsgang positioniert ist, eindeutig am besten ab. Der Abstand zwischen der „Gerade schmal“ mit 1,0 und der „Gerade breit“ mit der Note 1,4 dürfte auf eine unübersichtlichere Ausführung des Troges der „Gerade breit“ zurück zu führen sein. Im Mittelfeld liegen die Buchten mit paralleler Aufstellung des Ferkelschutzkorbs, die „Flügelbucht“ und die „konventionell Parallel“, beide mit einer Durchschnittsnote von 2,0. Am schlechtesten wurden die Systeme beurteilt, bei denen der Trog am weitesten vom Betreuungsgang entfernt liegt. Dies waren die beiden Buchten mit diagonaler Anordnung des Ferkelschutzkorbs und die geraden Aufstellungen „Goldbrunnerbucht“ und „konventionell Gerade“, alle einheitlich bewertet mit der Note 2,8.

Bei der Trogreinigung ist zu berücksichtigen, dass alle Sauentröge mit einer Reinigungsöffnung ausgestattet bzw. als Kipptrog ausgeführt waren. Ein Wasseranschluss mit Schlauch stand in allen Fällen unmittelbar neben dem Trog direkt zur Verfügung.

In der Benotung der Reinigung erzielte die „Gerade schmal“ mit 1,76 auch hier die beste Bewertung, bedingt durch den gut zu erreichenden, übersichtlichen Kipptrog. Ausschlaggebend für diese Bewertung ist, zusätzlich zur günstigen Positionierung des Trogs, der Kippmechanismus, welcher ein komfortables Reinigen des Trogs direkt vom Gang aus, ohne Betreten der Bucht, ermöglicht. Im Mittelfeld liegen die beiden konventionellen Buchten „konventionell Gerade“ mit 2,2 und „konventionell Parallel“ mit 2,33 sowie die „Flügelbucht“ mit 2,31. Auch wenn bei diesen Systemen der Trog nicht direkt am Gang positioniert ist, ist er für die Tierbetreuer zumindest gut zu

erreichen. Die „Flügelbucht“ verfügt über einen Kipptrog, während die Tröge der anderen Buchten mit einem gut funktionierenden Bajonett-Verschluss ausgestattet sind.

Obwohl sich auch bei der Bucht „Gerade breit“ der Trog direkt am Gang befindet, liegt dieses System mit einer Benotung von 2,51 für die Trogreinigung an drittletzter Stelle. Die Gründe für diese Bewertung sind zum einen, dass der Trog über einen schwer zu handhabenden Arretier-Verschluss direkt auf den Betreuungsgang entwässert werden muss, was voraussetzt, dass der Gang mit perforiertem Fußboden ausgestattet sein sollte. Zum anderen verfügt der Edelstahltrög in seiner Formgebung über eine derartige Blechkantung, die das Spritzverhalten beim Reinigen mit dem Wasserstrahl negativ beeinflusst.

Die schlechtesten Bewertungen innerhalb dieser Reihe erhalten die Buchten mit diagonaler Trogausrichtung. Obwohl die „Diagonal schmal“ mit einem Kipptrog ausgestattet ist, wird sie hier mit der Note 2,98 bewertet, was wohl auf den beengten Arbeitsraum zur Durchführung der Trogreinigung zurückzuführen ist. Die „Goldbrunnerbucht“ verfügt zusätzlich nicht über einen Kipptrog. Die „Diagonal breit“ bildet mit der Note von 3,62 das Schlusslicht. Auch bei dieser Bucht liegt der Grund für diese Bewertung in der Kombination aus dem negativen Spritzverhalten beim Reinigen und einem komplizierten Stopfenverschluss, der zum Entwässern mit einer „Lanze“ aus dem Boden des Trogs herausgeschraubt werden muss.

**Tabelle 3:** Kontrolle und Reinigung der Sauentröge

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügelbucht	Goldbrunnerbucht	konventionell Gerade	konventionell Parallel
Einsehbarkeit und Kontrolle vom Betreuungsgang aus	2,80	2,80	1,40	1,00	2,00	2,80	2,80	2,00
Reinigung, als durchschnittliche Bewertung bei geschlossenem und geöffnetem Ferkelschutzkorb	3,62	2,98	2,51	1,76	2,31	2,74	2,20	2,33

#### 4.4 Entmisten bzw. Reinigen der Buchten

Wie aus Tabelle 4 zu entnehmen ist, wurden die Entmistungen bei geschlossenem Ferkelschutzkorb bei den Buchten am schlechtesten beurteilt, bei denen hinter der Sau nicht ausreichend Platz für das Handhaben der Reinigungsgeräte vorhanden war. Hervorzuheben sind hier die Bewertungen der Buchten „Diagonal schmal“ mit der Durchschnittsnote 2,8, „Flügelbucht“ mit 2,9, „konventionelle Gerade“ mit 3,0 und an letzter Stelle die „Goldbrunnerbucht“ mit 3,64. Hier wirkte sich die komplexe Konstruktion des Ferkelschutzkorbs negativ aus.

Waren bei den Bewegungsbuchten erst die Ferkelschutzkörbe geöffnet, wurde die Durchführung der Entmistungsarbeiten insgesamt besser bewertet, was durch das höhere Platzangebot zum Ausführen dieser Arbeiten begründet war. Die zu reinigenden Bewegungsbereiche sollen zudem auf möglichst kurzem Weg direkt erreichbar bzw. betretbar sein. Systeme, die diese Anforderungen erfüllen, wurden entsprechend gut bewertet, wie die „Flügelbucht“ mit 2,19 und die „Gerade breit“ mit der Note 2,22. Hier bestehen die „Hindernisse“, die zum Erreichen des Bewegungsbereichs überwunden werden müssen, lediglich aus einer direkt zu öffnenden Buchtentür bzw. aus einem sehr leicht zu öffnenden Seitenteil des Ferkelschutzkorbs (siehe Bild 4 und Bild 6). Vor allem Engstellen und störende bzw. kompliziert zu öffnende Aufstallungselemente wurden beim Zugang der zu reinigenden Bereiche negativ bewertet. Ein extremes Beispiel hierfür ist die Bucht „Gerade schmal“ (Note 2,92), bei der zum Reinigen des Bewegungsbereichs der Sau ein schwergängiger Bolzenverschluss gelöst werden muss.

**Tabelle 4:** Entmisten bzw. Reinigen der Buchten

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht	konven- tionell Gerade	konven- tionell Parallel
Buchtenreinigung bei <b>geschlossenem</b> Ferkelschutzkorb	2,50	2,80	2,55	2,60	2,90	3,64	3,00	2,17
Buchtenreinigung bei <b>geöffnetem</b> Ferkelschutzkorb	2,42	2,72	2,22	2,92	2,19	2,40	-	-

#### 4.5 Betreuung der Geburten

Die reguläre Betreuung der Geburten umfasst Tätigkeiten wie z.B. Trockenreiben der Ferkel, Befreien der Atemwege von Geburtsschleim, bereits abgenabelte Ferkel aus gefährdenden Bereichen bzw. Situationen entfernen und ggf. an das Gesäuge der Muttersau setzen, etc. Wie in Tabelle 5 zu ersehen ist, werden bei der Betreuung der regulär verlaufenden Geburten die Buchten mit der Ausrichtung des Geburtsbereichs der Sau zum Gang am besten bewertet. Konkret die „konventionell Gerade“ mit 2,06, die „Goldbrunnerbucht“ mit 2,17 und an dritter Stelle „Diagonal breit“ mit 2,19. Entsprechend bilden die Systeme „Gerade breit“ mit der Durchschnittsnote 2,47 und die „Gerade schmal“ mit 2,83 das Schlusslicht.

Bei der praktischen Geburtshilfe hingegen ist offensichtlich der verfügbare Platz direkt hinter der Sau entscheidend. Auch hier werden die Buchten „konventionell Gerade“ mit der Note 2,37 und die „Goldbrunnerbucht“ mit 2,4 am besten bewertet. Entscheidend für diese Bewertung ist, dass durch das Öffnen bzw. Entfernen der Buchtentüren der die Geburtshilfe leistende Betreuer sich am Kontrollgang positionieren kann und dort genug Platz vorfindet, um seine Tätigkeit ungehindert durchführen zu können.

Beim Vergleich der Buchten „Flügelbucht“ mit 2,60 m Länge in Richtung des Ferkelschutzkorbs, „Gerade Breit“ mit effektiv 2,75 m Länge (2,60 m Bucht + 15 cm Trog) und der „Gerade schmal“ mit 3 m Länge wird klar, dass jede Verlängerung der Bucht und damit der zunehmende Platz hinter der Sau positiv bewertet wird. Auffallend ist die relativ schlechte Bewertung der „Diagonal breit“ mit 2,80. Obwohl diese Bucht sehr geräumig ist, führte die gewählte Positionierung des Ferkelschutzkorbs in Verbindung mit Ferkelschutzbügeln an der dahinter liegenden Trennwand zu Engstellen. Zu eng war offensichtlich auch die Anordnung in der „Diagonal schmal“, die mit 3,17 beurteilt wurde. An letzter Stelle steht die „konventionell Parallel“ mit der Note 3,5, bei der extrem schwergängige Ferkelschutzkorbtüren die Geburtshilfe behindern.

**Tabelle 5:** Betreuung der Geburten

<b>Interview / Fragestellung</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügelbucht	Goldbrunnerbucht	konventionell Gerade	konventionell Parallel
reguläre Geburten	2,19	2,39	2,47	2,83	2,31	2,17	2,06	2,40
praktische Geburtshilfe	2,80	3,17	2,87	2,63	3,00	2,40	2,37	3,50

#### 4.6 Schließen und Öffnen der Ferkelschutzkörbe

Das Schließen der Ferkelschutzkörbe wird zum Fixieren der Muttersau durchgeführt. Dies geschieht primär zum Verhindern vom Erdrücken der Ferkel im kritischen Zeitraum ihrer ersten Lebensstage, aber auch zum Durchführen von Tierbehandlungen, um die Betreuer vor der ferkelverteidigenden Sau zu schützen. Das Öffnen der Körbe hingegen ermöglicht der Muttersau die Nutzung des Bewegungsbereichs. Wie in Tabelle 6 beim Schließen und Öffnen der Ferkelschutzkörbe (Tabelle 6) zu erkennen ist, sind möglichst einfach zu handhabende und leichtgängige Verschlussmechanismen für zügiges Öffnen bzw. Verriegeln der Ferkelschutzkörbe gefragt. Hieraus lässt sich die beste Bewertung der „Geraden breit“ mit den Noten 1,79 für das Ferkelschutzkorb-Schließen und 1,73 für das Öffnen ableiten. An zweiter Stelle befindet sich die „Flügelbucht“ (Schließen: 2,07 und Öffnen: 2,29), an dritter Stelle steht die „Diagonal schmal“ (Schließen: 2,57 und Öffnen: 2,63). Obwohl bei der „Diagonal schmal“ auch ein etwas aufwändiges Längenanpassen des Ferkelschutzkorbs erforderlich ist, tragen bei diesen beiden Systemen wohl vor allem die gut zu handhabenden Verschlussmechanismen der Ferkelschutzkörbe zur noch guten Bewertung bei.

Bei der Bewertung des Schließens des Schutzkorbs fällt vor allem die „Gerade schmal“ mit der schlechtesten Note von 2,95 auf, obwohl der Korb über den gleichen Verschlussmechanismus verfügt wie die „Diagonal schmal“. Der Grund für die negative Bewertung ist hier auf die Kombination zwischen dem erforderlichen Teleskopieren der Schubstücke der schweren Ferkelschutzkorb-Seitenteile mit dem vorhandenen Platzmangel in der Bucht (schmalste Buchtenbreite = 2 m; siehe Bewertung der Einstallsituation) zurückzuführen. Eine Alternative, die diese Buchtenkonstruktion bietet, ist das senkrechte Hochklappen und Arretieren des in der Buchtenmitte befindlichen Ferkelschutzkorbseitenteils, welches aber aus Gründen der Unhandlichkeit und des hohen Eigengewichts dieses Elements von den Tierbetreuern fast überhaupt nicht genutzt wird. Bei der Bewertung des Öffnens der Schutzkörbe erhielt die „Goldbrunnerbucht“ mit 3,07 die schlechteste Note (beim Schließen mit 2,88 die Zweitschlechteste). Das war vor allem durch die Laufschiene begründet, in denen das Seitenteil des Schutzkorbs zum Fixieren der Sau parallel verschoben werden musste. Diese Bauteile neigen zum Verkanten und erschweren somit die durchzuführenden Arbeiten.

**Tabelle 6:** Schließen und Öffnen der Ferkelschutzkörbe

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht
Schließen der Ferkelschutzkörbe (Einstellen, Myco+Circo-Impfung)	2,81	2,57	1,79	2,95	2,07	2,88
Öffnen der Ferkelschutzkörbe (7. Lebenstag der Ferkel, Myco+Circo-Impfung)	2,92	2,63	1,73	2,75	2,29	3,07

#### 4.7 Fangen der Ferkel

Betrachtet man die durchschnittlichen Bewertungen zum Fangen der Ferkel (Tabelle 7), wozu die Sauen stets in den geschlossenen Ferkelschutzkörben fixiert wurden, so besticht die beste Bewertung der Bucht „konventionell Gerade“ mit einer Durchschnittsnote von 2,2. In dieser Bucht ist zum Fangen der Ferkel rechts und links neben dem Ferkelschutzkorb genügend Platz für die Arbeit der Tierbetreuer. Hinzu kommt die geringere Buchtenfläche mit ca. 4,68 m<sup>2</sup> statt 6 m<sup>2</sup>, wie bei den Bewegungsbuchten. Die Folgeplätze in der Bewertung belegen die „Flügelbucht“ mit der Note 2,57, die „Diagonale breit“ mit 2,68, dicht gefolgt von der „konventionell Parallel“ mit 2,7. Auch hier ist der Arbeitsraum für die Tierbetreuer ausreichend dimensioniert. Lediglich die Sauentröge, die vor allem bei diagonalen Aufstallungen etwas größer ausfallen und unter denen sich die Ferkel gerne verstecken, wurden bei diesen drei Buchten etwas bemängelt. Die schlechtesten Bewertungen erhalten die Buchten „Gerade breit“ mit der Note 2,81, die „Gerade schmal“ mit 2,92 und an letzter Stelle die „Diagonal schmal“ mit 2,97. Bei den ersten beiden dieser Systeme ist der Ferkelschutzkorb mit der fixierten Muttersau so in der Bucht positioniert, dass auf einer Seite zu wenig Platz für die betreuenden Personen ist und somit die Ferkel hier schwieriger zu erreichen sind. Bei der „Diagonal schmal“ liegt es an der Kombination aus dem zu engen Durchgang hinter dem Ferkelschutzkorb in den hinteren Teil der Bucht und dem zu großen Trogunterbereich (siehe Bild 3). Zwischen diesen Bewertungen liegt die „Goldbrunnerbucht“ mit einer Durchschnittsnote von 2,76. In dieser Bucht ist zwar beidseitig neben dem Standplatz der Sau ausreichend Platz für die Arbeit der Fänger vorhanden, allerdings ist der Bereich vorne am Kopf der Sau durch den seitlich versetzten Trog zu groß dimensioniert (siehe Bild 7). Zusätzlich störend sind der Schiebemechanismus für die Tür zum Sauenbereich, der weit in die Bucht hineinreicht sowie der zu knapp dimensionierte Bereich hinter der Sau, welche das Umlaufen des Ferkelschutzkorbs erschweren.

**Tabelle 7:** Fangen der Ferkel

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht	konven- tionell Gerade	konven- tionell Parallel
Wurfbehandlungen (nach der Geburt)	2,75	3,08	3,08	2,81	2,64	2,83	2,19	2,60
Kastrieren	2,92	3,14	2,90	3,10	2,81	2,89	2,42	3,50
Myco-Circo-Impfung	2,38	2,69	2,44	2,86	2,25	2,57	2,00	2,00
<b>durchschnittliche Bewertung</b>	<b>2,68</b>	<b>2,97</b>	<b>2,81</b>	<b>2,92</b>	<b>2,57</b>	<b>2,76</b>	<b>2,20</b>	<b>2,70</b>

#### 4.8 Gefährliche Tierkontakte

Wie Tabelle 6 zeigt, wurden im Rahmen der Interviews insgesamt 23 als bedrohlich empfundene Situationen (bei insgesamt 71 beobachteten Würfen) von den Befragten angegeben. In nur einem Fall kam es hierbei zu einem physischen Kontakt zwischen einer Muttersau und der tierbetreuenden Person. Am häufigsten treten diese kritischen Situationen beim Fangen der Ferkel, mit insgesamt 9 Fällen auf, was einer Quote von ca. 40 % entspricht. Beim Schließen respektive Öffnen der Ferkelschutzkörbe kam es sieben Mal zu einer bedrohlichen Situation, was einer Quote von ca. 30 % entspricht. Hierbei wirken sich vor allem komplizierte und schwergängige Mechanismen der Ferkelschutzkörbe negativ aus. Hierbei wird die Aufmerksamkeit der Sau in der Regel auf die arbeitende Person gelenkt, welche in diesem Moment häufig in ihren Reaktionsmöglichkeiten einschränkt ist.

Auffallend ist, dass für die konventionellen Buchten die wenigsten bedrohlichen Situationen angegeben wurden.

**Tabelle 8:** Gefährliche Tierkontakte

<b>Interview</b>	Diagonal breit	Diagonal schmal	Gerade breit	Gerade schmal	Flügel- bucht	Gold- brunner- bucht	konven- tionell Gerade	konven- tionell Parallel
<b>Geburtshilfe</b>							1	
<b>Ferkelfangen</b> Wurfbehandlungen, Kastrieren und Impfen	2	2	1	3			1	
<b>Schließen / Öffnen</b> der Ferkelschutzkörbe	3	1		2		1		
<b>Reinigung</b> des Sauentrogs		1						
<b>Reinigung</b> der Tränke						2		
<b>Reinigung</b> der Bucht					1	2		

## 5 Fazit

Aus den Ergebnissen der vorgestellten Untersuchung ist keine eindeutige Präferenz der tierbetreuenden Personen zu einer speziellen Anordnung bzw. Bucht zu erkennen. Alle untersuchten Buchtentypen sind prinzipiell in der Praxis einsetzbar. Bei geraden Aufstellungen sollte ein Längenmaß von min. 2,75 m gegeben sein (bestehend aus hochgelegtem Trog, Stand- bzw. Liegeplatz der Sau und ausreichend Platz für den Geburtsbereich). Die Buchtenbreite sollte hier min. 2,15 m betragen.

Diagonale Anordnungen der Ferkelschutzkörbe sind mit Buchtenabmessungen von 2,6 m Breite und 2,3 m Tiefe, alternativ  $B = 2,5 \text{ m} \times T = 2,4 \text{ m}$  günstig zu gestalten.

Dadurch, dass die meisten gefährlichen Tierkontakte zwischen Muttersau und Tierbetreuern beim Fangen der Ferkel zu Behandlungen und beim Öffnen und Schließen der Ferkelschutzkörbe auftraten, sollten sich Ferkelschutzkörbe, zum Fixieren der Sau, möglichst einfach und schnell schließen bzw. öffnen lassen. Aufwendige und komplizierte Verstell- und Anpassungsmechanismen sollten für ein temporäres Fixieren der Sau möglichst vermieden werden.

## 6 Literaturangaben

- [1] Bohnenkamp et al., A.-L. (2011). Krieter, J. und Müller, K.; Sauen liegen gern im Ferkelschutzkorb; Spezialprogramm Schweinehaltung, 12/2011; Landwirtschaftsverlag GmbH, 48084 Münster-Hiltrup, ISSN: 0636-8329 top agrar, S. S14, S15.
- [2] The EFSA Journal (2007): Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems (613, p. 1-20), European Food Safety Authority
- [3] EIF Richtlinie, Merkblatt zu den baulichen Anforderungen an eine besonders tiergerechte Haltung (2015): Anlage 1 zur Richtlinie Einzelbetriebliche Investitionsförderung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten
- [4] Initiative Tierwohl (2015): Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH, Bonn, <http://initiative-tierwohl.de/faq/>, 23.03.2015
- [5] Pro-Sau. (2014). Der Weg zur Abferkelbucht 2033; aus DER FORTSCHRITTLICHE LANDWIRT, Heft 4; S. 28-29; Landwirt Agrarmedien GmbH, Graz
- [6] Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2014): TierSchutzNutztV in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert wurde. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, Berlin

# Herzfrequenzmessung zur Bestimmung der Beanspruchung von MelkerInnen beim Melken in Melkständen oberösterreichischer Betriebe

Magdalena Mayrhofer<sup>1</sup>, Bakk. rer. nat. M.Sc. Bernhard Prinz<sup>2</sup>,  
Dr. Alfred Nimmerichter<sup>2</sup>, Assoc. Prof. Dr. Elisabeth Quendler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

<sup>2</sup>FH Wiener Neustadt, Training und Sport

Johannes Gutenberg-Straße 3, A-2700 Wiener Neustadt

## **Abstract**

*The impact of milking systems and modern milking parlors in dairy farming on men's and women's physical strain is little known. Therefore, this study aimed to record and evaluate the physical strain during the entire milking process in four female and four male milkers aged from 45 to 52 years. The heart rate (HR) was recorded with an ECG- and activity sensor (Movisens, Karlsruhe) on four dairy farms in Austria during the milking process in the milking parlor types "side by side" and "herringbone swing-over." For assessing the physical strain precisely, the entire milking process was divided into preparation work, milking and follow-up work. Descriptive statistics and unpaired t-tests were used to evaluate the physical strain in female and male milkers. The entire milking process was executed with an average heart rate of 106 bpm in females and 90 bpm in males (total mean 98 bpm). The HR during the preparation work (101 bpm), milking (97 bpm) and follow-up work (102 bpm) were below the anaerobic threshold.*

## **1 Zusammenfassung**

In der Milchviehhaltung sind die Auswirkungen verschiedener Melksysteme sowie die Ausstattung moderner Melkstände auf die physische Belastung bei Männern und Frauen wenig bekannt. Ziel der Untersuchung war die Quantifizierung der physischen Belastung im Melkstand über die Herzfrequenz, um Optimierungsstrategien für die Gestaltung des Melkstandes und die Arbeitsweise unterhalb der Dauerleistungsgrenze ableiten zu können.

Zur Beanspruchungsermittlung wurde der Movisens EKG- und Aktivitätssensor eingesetzt. Die Messungen wurden auf vier Milchviehbetrieben in Oberösterreich bei acht Personen durchgeführt, wobei die MelkerInnen vier männliche und vier weibliche

Probanden waren. Die Datenaufnahme an den Probanden erfolgte während der gesamten Melkarbeit in den Melkstandtypen Side by Side und Fischgräten Swing-Over. Zur genaueren Analyse der Beanspruchung wurde die Melkarbeit in die Arbeitsbereiche Vorbereitungsarbeit, Melkprozess und Nachbereitungsarbeit unterteilt. Die Daten wurden genderspezifisch deskriptiv und analytisch ausgewertet und mit den vorhandenen Literaturergebnissen evaluiert. Die gesamte Melkarbeit (86 min) wurde von den MelkerInnen unter der Dauerleistungsgrenze verrichtet und war für die Frauen (106 bpm) eine schwere und die Männer (90 bpm) eine mittelschwere Arbeit. Die mittlere Herzfrequenz betrug 98 bpm. Die Dauerleistungsgrenze wurde bei den Vor- (101 bpm) und Nachbereitungsarbeiten (102 bpm) sowie beim Melken (97 bpm) nicht überschritten.

## **2 Problemstellung**

Die Milchviehhaltung ist nicht nur durch einen hohen Arbeitszeitaufwand, sondern auch durch einen hohen Anteil an regelmäßig wiederkehrenden und zeitgebundenen Arbeiten gekennzeichnet (WOLKERSDORFER, 2012).

Nach AUERNHAMMER (1989) resultiert die Arbeitsbeanspruchung aus der körperlichen und geistigen Tätigkeit unter Einwirkung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebung. In Abhängigkeit von der technischen und baulichen Ausstattung ist die Melkperson verschiedenen Belastungen ausgesetzt (HOEHNE-HÜCKSTÄDT, 2009). Nach JAKOB ET AL. (2007) haben die Parameter geschlechtsspezifische Körpergröße und Körpergewicht sowie Schulterhöhe und Armlänge einen Einfluss auf die Höhe der Arbeitsbelastung. Zwar gibt es einige Studien zu Muskel- und Skeletterkrankungen beim Melken, doch es ist wenig über die Auswirkungen verschiedener Melksysteme und die Ausstattung moderner Melkstände auf die physische Belastung des Melkers bekannt (HOEHNE-HÜCKSTÄDT, 2009). LUDER ET AL. (1986) erfassten die Herzfrequenz beim Melken im Melkstand (86,5 bpm) mit zwei aufgeklebten Sensoren und einem am Hosengürtel getragenen Recorder. NEVALA-PURANEN ET AL. (1996) zeichneten die Herzfrequenz (95 bpm) während der Melkarbeit im 15 Sekunden Intervall mit einem Kardiometer (Polar Electronic, Finnland) auf. Als handliches und bedienerfreundliches psychophysiologisches ambulantes Messsystem, optimiert für den Forschungseinsatz, zur Ermittlung der Herzfrequenz eignet sich der EKG und Aktivitätssensor (Movisens, Karlsruhe, Deutschland), der einfach mittels Brustgurt als auch mit Einweg-Elektroden getragen

werden kann (MOVISENS, 2015). AHONEN ET AL. (1990) verweisen auf die Notwendigkeit von Untersuchungen, die die Höhe der physischen Belastung durch die neueren Melksysteme belegen.

### **3 Material und Methoden**

Die Erhebung wurde vom 19. bis 22. März 2015 auf vier oberösterreichischen Milchviehbetrieben mit 8 MelkerInnen durchgeführt. Das Alter lag im Mittel bei 50 Jahren (STABW= 2,4) (n=8) und der Body-Mass-Index bei 24,4 kg/m<sup>2</sup> (STABW=3,5) (n=8). Die Probanden molken in den Melkstandtypen 2x4 Swing-Over Fischgräten-Melkstand (FG) (n=4) und 1x4 SbS (n=2) sowie 2x4 Side by Side (n=2) Melkstand. Der Melkstand, die Melkgrube und die Melkeinheiten wurden mit einem Hochdruckreiniger (n=2) oder einem Wasserschlauch mit Spritzdüse (n=2) gereinigt. Während der Datenaufnahme herrschten eine mittlere Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit von 10,5 °C und 69,2 % im Melkstand (n=8) vor. Die Arbeit beim täglichen Melken umfasste die Vorbereitungsarbeiten in und außerhalb der Melkgrube (Milchtank vorbereiten, Milchfilter einlegen, Melkeinheiten vorbereiten, Kühe in den Wartebereich treiben, Vakuumpumpe einschalten,...), den Melkprozess in der Melkgrube (Euter reinigen, Vormelken, Melkeinheiten anhängen/kontrollieren/abnehmen,...) und die Nachbereitungsarbeiten in und außerhalb der Melkgrube (Vakuumpumpe ausschalten, Milchfilter entnehmen, Melkeinheiten nachbereiten, Melkstand reinigen, Milchtank nachbereiten,....)

Die physische Belastung während der gesamten Melkarbeit sowie nach Arbeitsvorgängen wurde anhand der Herzfrequenz (HR) in bpm (Movisens EKG- und Aktivitätssensor, Karlsruhe) gemessen. Das Datenmaterial wurde deskriptiv mit dem Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel 2007) ausgewertet. Zur Überprüfung von Unterschieden zwischen den Geschlechtern wurde ein t-Test für unverbundene Stichproben beziehungsweise ein Wilcoxon-Test herangezogen.

### **4 Ergebnisse und Diskussion**

Ergebnisse zur Tätigkeit Melken liegen zu den Arbeitsteilvorgängen der Bereiche Vor- und Nachbereitungsarbeiten und Melken im Melkstand vor.

#### **Vorbereitungsarbeit**

Bei der Vorbereitungsarbeit, die im Mittel 7 Arbeitskraftminuten (Akmin) dauerte, lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei den MelkerInnen bei 101 bpm, welche den

Grenzwert der arbeitsphysiologischen Dauerleistungsgrenze von 110 bpm nicht überschritt (HARTMANN ET AL., 2013). Gemäß diesem Niveau entsprach die Vorbereitungsarbeit bei den Frauen einer schweren und bei den Männern einer mittelschweren Arbeit.

### **Melken**

Die mittlere Herzfrequenz von 97 bpm (n=8) während des Melkprozesses, der etwa 1 Akh (Ø 64 min) dauerte, unterschritt den Grenzwert der arbeitsphysiologischen Dauerleistungsgrenze. Das Melken verursachte gemäß ermittelter durchschnittlicher Herzfrequenz und gültiger Arbeitsschwereklassifizierung eine leichte Arbeit bei den Männern und eine schwere bei den Frauen (HARTMANN ET AL., 2013). LUDER ET AL. (1986) erhoben die mittlere HF (86,5 bpm) beim Melken im Melkstand an sechs MelkerInnen. In der vorliegenden Untersuchung verhielt sich die mittlere Herzfrequenz der MelkerInnen (n=8) um 12,1 % höher.

### **Nachbereitungsarbeit**

Die durchschnittliche Herzfrequenz (n=8) (102 bpm) blieb auch bei der Nachbereitungsarbeit (15 min) unter der arbeitsphysiologischen Dauerleistungsgrenze. Entsprechend der ermittelten mittleren Herzfrequenz ist die Nachbereitungsarbeit bei den weiblichen Probanden (110 bpm) als eine schwere und bei den männlichen (94 bpm) als eine mittelschwere Arbeit einzustufen. Die mittleren Herzfrequenzen waren der Vorbereitungsarbeit, bedingt durch ähnliche Tätigkeiten und Körperbewegungen, sehr ähnlich.

### **Melkprozess – Gesamte Melkarbeit**

Die durchschnittliche Herzfrequenz (n=8) während der gesamten Melkarbeit, die durchschnittlich 86 Akmin auf den Untersuchungsbetrieben dauerte, lag unter 110 bpm. Die mittlere Herzfrequenz (n=8) entsprach etwa den finnischen Ergebnissen nach NEVALA-PURANEN ET AL. (1996). In der finnischen Untersuchung wurde eine mittlere Herzfrequenz (n=6) von 95 bpm bei Melkprozessen, die im Mittel 115 Akmin andauerten, ermittelt. Gemäß der mittleren Herzfrequenz, bestimmt mit dem Movisens EKG- und Aktivitätssensor, ergab sich für den gesamten Melkprozess bei den Frauen (106 bpm) eine schwere und bei den Männern (90 bpm) eine mittelschwere Arbeitsschwere. Die ermittelte mittlere Herzfrequenz (n=8) wich von den vorhandenen Literaturergebnissen nach NEVALA-PURANEN ET AL. (1996) geringfügig ab. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 angeführt.

**Tabelle 1:** Mittlere Herzfrequenz in bpm mit Standardabweichungen beim Melkprozess der MelkerInnen (n=8) und nach Geschlecht

Melkprozess	HF bpm
MelkerInnen (n=8)	98±17
Melker (n=4)	90±5
Melkerinnen (n=4)	106±21

Beim Melkprozess, der im Mittel 86 Akmin dauerte, wurde bei den Melkern und Melkerinnen die Dauerleistungsgrenze, die für HF ermittelt wurde, im Mittel nicht überschritten. Beim gesamten Melkprozess sowie bei allen Arbeitsteilvorgängen wurden bei der Herzfrequenz keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen festgestellt. Folglich könnte die Melkarbeit ohne eine zunehmende muskuläre Ermüdung während eines Arbeitstages von acht Stunden ausgeübt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

**AUERNHAMMER, H. (1989):** *Methodische Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Beurteilung der Arbeitsbelastung. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 3. Hrsg. S. 322-323.*

**HARTMANN, B., SPALLEK, M. und ELLEGAST, R. (2013):** *Arbeitsbezogene Muskel- und Skeletterkrankungen. Ecomed. S. 32-35.*

**HOEHNE-HÜCKSTÄDT, U. und KAUCHE, M. (2009):** *Arbeitsbelastung beim Melken. ART-Schriftreihe 9. S. 59-60.*

**JAKOB, M., ROSE, S. und BRUNSCH, R. (2007):** *Einfluss Melkstandausstattung auf die Arbeitsbelastung des Melkers. Zeitschrift für Arbeitswissenschaften 2007/3 (61). S. 173-181.*

**LUDER, W., HUBER, R. und JULISZEWSKI, T. (1986):** *Arbeitsbelastung beim Melken. FAT-Berichte 303, Tänikon. S. 2-5.*

**MOVISENS GmbH (2015):** *Produkte. <http://www.movisens.com/de/produkte/ekg-und-aktivitaetssensor>. (Abruf am 8.4.2015).*

**PREECE, S. J., GOULERMAS, J. Y., KENNEY, L. P. J., HOWARD, D., MEIJER, K., & CROMPTON, R. (2009):** *Activity identification using body-mounted sensors—a review of classification techniques. In: GABRYS, L., THIEL, C., TALLNER, A., WILMS, B., MÜLLER, C., KAHLERT, D., JEKAUC, D., FRICK, F., SCHULZ, H.,*

**SPRENGELER, O., HEY, S., KOBEL, S. UND VOGT, L. (2015):** *Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität - Empfehlungen zur Methodik. Sportwissenschaft 1. S. 6.*

**WEINECK, J. (2004):** *Sportbiologie. 9. Aufl., Spitta Verlag & Co. KG. Deutschland. S. 171.*

**WOLKERSDORFER, F. (2012):** *Automatisches Melken in Oberösterreich – Erfahrungen und Empfehlungen aus und für die Praxis, 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung. S. 77-80.*

# Ergonomie in Melkständen

Marianne Cockburn, Dr. sc. agr. Pascal Savary und Prof. Dr. habil. sc. agr. Matthias Schick  
INH Agroscope Tänikon, Ettenhausen.

## 1 Einleitung

Da Melkerinnen und Melker seit vielen Jahren unter Beschwerden des Muskelskelettsystems leiden, zielte die vorliegende Studie darauf ab, die Arbeitshaltung während des Melkens zu analysieren und zu optimieren. Obwohl die Melkarbeit in Melkständen durch das Arbeiten in aufrechter Körperhaltung ergonomische Vorteile gegenüber der Melkarbeit in Rohrmelkanlagen bietet, sind besonders Frauen weiterhin von Muskelskeletterkrankungen betroffen, so dass Jakob *et al.* versuchten, die Arbeit im Melkstand durch die Anpassung der Arbeitshöhe und Reduzierung des Melkzeug-Gewichts zu optimieren [1]. Befragungen haben ergeben, dass ein hoher Anteil des Melkpersonals an Beschwerden des Muskelskelettsystems leidet. Während Pinzke [2] berichtete, dass 83 % der Männer und 90 % der Frauen von solchen Problemen betroffen sind, stellten Douphrate *et al.* [3] fest, dass 80 % der Milchviehhalter von Beschwerden des Muskelskelettsystems betroffen sind. Zudem berichteten Karttunen und Rautiainen [4], dass 39 % der Milchviehhalter in ihrer Arbeitsfähigkeit eingeschränkt sind. Die Körperhaltung während des Melkens wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, hierzu zählen: der Melkstandtyp, die Größe der Kuh, die Euterbodenhöhe, die Grubentiefe, sowie die horizontale Entfernung zwischen Kuh und Melker [1].

Ziel der vorliegenden Studie war es die Arbeitshaltung in unterschiedlichen Melkstandtypen zu bewerten und hieraus Richtlinien über die ideale Grubentiefe für die verschiedenen Melkstandtypen zu entwickeln.

## 2 Material und Methoden

### Versuchsablauf

In der vorliegenden Studie wurde die Arbeitshaltung von 30 Melkern in fünf unterschiedlichen Melkstandtypen untersucht. Hierbei wurde das Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse (CUELA) System eingesetzt um die

Bewegungen des Muskelskelettsystems zu erfassen (Bild 1). Die Anwendbarkeit des CUELA Systems im Melkstand wurde in einer Machbarkeitsstudie validiert [5].



**Bild 1:** Melker ausgerüstet mit dem Computer-unterstützten Erfassung und Langzeit-Analyse (CUELA) System.

Das CUELA System nutzt Bewegungssensoren (ADXL 3D Beschleunigungs-Sensoren 103/2013, Analog Devices, Norwood, USA; and muRata ENC-03R Gyroskope, Murata, Tokyo Japan) um die Inklination und Torsion der Gelenke zu messen. Die Position der Gelenke wird hierbei in Winkelgraden (W) anhand der Neutral-Null Methode erfasst [6]. Weiterhin erfasst das System die Dauer der eingenommenen Gelenkpositionen [7].

Die Untersuchung wurde auf 15 Praxisbetrieben durchgeführt. Jeder der folgenden Melkstandstypen wurde auf je drei Betrieben untersucht: Autotandem (ATD), Fischgräte 30° (FG30), Fischgräte 50° (FG50), Side by Side (SBS) und Karussell (KAR). Auf jedem Betrieb wurden die Körperhaltungen von zwei verschiedenen Probanden für jeweils eine ganze Melkzeit aufgenommen. Alle 30 Probanden (4 weibliche und 26 männliche) waren erfahrene Melker, die sowohl mit dem Melkstand als auch mit den Kühen vertraut waren.

### **Datenauswertung**

Die W Daten wurden mittels der Winkel Daten Analyse (WIDAAN) Software (IFA, Sankt Augustin, Germany) ausgewertet. Während der Datenaufnahme wurden die Probanden gefilmt. Die WIDAAN Software verknüpfte das Video mit den CUELA Daten und visualisiert die Bewegungsabläufe in einer animierten Figur. So konnten wir das für uns interessante Arbeitselement des Melkzeugansetzens herausfiltern und die Perzentile für die Bewegungswinkel während jedes Ansetzvorganges errechnen.

Für 25 Gelenke waren Bewertungen über W verfügbar, die aus ergonomischer Sicht als akzeptabel, bedingt akzeptabel oder nicht akzeptabel eingestuft wurden [8].

### **Größenkoeffizient**

Ein Koeffizient wurde gebildet, um das Verhältnis zwischen der Arbeitshöhe und der Größe des Melkers ins Verhältnis zu setzen:  $(\text{individuelle Euterbodenhöhe} + \text{Grubentiefe}) / \text{Größe des Melkers}$ .

### **Statistische Analyse**

Das 5te, 50te und 95te Perzentil der WIDAAN Daten aller Gelenkwinkel waren die Zielvariablen im generalisierten gemischten Effekte Modell [9]. Hierbei waren der Melkstandtyp (Faktor mit 5 Stufen), der Größenkoeffizient (kontinuierlich) sowie alle ihre Interaktionen fixe Effekte, während der Proband, geschachtelt in der Kuh, geschachtelt im Betrieb als zufälliger Effekt im Modell berücksichtigt wurden.

### **Modellentwicklung**

Der Output des statistischen Modells wurde genutzt, um W bei bestimmten konstanten Faktoren zwischen 0,7 und 1 zu berechnen. Der konstante Faktor gibt das Verhältnis der Größe des Melkers zur Arbeitshöhe (Grubentiefe + Euterbodenhöhe) wieder. Mit diesen Daten wurde evaluiert, bei welchem konstanten Faktor sich die meisten W in einem akzeptablen Bereich befanden. Die Anzahl der akzeptablen W wurden anschließend für das 5te, 50te und 95te Perzentile für jeden Melkstandtyp aufsummiert. Wenn alle Gelenke dauerhaft in einem akzeptablen Bereich wären, würde eine maximale Punktzahl von 75 erreicht.

### 3 Ergebnisse

Eine signifikante ( $P < 0,05$ ) Interaktion von Melkstandtyp und Größenkoeffizient wurde im 50ten Perzentil bei 22 der 31, und im 5ten und 95ten Perzentil bei 25 von 31 W festgestellt. Daher konnte mit Daten aus der Modellschätzung weiter berechnet werden, bei welchen konstanten Faktoren, die das Verhältnis zwischen der Melkergröße und der Arbeitshöhe wiedergeben, sich die W in einem akzeptablen Bereich befanden. Die Anzahl der akzeptablen W über die bewerteten Gelenkbewegungen bei einem bestimmten konstanten Faktor sind in Tabelle 1 abgebildet.

**Tabelle 1:** Anzahl der akzeptablen Gelenkwinkel der modellierten Daten, summiert über alle Gelenkbewegungen des 5ten, 50ten und 95ten Perzentils bei einem spezifischen konstanten Faktor (maximal erreichbarer Wert ist 75)<sup>1</sup>

Melkstandtyp	Konstante Faktoren							$\Sigma$
	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	
Autotandem	44	45	45	<b>46</b>	45	45	39	307
Fischgräte 30°	<b>42</b>	41	40	<b>42</b>	<b>42</b>	40	<b>42</b>	289
Fischgräte 50°	48	<b>49</b>	46	42	37	39	36	297
Side by Side	<b>42</b>	40	38	38	33	34	32	257
Karussell	39	<b>41</b>	40	36	34	35	34	259

<sup>1</sup>Die fett gedruckten Werte zeigen die größte Anzahl akzeptabler W für den jeweiligen Melkstandtyp an.

Je höher die Anzahl der Werte in der Tabelle war, desto mehr Gelenke befanden sich während des Melkens in einem akzeptablen Bereich. Im KAR Melkstand war, bei Betrachtung des besten konstanten Faktors, die geringste Anzahl an W in einem akzeptablen Bereich (41 akzeptable aus einer Gesamtanzahl von 70). Beim SBS Melkstand war, bei Betrachtung des besten konstanten Faktors, ein W mehr im akzeptablen Bereich (42 von 75). Der FG50 Melkstand hatte, bei Betrachtung des besten konstanten Faktors, die größte Anzahl an akzeptablen W (49 von 75). Jedoch waren die höchsten Werte verteilt über die verschiedenen konstanten Faktoren im ATD vertreten, gefolgt vom FG50. Die Summe aller akzeptablen W über die verschiedenen konstanten Faktoren war am niedrigsten im SBS Melkstand (257 W). Ausgehend von der Definition des konstanten Faktors, war die ideale Arbeitshöhe in jedem

Melkstandtyp abhängig vom Verhältnis zwischen der Melkergröße und der Arbeitshöhe (Euterbodenhöhe + Grubentiefe). Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Körpergröße in ATD Melkständen einen geringeren Einfluss auf eine gute Arbeitshaltung hat als in KAR Melkständen, da die Werte bei den unterschiedlichen konstanten Faktoren weniger variiert haben. Diese konstanten Faktoren können anschließend in der Melkgesundheitsformel genutzt werden um die ideale Arbeitshöhe für den jeweiligen Melkstandtyp zu berechnen (Formel 1).

**Formel 1:** Melkgesundheitsformel

$\begin{aligned} & \textit{Ideale Grubentiefe} = \\ & \textit{Grösse des Melkers (cm)} \times \textit{Melkstandspezifischer konstanter Faktor} \\ & \quad - \textit{durchschnittliche Euterbodenhöhe} \end{aligned}$
--

## 4 Diskussion

Die Daten zeigen eine deutliche Interaktion zwischen dem Melkstandtyp und dem Größenkoeffizient (das Verhältnis zwischen der Körpergröße des Melkers und der Euterbodenhöhe) bezüglich der Arbeitshaltung während des Ansetzvorganges auf. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die ideale Arbeitshöhe zwischen Melkern und Melkstandtypen variieren, da der konstante Faktor, der das Verhältnis von Euterbodenhöhe, Grubentiefe und der Körpergröße des Melkers widerspiegelt, zwischen den verschiedenen Melkstandtypen abweicht. Während der HB50 Melkstand bei einem bestimmten konstanten Faktor (0,75) die höchste Anzahl an W in einem akzeptablen Bereich aufwies (49), befanden sich im KAR Melkstand beim besten konstanten Faktor (0,75) die geringste Anzahl an W in einem akzeptablen Bereich (41) (Tabelle 1). Der Autotandem schien am tolerantesten bezüglich des konstanten Faktors zu sein (Anzahl akzeptabler W bei den konstanten Faktoren 0,75, 0,8, 0,85 und 0,9 lag zwischen 45 und 46). Dies deutet darauf hin, dass dieser Melkstandtyp besser geeignet sein könnte, wenn unterschiedlich große Melker im gleichen Melkstand arbeiten müssen.

Wenn ein Melkstand von einem Melker alleine, oder von Melkern gleicher Größe bedient wird, lässt sich die ideale Grubentiefe anhand einer Formel berechnen, in der

die idealen konstanten Faktoren des jeweiligen Melkstandtyps berücksichtigt werden können (Tabelle 1 und Formel 1)

Demzufolge kann diese Formel genutzt werden, um die Grubentiefe beim Bau des Melkstandes korrekt abzuschätzen oder um Hub Böden ergonomisch ideal einzustellen. Tuure und Alasuutari [10] beschrieben, dass die horizontale Distanz zwischen Melker und Euter zwischen Melkstandtypen variiert. Diesen Aspekt greift unsere Formel indirekt durch die Empfehlungen unterschiedlicher konstanter Faktoren für die verschiedenen Melkstandtypen auf.

Über die fünf untersuchten Melkstandtypen hinweg waren für die empfohlenen konstanten Faktoren nur 43 bis 49 von 75 W in einem akzeptablen Bereich. Daher kann man davon ausgehen, dass bei ideal eingestellter Arbeitshöhe nur zwischen 57,3 und 65,3% aller W während der 5ten, 50ten und 95ten Perzentile in einem akzeptablen Bereich waren. Daraus lässt sich schließen, dass die Ergonomie im Melkstand zwar verbessert werden kann, es jedoch nicht möglich ist einen Melkstand so zu bauen, dass alle Gelenke immer in einem akzeptablen Bereich arbeiten.

## **5 Schlussfolgerungen**

Die vorliegende Studie dient Betrieben mit Hub Böden, sowie der korrekten Montage von Melkstandgruben in bestehenden und neuen Melkständen, da es eine einfache Berechnung der idealen Grubentiefe ermöglicht und so genutzt werden kann, um die Arbeitshaltung beim Melken zu verbessern. Die ideale Arbeitshöhe hängt hauptsächlich von einer Kombination aus Melkstandtyp, sowie dem Größenkoeffizient, also dem Verhältnis zwischen der Größe des Melkers und der Arbeitshöhe (Grubentiefe + Euterbodenhöhe) ab. Die Arbeitshaltung in KAR und SBS Melkständen war etwas schlechter als die in FG30 und ATD Melkständen. Die beste Arbeitshaltung bei Beachtung der individuellen Arbeitshöhenempfehlung wurde im FG50 nachgewiesen. Die Unterschiede zwischen den Melkstandtypen waren jedoch gering. Weiterhin war es nicht möglich eine Arbeitshöhe zu eruieren, bei der alle Gelenkpositionen in einem akzeptablen Bereich waren.

## 6 Literatur

- [1] Jakob, M. C., F. Liebers and S. Behrendt. The Influence of Working Heights and Weights of Milking Units on the Body Posture of Female Milking Parlour Operatives. *CIGR Journal* (2009) XI.
- [2] Pinzke, S.. Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* (2003) 10:185–195.
- [3] Douphrate, D. I., M. Nonnenmann and J. Rosecrance. Ergonomics in industrialized dairy operations. *Journal of Agromedicine* (2009) 14:406–412.
- [4] Karttunen, J. P. and R. H. Rautiainen. Distribution and characteristics of occupational injuries and diseases among farmers: A retrospective analysis of workers' compensation claims. *American Journal of Industrial Medicine* (2013) 56(8):856-869.
- [5] Kauke, M., I. Hermanns, U. Hoehne-Hückstädt, M. Schick and R. Ellegast. Analysis and assessment of workloads via CUELA using the example of the milking procedure. *VDI-MEG Arbeitskreis Arbeitswissenschaften im Landbau* (2009) 66:22-30.
- [6] Ryf, C. and A. Weymann. The neutral zero method - A principle of measuring joint function. *Injury* (1995) 26:1-11.
- [7] Ellegast, R.. Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. In *BIA-Report*, Sankt Augustin, Germany. Vol. 5, 1998.
- [8] Unfallversicherung, D. G.. Bewertung physischer Belastungen gemäss BGI/GUV-I 7011(Anhang 3). Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin, Germany, BGI/GUVI 7011: Belastungen für Rücken und Gelenke – was geht mich das an? 2013.
- [9] Pinheiro, J. C. and D. M. Bates. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York, NY 2000.
- [10] Tuure, V.-M. and S. Alasuutari. Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking. *Bornimer Agrartechnische Berichte* (2009) 66:48-54.



# Prozessoptimierung und Datenmanagement in der Milchviehhaltung durch den Einsatz semantischer Technologien

Dipl.-Ing. Sandra Hörmann<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. Franz Handler<sup>2</sup>, Dana Kathrin Tomic<sup>3</sup>, Domagoj Drenjanac<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg

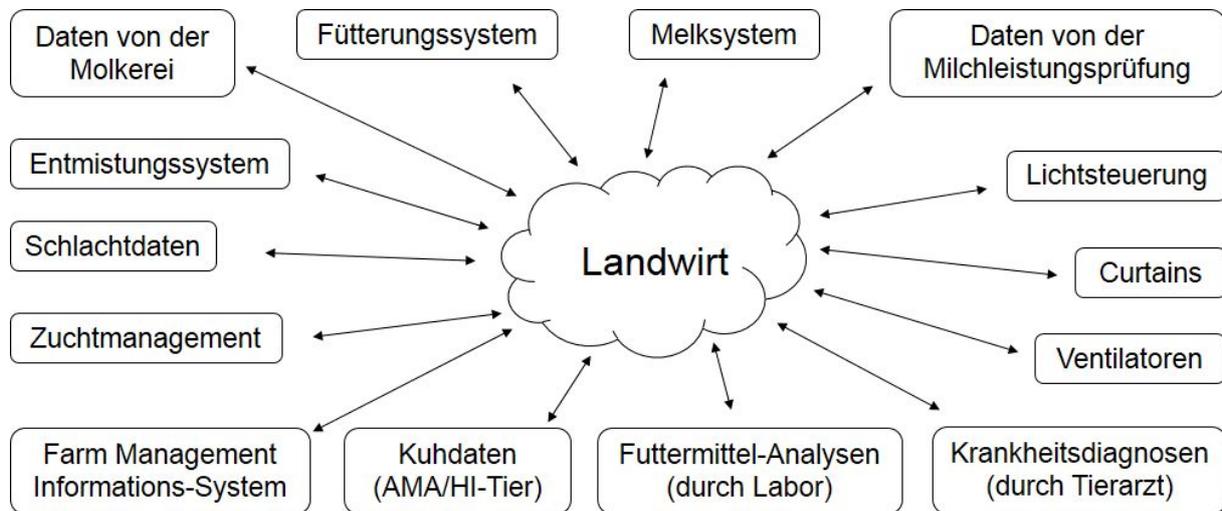
<sup>2</sup> BLT Wieselburg, Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg

<sup>3</sup> Smartbow, Media Quartier Marx 3.2, Maria-Jakobi Gasse 1, A-1030 Wien

## 1 Einleitung und Problemstellung

Mit der fortschreitenden Technisierung von Milchviehbetrieben (Einsatz von Melkroboter, Melkstand mit zusätzlichen technischen Einrichtungen wie Milchmengenmessgeräten und automatischen Melkzeugabnahmesystemen, Fütterungsroboter, Futtermischwagen, Kraftfutterstation, Entmistungsroboter, Entmistungsschieber, vollautomatisch gesteuerten Lüftungsanlagen, etc.) wird der Umfang der auf den Betrieben anfallenden Daten immer größer. Der Einsatz dieser neuen technischen Möglichkeiten hat einerseits zu einer (körperlichen) Arbeiterleichterung geführt. Die frei werdende Zeit wird andererseits nun teilweise für das Management des Betriebes benötigt. Der Landwirt muss sich damit auseinandersetzen, welche Daten seine am Betrieb vorhandenen Systeme liefern, er soll sie verstehen und interpretieren können und daraus Schlüsse für seinen jeweiligen Betrieb ableiten können. Da die meisten Stalltechnikhersteller auf proprietäre Systeme setzen, die es nur schwer oder gar nicht erlauben, eine Vernetzung zwischen Systemen verschiedener Firmen herzustellen (Insellösungen), bleibt der Landwirt zwischen den technischen Geräten als „Drehscheibe“ der Daten und Informationen übrig (**Bild 1**). Er muss wissen, welche Daten er aus den verschiedenen Systemen erhalten und abfragen kann und wie man sie interpretieren kann. Das bedeutet, das Prozessverständnis sowie die Prozessoptimierung liegen beim Landwirt. Ebenso ist er für die Aktualität und Konsistenz der eingegebenen Informationen verantwortlich. Oft muss ein und dieselbe Information in verschiedene Systeme übertragen werden, zum Beispiel bei der Geburt eines Kalbes: Meldung der Geburt des Tieres an HI-Tier/AMA; Eingabe in Melkroboter, da die Kuh ab jetzt gemolken werden muss; Eingabe in Fütterungsroboter, wenn die Kuh die Fütterungsgruppe wechselt. Diese

Mehrfacheingaben stellen einen zusätzlichen Aufwand für den Landwirt und eine potenzielle Fehlerquelle dar.



**Bild 1:** Der Landwirt als Drehscheibe aller Betriebs-Daten

Precision Farming ist der neue Maßstab in der Landwirtschaft, nicht nur in der Außenwirtschaft. Es ist notwendig, den Einsatz von Ressourcen zu optimieren, Kosten zu reduzieren und Einflüsse auf die Umwelt einzuschränken [1].

Ein wesentlicher Teil der Daten, die von den neuartigen Geräten produziert werden, kann bisher nicht zur Verbesserung der Produktionsabläufe verwendet werden. Produktionsprozesse können nur dann effektiver gestaltet werden, wenn die Möglichkeit besteht, neue Geräte in möglichst kurzer Zeit und möglichst einfach in das bestehende System am landwirtschaftlichen Betrieb einzubinden [2]. Es erfordert also eine Lösung, die eine rasche Einbindung von neuen Systemen ermöglicht und Informationen aus allen angeschlossenen Systemen vernetzen kann, um dem Landwirt ein Werkzeug in die Hand zu geben, das ihn bei seinen Entscheidungen bestmöglich unterstützt.

Im Projekt agriOpenLink wurde die oben beschriebene Problemstellung bearbeitet und ein System entwickelt, das es ermöglicht, Geräte verschiedener Hersteller mittels Plugins einzubinden und Daten verschiedener Geräte mittels Abfragen abzuholen und darzustellen. In den folgenden Kapiteln werden die eingesetzten Methoden und daraus resultierende Ergebnisse sowie weiterführende Überlegungen besprochen.

## 2 Methoden, Entwicklungen und Ergebnisse

Die Aufarbeitung der Problemstellung erfolgte als Erstes in Form einer Analyse der Anforderungen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Diese beinhaltete die Auswertung der Beschaffenheit des Equipments und der auftretenden und gewünschten Datenflüsse, die einem komplexen Prozess zugrunde liegen (welche Geräte stellen Daten in welcher Form zur Verfügung; bereits vorhandene Schnittstellen, auf die zugegriffen werden kann). Es wurden verschiedene Milchviehbetriebe besucht, mit ihnen die Problemstellung erörtert und mögliche Fragestellungen, an denen das Problem exemplarisch abgehandelt werden kann, gesammelt. Für die weiteren Überlegungen, Betrachtungen und Anwendungen wurde ein Betrieb ausgewählt, auf dem folgende technische Einrichtungen unterschiedlicher Hersteller vorhanden waren: Melkroboter, Fütterungsroboter, Entmistungsroboter, automatisch gesteuerte Firstlüftung und Curtains sowie Großraumventilatoren. Im Rahmen des Projektes wurde weiters das Lokalisierungs- und Gesundheitsmanagement-System Smartbow am Betrieb implementiert.

Ebenso bearbeitet wurde das Themenfeld schon bekannter Standards im Agrarbereich. Im Innenwirtschaftsbereich wurde unter anderem der ISOagriNET Standard [3] näher betrachtet. Dieser befasst sich mit dem Thema der Vernetzung von verschiedenen Geräten, ist aber nicht sehr flexibel und hat sich daher in der Praxis nicht großflächig etabliert. Dieser Standard konnte aber als Grundlage für weiterführende Entwicklungen und Betrachtungen herangezogen werden.

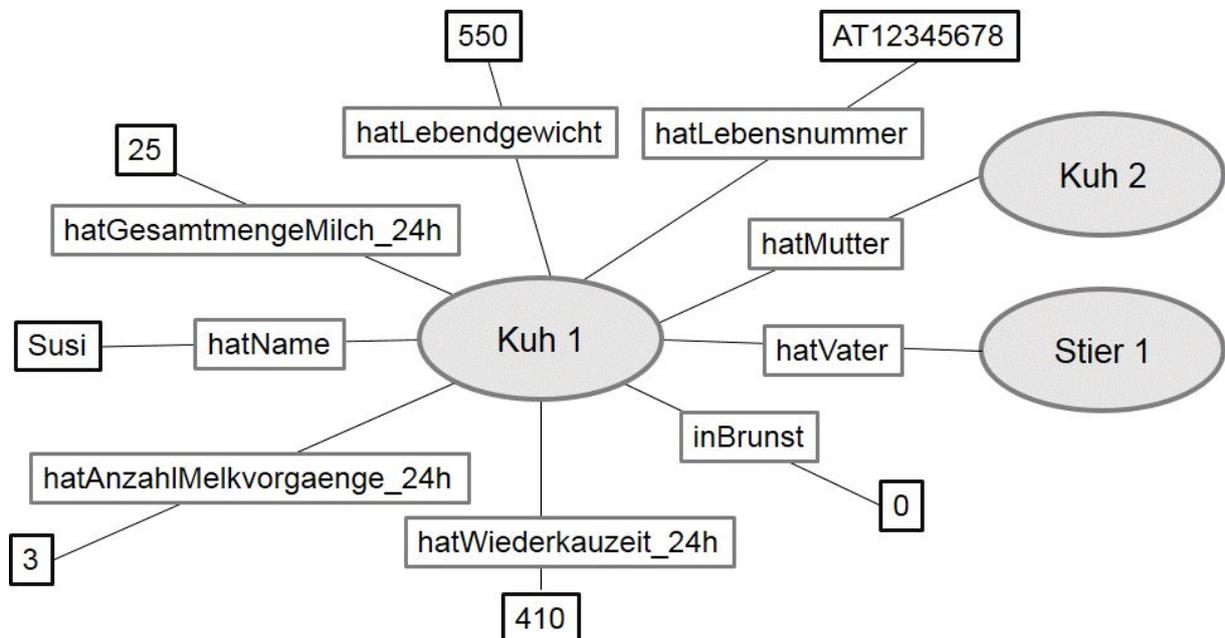
Nach der Analyse der Voraussetzungen und der zu bearbeitenden Fragestellungen begann die Umsetzung der Neuentwicklung. Dazu wurde auf die Anwendung semantischer Technologien zurückgegriffen, hier im Speziellen auf Ontologien und semantische Web Services.

**Semantische Technologien** ermöglichen eine verbesserte Informationsverarbeitung durch stärkere Berücksichtigung des expliziten Bedeutungskontextes [2,4]. Sie sind für Systeme geeignet, die Flexibilität erfordern, weil sie einem permanenten Wandel und Weiterentwicklungen unterliegen (dies ist gerade im landwirtschaftlichen Bereich mit den aktuellen Neu-Entwicklungen und sich schrittweise etablierenden höheren Technisierungs-Graden interessant). Der Vorteil der semantischen Technologien ist,

dass sie wieder verwendet werden können und günstiger als herkömmliche Produkte erweitert werden können, wenn es notwendig ist [2].

Bei **Ontologien** handelt es sich um die formale Repräsentation von Wissen einer Domäne, das nicht auf ein bestimmtes Programm beschränkt ist, sondern unabhängig davon wieder verwendet werden kann. Wichtig ist es demnach, dass Ontologien Konzepte und Beziehungen dieser Domäne untereinander beschreiben und daher Maschinen mit ihnen nicht nur Inhalte wiedergeben können, sondern diese auch interpretieren können [5].

Um Daten sinnvoll nutzen zu können, ist es notwendig, ein gemeinsames Wissensmodell zu verwirklichen. Dieses muss in einer gemeinsamen Sprache verfasst werden, wozu im Projekt die Web Ontology Language (OWL) verwendet wurde. Diese wurde vom World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt und empfohlen [6]. Die Erstellung der Ontologie erfolgte mit dem Programm Protégé [7]. In OWL wird die in agriOpenLink erstellte Domänen-Ontologie beschrieben durch Klassen, Instanzen, Daten- und Objekteigenschaften [2]. Sie bildet den landwirtschaftlichen Betrieb und die darauf ablaufenden Prozesse mit dessen Konzepten, Verknüpfungen und Einschränkungen ab. **Bild 2** zeigt einen kleinen Ausschnitt der erstellten Domänen-Ontologie in grafischer Form.



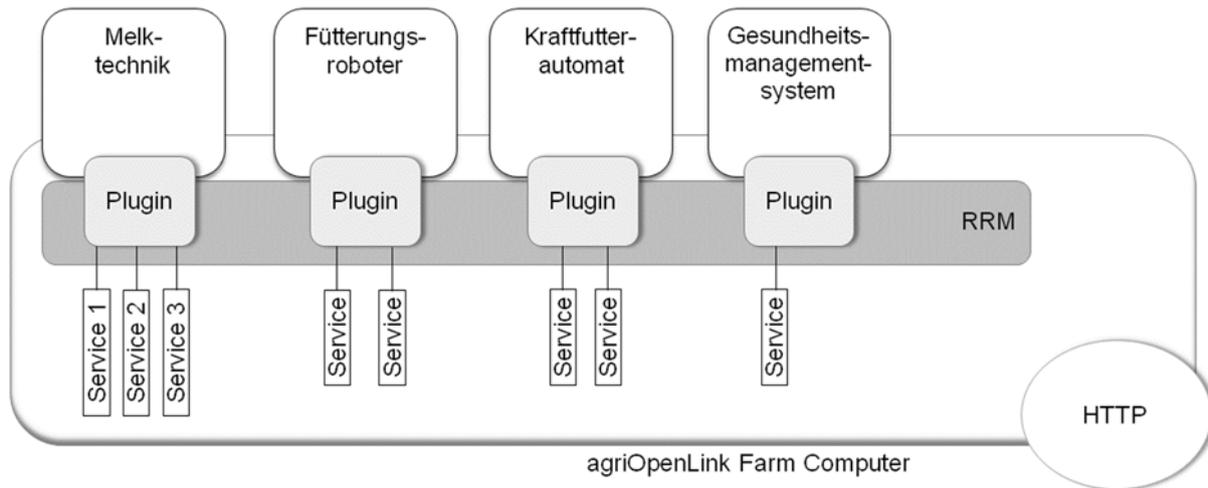
**Bild 2:** Grafischer Ausschnitt der Domänen-Ontologie

Die Domänen-Ontologie stellt die Grundlage für die weitere Entwicklung von sogenannten **Plugins** dar, die die Verbindung zwischen den landwirtschaftlichen Geräten und dem Farm-Computer herstellen. Die Plugins dienen dazu, die Funktionalitäten des Equipments in Form von REST (Representational State Transfer) - basierten semantischen Web-Diensten (oder Services genannt) bereitzustellen. Somit werden die Produktionsprozesse als eine Verkettung von Plugin-Diensten und weiteren Datenverarbeitungs-Diensten realisiert. Der Einsatz von Ontologien ermöglicht eine flexible Erweiterbarkeit des Prozessmodells bei Ergänzung neuer Eigenschaften und Konzepte (z.B. durch neu hinzukommende Geräte) sowie die dynamische Anpassung der Prozesse an neue Prozessmodelle und neue bereitgestellte Dienste.

Der zentrale Bereich des agriOpenLink Konzepts ist der **REST and Registration Management (RRM) Server**. Der RRM vereint die Funktionalitäten eines REST Servers mit der dynamischen Fähigkeit zum Laden und Konfigurieren individueller Plugins sowie der Fähigkeit zum Registrieren von Services. Beim Start des RRM erfolgen das Laden der verfügbaren Plugins und das Registrieren der verfügbaren Services. Durch den Einsatz von HTTP REST Schnittstellen werden anfallende HTTP Anfragen an die entsprechenden Services weitergeleitet. Die Businesslogik jedes einzelnen Plugins realisiert die Kommunikation mit dem zugehörigen Gerät mittels einer passenden Schnittstelle und das Abrufen sowie Verarbeiten der relevanten Daten des Gerätes. Das Gerät kann ganz verschiedene Services anbieten, mit jeder möglichen Granularität der Daten [8].

In **Bild 3** ist das RRM und Plugin Konzept beispielhaft dargestellt.

Das Plugin veröffentlicht semantische REST Services (ähnlich den SADI (Semantic Automated Discovery and Integration) Web Services). Diese Services produzieren und konsumieren RDF Dokumente. Sie übersetzen die Daten vom internen Datenmodell des Geräts in Instanzen einer bestimmten Klasse der Ontologie, versehen mit bestimmten Eigenschaften. Durch die semantischen Web Services werden also die Daten der Geräte für andere Teilnehmer zur Verfügung gestellt [2]. Die semantischen Web Services ermöglichen das automatische Auffinden oder Verknüpfen der Dienste.



**Bild 3:** RRM und Plugin Konzept

Um nun verfügbares Expertenwissen in das System einbringen zu können, gibt es verschiedene Möglichkeiten mit unterschiedlicher Ausdrucksstärke:

### 1. Definierte Klassen:

Definierte Klassen beschreiben in OWL Klassen mit einer bestimmten Einschränkung in Bezug auf eine Eigenschaft.

Beispiel: Eine definierte Klasse für Kühe, die einen Wiederkauwert unter 400 min aufweisen (**KuhUnterdurchschnittlicheWiederkauzeit**), hat die einschränkende Eigenschaft **hatWiederkauzeit<400min**.

So wird es möglich, eine Instanz auf Grundlage ihrer Eigenschaften automatisch zu klassifizieren (z.B.: Hat eine Milchkuh die Eigenschaft **hatWiederkauzeit<400min**, wird sie automatisch der Klasse **KuhUnterdurchschnittlicheWiederkauzeit** zugeordnet).

### 2. SPARQL Abfragen:

Eine SPARQL Abfrage (ähnlich einer SQL Abfrage) beschreibt eine Vorlage für eine spezifische Suche im semantischen Repository.

Beispiel: Finde alle Instanzen der Klasse Milchkuh, die die Eigenschaft **hatWiederkauzeit<400min** aufweisen.

### 3. Semantische Services:

Ein semantisches Web-Service wandelt eine Instanz einer bestimmten Klasse (Input-Klasse) in eine Instanz einer anderen Klasse (Output-Klasse) um, basierend auf den Eigenschaften der Input-Klasse und der Businesslogik des Service.

Als Resultat des Projektes wird eine Plugin-Lösung bzw. Entwicklungsumgebung bereitgestellt, die es ermöglicht, durch die Anwendung der semantischen Technologie den nötigen Aufwand für die Einführung von neuen Prozessen bzw. Geräten sowie damit verknüpften Anwendungen erheblich zu vereinfachen und dadurch die Einbindung von Gerätedaten unterschiedlicher Hersteller zu erleichtern. Des Weiteren werden Entwicklungen bereitgestellt, die eine gemeinsame Bearbeitung und Erweiterung der Domänen-Ontologie sowie die Beantwortung von Diagnoseabfragen ermöglichen.

### **3 Schlussfolgerungen**

Die technischen Entwicklungen der letzten Jahre haben es möglich gemacht, dass der Landwirt mehr Tiere betreuen kann und seine Arbeit sich vom körperlichen Schwerpunkt wegbewegt hat in Richtung des Managements seines Betriebes. Nun müssen sinnvolle Lösungen geschaffen werden, die es ermöglichen, Daten mit geringem Aufwand konsistent und aktuell zu halten und aus der Fülle an Daten betriebsindividuelle Informationen zu gewinnen.

Die Verknüpfung von Daten unterschiedlicher Systeme verschiedener Hersteller im Milchviehstall ist mittels semantischer Technologien möglich und lässt es zu, verknüpfte Abfragen zu stellen. Damit erhält der Landwirt neue Möglichkeiten, mit seinen Daten umzugehen, neue Informationen zu kreieren, die er bisher nicht hatte und eine Prozessoptimierung durchzuführen. Eine Plattform, die alle Informationen sinnvoll verknüpft, soll dem Landwirt als Unterstützung dienen, um zukünftige Entscheidungen auf einer fundierten Daten-Grundlage treffen zu können.

Im Projekt agriOpenLink sind erste Entwicklungen in dieser Hinsicht entstanden und werden in den nächsten Jahren weiter entwickelt werden.

### **4 Weiterführende Arbeiten**

Aufbauend auf den Ergebnissen des oben beschriebenen Projektes sind weiterführende Arbeiten auf dem Gebiet des Datenmanagements im Milchviehstall geplant. Ausgehend von der Überlegung, dass viele Daten (von unterschiedlichen Betrieben) es ermöglichen könnten, Krankheiten im Milchviehstall früher zu erkennen, wurde im November 2015 das Forschungsprojekt agriProKnow (Prozessbezogenes Informationsmanagement in Precision Dairy Farming) gestartet, in dem durch den

Einsatz von Data Mining und einem semantischen Data Warehouse die Rinderkrankheit Ketose früher erkannt werden soll.

### Danksagung

Die hier präsentierte Arbeit entstand im Projekt agriOpenLink, das im Rahmen des Programms „IKT der Zukunft“ durch die Österreichische Forschungsförderungs-Gesellschaft (FFG) gefördert wurde.

## 5 Literaturangaben

- [1] Tomic, S.D.K., A. Fensel, C. Aschauer, K.G. Schulmeister, T. Riegler, F. Handler, M. Otte und W. Auer: agriOpenLink: Towards Adaptive Agricultural Processes Enabled by Open Interfaces, Linked Data and Services. In: Garoufallou, E. and J. Greenberg (Eds.): MTSR 2013, CCIS Volume 390, pp. 408–413.
- [2] Tomic, S.D.K., D. Drenjanac, G. Lazendic, S. Hörmann, F. Handler, W. Wöber, C. Aschauer und W. Auer: Semantische Technologien für Produktionsprozessinnovationen in der Landwirtschaft. In: E&I Elektrotechnik und Informationstechnik, Volume 131. Springer-Verlag 2014, S. 223-229.
- [3] -,-: ISO17532: Stationary equipment for agriculture – data communications network for livestock farming. Genf: Beuth Verlag 2007.
- [4] Dengel, A. (Hrsg.): Semantische Technologien. Grundlagen – Konzepte – Anwendungen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 2012.
- [5] Baier, E.: Semantische Technologien in Wissensmanagementlösungen – Einsatzpotenziale für den Mittelstand. FAZIT-Schriftenreihe, Band 13. MFG Stiftung Baden-Württemberg 2008.
- [6] -,-: OWL: Web Ontology Language. <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL>, 21.12.2015.
- [7] -,-: Protégé. <http://protege.stanford.edu/>, 21.12.2015.
- [8] Tomic, S.D.K., D. Drenjanac, G. Lazendic, S. Hörmann, F. Handler, W. Wöber, K. Schulmeister, M. Otte and W. Auer: agriOpenLink: Semantic Services for Adaptive Processes in Livestock Farming. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering 2014, Zürich, 06.-10.07.2014, C0274.

# Entwicklung von Berechnungsmodellen für die Einschätzung der Auslastung von Entmistungsrobotern

Franziska Albrecht<sup>1</sup>, Dr. Juliana Mačuhová<sup>2</sup>, Dipl.-Ing. Jochen Simon<sup>2</sup>, Dr. Bernhard Haidn<sup>2</sup>, Prof. Dr. agr. habil Heinz Bernhard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising

<sup>2</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof. Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing

**Zusammenfassung:** In Deutschland wird ein Großteil der Rinder in Laufställen mit Spaltenböden gehalten, deren Laufflächen häufig mit Hilfe von personengeführten Entmistungssystemen abgeschoben werden. Durch den Einsatz von Entmistungsrobotern kann der Arbeitszeitbedarf reduziert werden. Um die Auslastung von Entmistungsrobotern zu analysieren, wurde ein Kalkulationsmodell in MS-Excel entwickelt, mit dem sich der Zeitbedarf für die Entmistung der Laufflächen berechnen lässt. Im Rahmen der Arbeit wurden zunächst Zeitmessungen auf Praxisbetrieben durchgeführt, aus deren Ergebnissen Planzeiten erstellt wurden. Unter Verwendung dieser Planzeiten konnte im Kalkulationsmodell der Zeitbedarf für das Abschieben der Laufflächen in unterschiedlichem Umfang in verschiedenen Modellbetrieben berechnet werden.

Durch den Einsatz eines Entmistungsroboters kann der Arbeitszeitbedarf im Wesentlichen um die Zeiten reduziert werden, die benötigt werden sofern die Laufflächen von Hand oder mit einem personengeführten Gerät abgeschoben werden. Zudem unterscheidet sich der Zeitbedarf der Entmistungsroboter für das Abschieben von Laufflächen in Abhängigkeit der Komplexität und Länge der zurückzulegenden Strecke sowie je nach herstellerbedingter Geschwindigkeit des Entmistungsroboters. Insgesamt wurden vier Modellbetriebe mit jeweils fünf verschiedenen Szenarien der Laufflächenreinigung berechnet. Dabei wurde festgestellt, dass der Entmistungsroboter Lely Discovery bei allen berechneten Szenarien am schnellsten zur Ladestation zurückkehrt. Er ist in etwa doppelt so schnell wie der DeLaval RS 420 und dieser wiederum doppelt so schnell wie der Prinzing Pribot 100.

**Schlüsselwörter:** Arbeitszeitbedarf, Modellkalkulation, Entmistungsroboter

## 1 Einleitung

Klauen- und Gliedmaßenkrankungen zählen, neben Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen zu den drei häufigsten Abgangsursachen in der Milchviehhaltung [1,2]. Da die Sauberkeit der Laufflächen ein wichtiger Einflussfaktor für die Entstehung und Verbreitung von Klauenerkrankungen ist, muss die Entmistung der Laufflächen sichergestellt sein. Fast 75 Prozent aller Rinder in Deutschland werden in Laufställen gehalten, deren Laufgänge wahlweise planbefestigt oder als Spaltenböden ausgeführt sein können [3]. Planbefestigte Laufflächen werden zumeist durch stationäre Breitschieberanlagen mehrmals täglich entmistet [4]. Auf Spaltenböden hingegen werden in der Regel mobile Entmistungsschieber eingesetzt, die bislang zumeist personengeführt waren und daher nur ein- bis zweimal täglich eingesetzt wurden [5]. Jedoch gehört das Abschieben von Laufflächen zu jenen Tätigkeiten im Betriebsablauf, die als erstes vernachlässigt werden wenn nicht genügend Arbeitszeit zur Verfügung steht [6].

Da bereits automatisierte Systeme für das Melken und Füttern existieren, mit denen sich der Arbeitszeitbedarf zum Teil um bis zu 25 Prozent reduzieren lässt, ist der nächste sinnvolle Automatisierungsschritt das autonome Abschieben der Spaltenböden [6,7]

Aufgrund wachsender Betriebsgrößen und begrenzter Arbeitskräftekapazitäten stellt sich für viele Betriebsleiter die Frage, ob sich die Anschaffung eines sogenannten Entmistungs- oder Spaltenreinigungsroboters, insbesondere unter Berücksichtigung der körperlichen Entlastung und der Einsparung von Arbeitszeit, lohnt.

Um die Auslastung der Entmistungsroboter zu analysieren wurde in MS-Excel ein Kalkulationsmodell entwickelt, mit dessen Hilfe sich der Zeitbedarf für die Entmistung von Laufflächen in Milchviehlaufställen berechnen lässt.

## 2 Material und Methoden

In Tabelle 1 sollen die wichtigsten Kenndaten der unterschiedlichen Entmistungsroboter wie sie in dieser Arbeit untersucht wurden dargestellt werden.

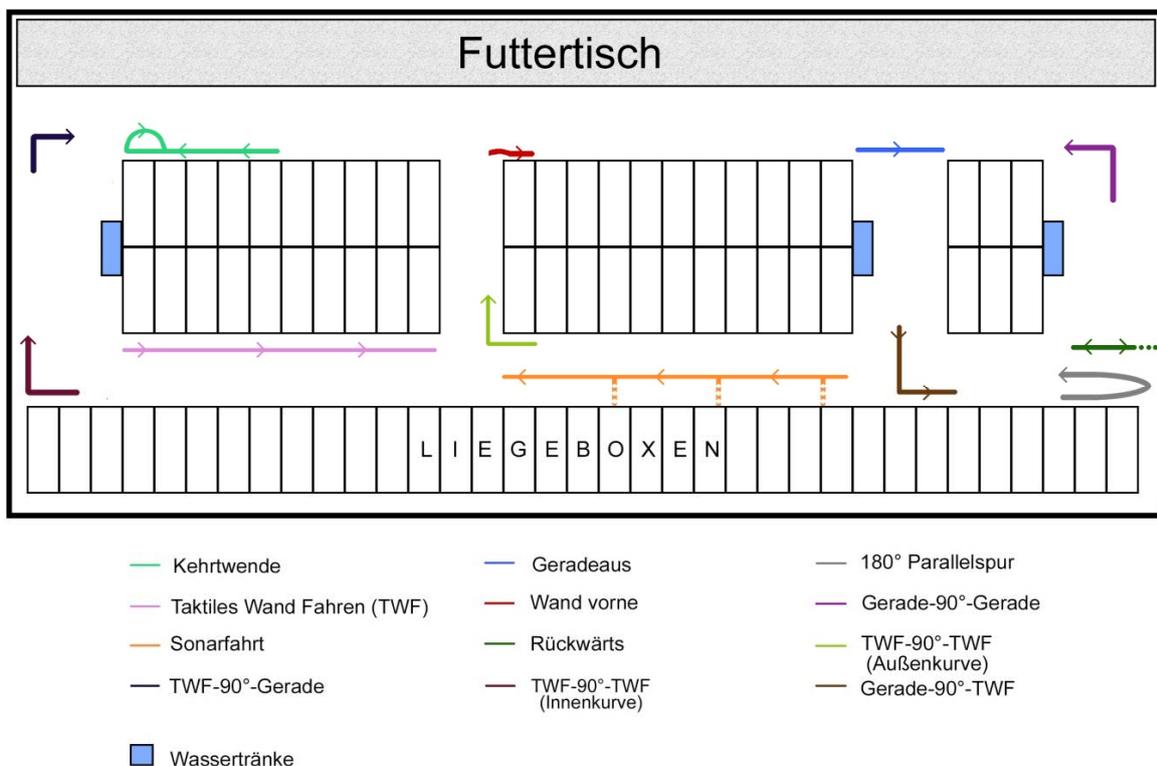
**Tabelle 1:** Kenndaten der Entmistungsroboter der Hersteller DeLaval, Lely und Prinzing (nach ALBRECHT, 2015)

Entmistungsroboter	DeLaval RS 420	Lely Discovery <sup>1)</sup>	Prinzing Pribot 100
<b>Maße (L x B x H)</b>	1430 x 730 x 640 mm Breite ohne Schieber	1285 x 860 x 575 mm Breite mit Schieber	1110 x 1250 x 530 mm Breite mit Schieber
<b>Gewicht</b>	460 kg	303 kg	380 kg
<b>Arbeitsbreite (Schiebeschild)</b>	1,00 m - 1,90 m	0,86 m	1,20 m
<b>Max. Fahrdauer; Ladedauer</b>	18 h; 6 h	4 h (ohne Zwischenladen); 6 h	18 h; 4 - 6 h
<b>Ladestation</b>	Bodenplatte	Wandpanel, Bodensäule	Wandpanel
<b>Seite der Ladkontakte</b>	Unterseite	Werkseitig links	rechts oder links, bei Installation wählbar
<b>Antrieb</b>	2 Elektromotoren	2 Elektromotoren	2 Elektromotoren
<b>Strecken programmierbar</b>	Ja	Ja	Ja
<b>Orientierung im Stall</b>	Transponder im Boden, Sensoren im Schiebeschild	Horizontales Führungsrاد, Encoder, Gyroskop, Ultraschall, „Stoßpunkte“	Sensoren im Schiebeschild, Ultraschall
<b>Räumgeschwindigkeit</b>	Ca. 4 bzw. 5,5 m/min	Ca. 10,8 m/min	Ca. 3 m/min
<b>Wassertank</b>	Joz-Tech Sprüher: 100 l Wassertank	Lely Discovery 90 SW: 30 l Wassertank	Nein
<b>Räumkapazität <sup>1)</sup> pro Tag (rechnerisch)</b>	5,5 m/min * 1,20 m * 60 min * 18 h = <b>7128 m<sup>2</sup>/Tag</b>	10,8 m/min * 0,86 m * 60 min * 14,4 h = <b>8026 m<sup>2</sup>/Tag</b>	3 m/min * 1,20 m * 60 min * 18 h = <b>3888 m<sup>2</sup>/Tag</b>

<sup>1)</sup> laut Hersteller: ein Lely Discovery für 240 Kühe

Die grundlegenden Zeitstudien an den Entmistungsrobotern wurden mit Hilfe des Programms „MEZA 8.0“ durchgeführt. Die Erfassung erfolgte, während dem Abschieben der Laufflächen in sechs verschiedenen Praxisbetrieben [8,9]. Jeweils zwei der Betriebe haben einen Entmistungsroboter der Hersteller DeLaval, Lely und Prinzing. Unter den ausgewählten Praxisbetrieben waren fünf dreireihige Liegeboxenlaufställe mit jeweils ein bis zwei unterschiedlichen Strecken, sowie ein vierreihiger Liegeboxenlaufstall mit vier unterschiedlichen Strecken. Die erste Strecke dient jeweils zur Reinigung des Laufgangs und gegebenenfalls der Übergänge, die zweite Strecke dient zur Reinigung des Spaltenbodens entlang der Liegeboxen im Fressgang. Auf allen Praxisbetrieben wurde der Fressgang nur entlang der Liegeboxenkante gereinigt, um die Tiere während der Futteraufnahme nicht zu stören.

Als nächster Schritt wurde die Dauer einzelner Arbeitselemente erfasst, aus deren Messergebnissen neue Planzeiten für Entmistungsroboter gebildet wurden, da bislang keine Planzeiten für Entmistungsroboter vorlagen. Die in den Zeitstudien gemessenen Elemente sind skizzenhaft in Bild 1 dargestellt und zum besseren Verständnis mit Anfangs- und Endpunkten kurz erläutert (Tabelle 2).



**Bild 1:** Skizze der in den Zeitstudien gemessenen Elemente

**Tabelle 2:** Beschreibung der in den Zeitstudien gemessenen Elemente mit Anfangs- und Endpunkt

Element	Beschreibung	Anfangspunkt	Endpunkt
<u>Taktiler Wand Fahren (TWF)</u>	Schiebeschild hat Wandkontakt. R.* fährt an Liegeboxenreihe oder Stallwand entlang	Nach mind. 1,5 m mit Wandkontakt (nach Element „Wand vorne“)	Ende des Wandkontakts oder Drehung
<u>Geradeaus Fahren</u>	Schiebeschild hat keinen Wandkontakt. R. fährt z.B. geradeaus an Übergängen vorbei	Nach Ende des Wandkontakts	Beginn des Elements „Wand vorne“ oder Drehung
<u>Wand vorne</u>	R. fährt nach „Geradeaus Fahren“ an die Liegeboxenreihe oder Wand heran und fährt anschließend „TWF“	Beginn der Liegeboxenkante oder Wand	Nach 1,5 m Fahrt
<u>TWF - 90° - TWF</u>	R. fährt 1,5 m „TWF“, dreht um 90° und fährt danach 1,5 m „TWF“ weiter	1,5 m vor der Drehung	1,5 m nach der Drehung
<u>TWF - 90° - gerade</u>	R. fährt 1,5 m „TWF“, dreht um 90° und fährt danach 1,5 m „Geradeaus Fahren“ weiter	1,5 m vor der Drehung	1,5 m nach der Drehung
<u>gerade - 90° - gerade</u>	R. fährt 1,5 m „Geradeaus Fahren“, dreht um 90° und fährt danach 1,5 m „Geradeaus Fahren“ weiter	1,5 m vor der Drehung	1,5 m nach der Drehung
<u>gerade - 90° - TWF</u>	R. fährt 1,5 m „Geradeaus Fahren“, dreht um 90° und fährt danach 1,5 m „TWF“ weiter	1,5 m vor der Drehung	1,5 m nach der Drehung
<u>180° Parallelspur</u>	R. fährt „TWF“, dreht um 180° und fährt auf Parallelspur zurück („Geradeaus Fahren“ oder „Sonarfahrt“)	Beginn der Drehbewegung	Ende der Drehbewegung zzgl. Roboterlänge
<u>Kehrtwende</u>	R. fährt „TWF“ oder „Geradeaus Fahren“, dreht um und fährt auf selber Spur zurück („TWF“, „Geradeaus Fahren“)	Beginn der Drehbewegung	Nach 2,5 m Fahrt Eintreffen auf der selben Spur
<u>Sonarfahrt</u>	Schiebeschild hat keinen Wandkontakt. R. fährt mit Ultraschallsensoren, z.B. in der Mitte des Laufgangs	R. erreicht Niveau der Liegeboxenkante oder Wand	Ende der Sonarfahrt durch anderes Element
<u>Rückwärts</u>	R. fährt rückwärts, mit oder ohne Wandkontakt	Beginn der Rückwärtsfahrt	Beginn jeglichen anderen Elementes
<u>Einparken</u>	DeLaval RS 420 fährt rückwärts mit Drehbewegung in die Ladestation Lely Discovery und Prinzing Pribot 100 fahren mit „TWF“ von links (oder rechts) an die Ladestation	DeLaval: 2,5 m ; Lely: 3 m Prinzing: 2,5 m vor Ladestation	Verbindung zu den Ladekontakten
<u>Ausparken</u>	Lely Discovery und Prinzing Pribot 100 parken mit „TWF“ vorwärts, DeLaval RS 420 mit „Geradeaus Fahren“ vorwärts, aus	Verlassen der Ladekontakte	Nach 1,5 m Fahrt

Beispielhaft sind in Tabelle 3 die wichtigsten statistischen Kennzahlen sowie die Planzeiten der Elemente „Taktiles Wand Fahren“, „Geradeaus Fahren“ und „Sonarfahrt“ der untersuchten Entmigungsroboter dargestellt.

**Tabelle 3:** Statistische Kennzahlen der Messwerte der Fahrtelemente „Taktiles Wand Fahren“, „Geradeaus Fahren“ und „Sonarfahrt“ der untersuchten Entmigungsroboter

	Planzeit	n	$\bar{x}$ (cmin)	Xmin (cmin)	Xmax (cmin)	Median (cmin)	SD (cmin)	VK (%)	$\epsilon$ (%)	n'	
Lely Discovery	Taktiles Wand Fahren	50	6,18	4,36	7,91	6,22	0,68	11,06	3,14	0	
	Geradeaus Fahren	36	7,06	5	9,62	7,04	1,21	17,17	5,81	0	
	Sonarfahrt	9	6,53	6,12	7,01	6,49	0,33	4,99	3,84	0	
Prinzing Pribot 100	Taktiles Wand Fahren	41	35,72	29,99	41,82	35,82	3,19	8,93	2,82	0	
	Geradeaus Fahren	63	36,01	29,23	41,43	35,48	2,30	6,38	1,61	0	
	Sonarfahrt	8	35,91	34,06	39,57	34,89	2,13	5,92	4,95	0	
DeLaVal RS 420	1,20 m	Taktiles Wand Fahren	35	17,41	12,00	21,60	17,20	2,34	13,46	4,62	0
		Geradeaus Fahren	14	20,82	16,40	25,56	21,40	3,13	15,06	8,69	0
	1,60 m	Taktiles Wand Fahren	14	12,89	10,15	16,40	12,44	1,76	13,66	7,88	0
		Geradeaus Fahren	6	15,53	11,92	17,69	15,87	2,03	13,11	13,76	10,00

Mit Hilfe dieser Planzeiten wurde, nach einer positiven Modell-Prüfung, in einem Kalkulationsmodell in MS-Excel der Zeitbedarf für das Abschieben von Laufflächen in fünf unterschiedlichen Szenarien für vier verschiedene Modellbetriebe berechnet.

Die angenommenen Modellbetriebe verfügten über 82, 159, 176 und 211 Liegeboxen, verteilt auf drei bis sechs Liegereihen. Pro Modellbetrieb wurden fünf unterschiedliche Strecken des Entmigungsroboters angenommen:

1. Laufgang nur entlang der Liegeboxen reinigen
2. Laufgang nur entlang der Liegeboxen, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge entlang der Wand reinigen
3. Laufgang auf gesamter Breite, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge nicht reinigen
4. Laufgang auf gesamter Breite, Fressgang auf gesamter Breite, Übergänge entlang der Wand reinigen
5. gesamte Lauffläche reinigen

### **3 Ergebnisse und Diskussion**

Werden die Planzeiten der Elemente „Taktiler Wand Fahren“, „Geradeaus Fahren“ und „Sonarfahrt“ der verschiedenen Roboter miteinander verglichen, so fällt auf, dass der Lely Discovery die höchste Geschwindigkeit hat. Der Prinzing Pribot benötigt mehr als die fünffache Zeit für dieselbe Strecke.

Der DeLaval RS 420 mit 1,60 m Schieberbreite benötigt etwa die doppelte Zeit des Lely Discoverys für dieselbe Strecke, ist damit aber schneller als der DeLaval RS 420 mit 1,20 m Schieberbreite. Weshalb der DeLaval mit 1,60 m Schieberbreite schneller ist als der mit 1,20 m Schieberbreite, konnte nicht eindeutig belegt werden. Roboter des Herstellers DeLaval verfügen nicht über das Element „Sonarfahrt“, da sich diese mittels Transpondern im Boden orientiert und keine Ultraschallsensoren besitzt.

Beim Prinzing Pribot 100 wurde zwischen den Planzeiten „Taktiler Wand Fahren“, „Geradeaus Fahren“ und „Sonarfahrt“ kein signifikanter Unterschied festgestellt. Daher wäre es möglich den Mittelwert dieser drei Planzeiten im Kalkulationsmodell zu verwenden. Aufgrund der Untergliederung des Kalkulationsmodells wurde jedoch mit den einzelnen Planzeiten dieser Elemente, wie auch bei den anderen Entmistungsrobotern, gerechnet.

In Tabelle 4 wird die rechnerisch mögliche Reinigungsleistung laut Herstellerangaben mit der in der Praxis gemessenen Reinigungsleistung verglichen.

**Tabelle 4:** Vergleich der rechnerisch möglichen Reinigungsleistung nach Herstellerangaben und gemessener Reinigungsleistung

Roboter	Prinzing Pribot 100	Lely Discovery	DeLaval RS 420 *	
			1,20 m	1,60 m
Durchschnittsgeschwindigkeit laut Hersteller (m/min)	3,00	10,8	4 bzw. 5,5	4 bzw. 5,5
Rechnerische Reinigungsleistung pro Stunde laut Hersteller (m <sup>2</sup> /h)	216	536,64	288 bzw. 396	384 bzw. 528
Durchschnittsgeschwindigkeit laut Messung (m/min)	2,42	13,37	5,21	5,42
Rechnerische Reinigungsleistung pro Stunde laut Messung (m <sup>2</sup> /h)	174,24	689,89	375,12	520,32
Differenz der Reinigungsleistung pro Stunde <sup>1)</sup> (%)	+23,97	-22,21	-23,22 bzw. +5,57	-26,20 bzw. +1,48

<sup>1)</sup> Differenz zwischen Herstellerangaben und gemessener Reinigungsleistung

\* DeLaval RS 420 mit 1,20 m und 1,60 m Schieberbreite

Die durchschnittliche Räumgeschwindigkeit des Lely Discovery wird mit 10,8 m/min angegeben. Bei den Messungen auf den Praxisbetrieben hat sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 13,37 m/min ergeben. Damit ist der Lely Discovery deutlich schneller als vom Hersteller angegeben, und schafft es mit dieser Geschwindigkeit rein rechnerisch 22,21 % bzw. 153,25 m<sup>2</sup> mehr Fläche pro Stunde zu reinigen.

Der DeLaval RS 420 fährt laut Herstellerangaben mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 4 bzw. 5,5 m/min. Damit kann die Reinigungsleistung deutlich über- bzw. unterschätzt werden, falls nicht berücksichtigt wird, welche Geschwindigkeit eingestellt ist. Die Differenz für den DeLaval RS 420 mit 1,20 m Schieberbreite beträgt im Vergleich zur Höchstgeschwindigkeit + 5,57 %, damit wäre die Fläche nach Angaben des Herstellers geringfügig überschätzt. Im Vergleich zur niedrigsten Geschwindigkeit bis zu - 23,33 % und damit deutlich unterschätzt. Für den DeLaval RS 420 mit 1,60 m Schieberbreite liegt die Differenz zwischen - 26,20 % und + 1,48 %. Da der Prinzing Pribot 100 in der Praxis etwa 0,58 m/min langsamer fährt als vom Hersteller angegeben, ist entsprechend auch die Reinigungsleistung pro Stunde um 23,97 % geringer als es nach Herstellerangabe zu erwarten wäre.

Anhand der Berechnungen die zu den Modellbetrieben durchgeführt wurden, zeigt sich, dass der Zeitbedarf für das Zurücklegen bestimmter Strecken nicht nur in Abhängigkeit der größer werdenden Entfernungen steigt, sondern auch steigt, je mehr

Kurven gefahren werden müssen. Insgesamt war der Zeitbedarf für alle Entmistungsroboter auf allen Modellbetrieben bei Strecke 3 (Laufgang auf gesamter Breite, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge nicht reinigen) geringer als für Strecke 2 (Laufgang nur entlang der Liegeboxen, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge entlang der Wand reinigen). Die Zeitersparnis bei Strecke 3 gegenüber Strecke 2 liegt darin begründet, dass die Übergänge bei Strecke 3 nicht angefahren werden und daher weniger Strecke insgesamt und weniger Kurven zurückgelegt werden müssen. Ein wesentlicher Unterschied in der Streckenführung der verschiedenen Entmistungsroboter ergibt sich durch die unterschiedlichen Schiebeschildbreiten. Während der Lely Discovery mit seiner Arbeitsbreite von 0,86 m Laufgänge mit 2,5 m Breite bereits dreimal, Fressgänge mit 3,5 m Breite sogar viermal anfahren muss um sie auf gesamter Breite reinigen zu können, müssen DeLaval RS 420 und Prinzing Pribot 100 dieselben Laufgänge bei einer tolerierbaren Differenz von 0,1 m nur zwei- bzw. dreimal anfahren.

Wird der Gesamtzeitbedarf der Entmistungsroboter bei unterschiedlichen Betriebsgrößen und unterschiedlichen Streckenführungen näher betrachtet, zeigt sich, dass der Lely Discovery mit Abstand am schnellsten zur Ladestation zurückkehrt und etwa doppelt so schnell wie der DeLaval RS 420 und dieser wiederum doppelt so schnell ist wie der Prinzing Pribot 100.

Arbeitszeit wird von Entmistungsrobotern in der Regel nur während der Ein- bzw. Umprogrammierung von Strecken, sowie zur Durchführung von Reinigungs- und Wartungsarbeiten oder zur Behebung von Störungen benötigt [6]. Während die wöchentliche Reinigung der Ladekontakte und Ultraschallsensoren nach Angaben der Betriebsleiter nur zwei bis fünf Minuten, d. h. 1,73 - 4,33 APh/Roboter und Jahr in Anspruch nimmt, sind allgemeine Wartungsarbeiten alle ein bis zwei Monate, mit einem Arbeitszeitaufwand von 20 Minuten, d. h. 2,0 - 4,0 APh/Roboter und Jahr notwendig. Das Einprogrammieren neuer Strecken dauert je nach Programmiererfahrung und Stallgröße eine bis mehrere Stunden. Sofern die Strecke optimal programmiert ist, treten Störungen wie Verfahren oder Stehenbleiben, die ein Eingreifen des Landwirts notwendig machen, relativ selten auf und sind durch das Zurückfahren des Roboters zur Ladestation, in Abhängigkeit von der Entfernung zur Ladestation, schnell zu beheben. Ein wesentlicher Vorteil der Entmistungsroboter ist, dass gemäß eines Stundenplans regelmäßig die Laufflächen gereinigt werden und

dies in der Regel häufiger als beim Einsatz manueller bzw. personengeführter Entmistungsgeräte erfolgt. So können Entmistungsroboter in Abhängigkeit von Roboter, Stallgröße und Streckenführung mindestens dreimal, oft aber mehr als zehnmal täglich fahren. Durch diese hohe Reinigungsintensität sind die Laufflächen sauber und trocken, was sich wiederum positiv auf die Klauengesundheit auswirkt [10,11].

Der Gesamtarbeitszeitaufwand für Boxenpflege, Einstreuen und Misten beträgt 3 - 5 APh/Kuh und Jahr [12–16]. Allerdings kann anhand dieser Daten nicht ohne weiteres auf die Ausführung der Liegeboxen und der Laufflächen geschlossen werden. Bei zweimal täglichem Abschieben der Laufflächen, ohne Übergänge, mit einem Handschieber mit 0,8 m Arbeitsbreite bei einer Bestandsgröße von 60 Kühen werden durchschnittlich 5,05 AKh/Kuh und Jahr benötigt [17]. Wird diese Arbeit mit einem personengeführten Einachsschlepper mit einem Meter Arbeitsbreite durchgeführt, sinkt der Arbeitszeitbedarf für 60 Kühe auf 4,44 AKh/Kuh und Jahr, für 120 Kühe auf 3,47 AKh/Kuh und Jahr. Wird ein Hoflader oder ein Schlepper mit einem Schiebeschild mit zwei Metern Arbeitsbreite eingesetzt, sinkt der Arbeitszeitbedarf für 60 Kühe auf 3,41 - 3,53 AKh/Kuh und Jahr und für 120 Kühe auf 2,37 - 2,49 AKh/Kuh und Jahr. Ähnliche Werte finden sich auch in der Datensammlung der KTBL. Dort werden für einmal tägliches Abschieben mit einem Schlepper mit Frontschild bei 60 Kühen 0,30 AKmin/Kuh und Tag (entspricht 1,83 AKh/Kuh und Jahr bei einmal täglichem Abschieben, 3,66 AKh/Kuh und Tag bei zweimal täglichem Abschieben) und für 120 Kühe 0,41 AKmin/Kuh und Tag (entspricht 2,49 AKh/Kuh und Jahr bei einmal täglichem Abschieben, 4,98 AKh/Kuh und Jahr bei zweimal täglichem Abschieben) angegeben [18].

Werden die Laufflächen, wie auf den Praxisbetrieben der Fall, nur noch durch den Entmistungsroboter und nicht mehr von Hand gereinigt, kann durch die Automatisierung eine relativ hohe Arbeitszeiteinsparung erreicht werden, wenn der Arbeitszeitbedarf betrachtet wird, der von MORIZ (2003) für das Abschieben von Laufflächen ermittelt wurde. Die Praxisdaten liegen jedoch bereits in der Summe für Laufflächenentmistung und Liegeboxenentmistung und Einstreuen niedriger als der berechnete Arbeitszeitbedarf für die Laufflächenentmistung. Wenn in der Praxis die Laufflächen aus Zeitmangel nicht abgeschoben werden, wird durch den Einsatz eines

Entmistungsroboters zwar nicht sichtbar Arbeitszeit gespart, jedoch sind die Laufflächen sauberer was wiederum die Liegeboxen-Sauberkeit positiv beeinflusst, da nicht mehr so viel Mist durch die Klauen in die Liegeboxen getragen wird [19]. Insgesamt lässt sich durch die verbesserte Laufflächenhygiene die Entstehung von wirtschaftlich bedeutsamen und tierwohl-relevanten Klauenerkrankungen vermindern. Zudem kann auch die Arbeitszeit in anderen Bereichen, z. B. beim Melken, positiv beeinflusst sein, da der Aufwand für die Euterreinigung vor dem Melken stark von der Sauberkeit der Liegeboxen abhängt [20].

Die Ergebnisse der Modellkalkulation zeigen deutlich, dass mit steigender Komplexität der Strecke der errechnete Zeitbedarf steigt, da in zunehmender Anzahl Vorgangselemente (wie z. B. Kurven) gefahren werden müssen und weitere Entfernungen zurückgelegt werden müssen. In Tabelle 5 ist dargestellt, wie viele Fahrten pro Tag durch die Entmistungsroboter in den einzelnen Modellbetrieben möglich sind in Abhängigkeit der Strecken die in Material und Methoden erläutert wurden.

**Tabelle 5:** Anzahl möglicher Fahrten der Entmistungsroboter pro Tag für unterschiedliche Strecken in den Modellbetrieben nach Kalkulationsmodellen (K) und Herstellerangaben (H)

Modellbetrieb	Strecke <sup>1)</sup>	Prinzing Pribot 100		Lely Discovery		DeLaval RS 420 (1,20 m)	
		K	H	K	H	K	H
<b>Modellbetrieb 1</b> (82 Liegeboxen)	<b>Strecke 1</b>	29	32	121	90	56	59
	<b>Strecke 5</b>	6	7	22	17	12	13
<b>Modellbetrieb 5</b> (176 Liegeboxen)	<b>Strecke 1</b>	11	12	45	34	21	22
	<b>Strecke 5</b>	3	3	11	8	6	7
<b>Modellbetrieb 11</b> (211 Liegeboxen)	<b>Strecke 1</b>	10	11	44	32	20	21
	<b>Strecke 5</b>	3	3	10	8	6	6
<b>Modellbetrieb 14</b> (159 Liegeboxen)	<b>Strecke 1</b>	8	9	38	27	16	17
	<b>Strecke 5</b>	3	3	11	8	6	6

Komplexe Strecken, wie bspw. Strecke 4 und 5 in den Modellbetrieben, werden, sofern überhaupt für die Praxis relevant, in mehrere Teilstrecken unterteilt und abwechselnd gereinigt. So wird beispielsweise zunächst der Laufgang, und anschließend mit der

nächsten Teilstrecke der Fressgang gereinigt. Dadurch werden manche Streckenabschnitte doppelt befahren, wodurch der Gesamtzeitbedarf ansteigt. Das kann dazu führen, dass der Entmistungsroboter bei der Unterteilung in Teilstrecken pro Tag eine etwas geringere Reinigungshäufigkeit erreicht, als die gesamte Strecke am Stück gereinigt wird. Eine Strecke zählt erst dann als vollständig gereinigt, wenn der Entmistungsroboter wieder bis zur Ladestation zurückgekehrt und dort eingeparkt ist.

#### **4 Schlussfolgerung**

Während das zweimal tägliche Abschieben der Laufflächen, ohne Übergänge, mit einem Handschieber mit 0,8 m Arbeitsbreite noch 5,05 AKh/Kuh und Jahr in Anspruch nimmt, sinkt der Arbeitszeitbedarf auf 4,44 bis 3,47 AKh/Kuh und Jahr für 60 bis 120 Kühe bei einem Schlepper mit Schiebeschild mit einem Meter Arbeitsbreite, beziehungsweise auf 3,53 bis 2,49 AKh/Kuh und Jahr für 60 bis 120 Kühe bei zwei Metern Arbeitsbreite [17]. Im Wesentlichen kann daher durch den Einsatz eines Entmistungsroboters eine Arbeitszeiterparnis in dieser Höhe erreicht werden.

Aus Sicht der Arbeitswirtschaft stellen autonome Entmistungssysteme wie Entmistungsroboter daher für Betriebe mit Spaltenböden eine echte Alternative zu konventionellen, meist personengeführten Entmistungssystemen dar. Da in der Praxis Arbeitszeit häufig knapp ist, wird teilweise die Entmistung auf ein Minimum reduziert, wobei die Liegeboxen noch gepflegt werden, jedoch die Laufflächen häufig nur noch einmal täglich und nur entlang der Liegeboxenkanten abgeschoben werden. Durch den Einsatz eines Entmistungsroboters kann das regelmäßige Abschieben der Laufflächen gewährleistet werden, wodurch die Laufflächen und damit auch die Liegeboxen sauberer sind.

#### **7 Literaturangaben**

- [1] LKV Bayern, Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2013: Ergebnisse und Auswertungen, 2013.
- [2] LKV NRW, Jahresbericht 2013. Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen e.V.; Staatlich anerkannter Milchkontrolldienst, 2013.
- [3] Statistisches Bundesamt, Landwirtschaftszählung 2010: Ergebnisse, available at [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/1\\_1\\_AusgewaehlteMerkmal\\_eVergleich\\_endteilweise.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/1_1_AusgewaehlteMerkmal_eVergleich_endteilweise.html) (accessed on December 8, 2014).

- [4] B. Steiner, M. Keck, Stationäre Entmistungsanlagen in der Rinder- und Schweinehaltung: Technische Ausführungsdetails und die richtige Handhabung entscheiden über die Funktionssicherheit, FAT, Tänikon, 2000.
- [5] A. Pöllinger, Bewertung von Entmistungsverfahren in Rinderlaufställen, in: Stallbau - Stallklima - Verfahrenstechnik - Aktuelle Fragen des landwirtschaftlichen Bauens, Raumberg-Gumpenstein, 2001.
- [6] F. Albrecht, Überprüfung der Auslastung von Entmistungsrobotern anhand eines dafür entwickelten statistischen Modells. Masterarbeit, Freising-Weihenstephan, 2015.
- [7] J. Harms, G. Wendl, Automatisierung in der Milchviehhaltung - Stand der Technik und Entwicklungstendenzen, in: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, Triesdorf, 1st ed., Freising-Weihenstephan, 2009, pp. 15–35.
- [8] DRIGUS GmbH, MEZA 8 für Windows: Zeitmanagement. Benutzerhandbuch, 8th ed., 2008.
- [9] DRIGUS GmbH, MEZA 8.0, DRIGUS GmbH, 2008.
- [10] R.L. Dörfler, C. Köstler, H. Bernhardt, H. Petermeier, The impact of the cleaning effect of scraper robots on claw health in dairy cows, in: Engineering for improving resource efficiency, Zürich, 2014.
- [11] M. Heiml, Umfrage und Analyse der Einsatzweise und Funktionsfähigkeit von Entmistungsrobotern in Milchviehbetrieben. Bachelorarbeit, Weihenstephan, 2013.
- [12] A. Hesse, BZA - Rind 2008 Rinderreport Rheinland-Pfalz: Betriebszweigauswertung der Milchviehberatungsringe, Bitburg, 2009.
- [13] B. Haidn, J. Mačuhová, Arbeitsorganisation in bayerischen Milchviehbetrieben, Analyse und Entwicklungen, in: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, Triesdorf, 1st ed., Freising-Weihenstephan, 2009, pp. 37–53.
- [14] B. Haidn, T. Schleicher, Arbeitszeitaufwand in den Pilotbetrieben, in: Artgerechte, umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren, Freising-Weihenstephan, Freising-Weihenstephan, 2006, pp. 185–210.
- [15] J. Mačuhová, B. Haidn, Zeit ist Geld!: Zukunfts-Strategien für bayerische Milchviehbetriebe, Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2013) 52–54.
- [16] R. Over, A. Kümmel, DLG Mitteilungen (2006) 20–23.
- [17] C. Moriz, Abschlussbericht: Kosten und Arbeitszeitbedarf für mobile Entmistungsverfahren: KTBL-Arbeitsprogramm, Kalkulationsunterlagen 2003, Kennziffer 4d 03b, Tänikon, 2003.
- [18] KTBL, Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13: Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, 23rd ed., Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2012.
- [19] M. Magnusson, A.H. Herlin, M. Ventorp, Effect of alley floor cleanliness on free-stall and udder hygiene, J. Dairy Sci. (2008a) 3927–3930.
- [20] N. Kanswohl, Gute Liegeboxen sind die halbe Miete, Tiergesundheit aktuell, Ausgabe Rind 04 / 2008 (2008) 2–4.



# Entwicklung der Tools für arbeitswirtschaftliche Ist-Analyse für die Innenwirtschaft auf Milchvieh-, Bullenmast- und Schweinemastbetrieben

Dr. Juliana Mačuhová und Dr. Bernhard Haidn

Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub (Poing)

## 1 Abstrakt

Immer wieder zeigen Untersuchungen, dass viele Landwirte den tatsächlichen Arbeitszeitaufwand für einzelne Arbeitsvorgänge nicht oder nur unzureichend einschätzen können. Dabei kann die richtige Einschätzung der Arbeitszeiten bei der Suche nach Arbeitsfallen entscheidend helfen. Ziel dieser Arbeit ist die Weiterentwicklung vorhandener Excel-basierter Tools, die die Landwirte in Milchvieh-, Bullenmast- und Schweinemastbetrieben bei der Einschätzung ihres Arbeitszeitaufwands im Bereich der Innenwirtschaft unterstützen sollen. Mit Hilfe dieser Tools kann die Arbeitszeitermittlung mittels Schätzung und/oder über Aufzeichnungen mittels Arbeitstagebücher durchgeführt werden. Überarbeitet wird der Erfassungsbogen für die Ermittlung der Rahmenbedingungen in den Betrieben, um einen Vergleich mit anderen Betrieben bzw. Erfahrungswerten zu ermöglichen. Derzeit laufen die Überprüfung der Tools in Praxisbetrieben und die Arbeiten an der Erstellung der browsergestützten Version für Milchviehbetriebe.

## 2 Einleitung

Obwohl die Arbeitswirtschaft in der Tierhaltung immer ein besonders wichtiges Thema ist, wissen viele Betriebe nicht (hauptsächlich Milchviehbetriebe, die arbeitsintensiver und vielseitiger sind), wie viel Zeit sie wirklich für welchen Betriebsbereich benötigen.

Häufig wird die Ermittlung des Arbeitszeitaufwands in landwirtschaftlichen Betrieben über eine Schätzung, Aufzeichnung mittels Arbeitstagebücher oder Nutzung verschiedener Datenlogger durchgeführt. Bei allen diesen Methoden führen die Arbeitskräfte selbst die Datenerfassung durch. Die erhobenen Daten können dann nicht nur für die betrieblichen Zwecke, sondern auch für wissenschaftliche

Untersuchungen dienen [1,2,3]. Umso wichtiger ist es, auch mit diesen Methoden aussagekräftige Daten zu bekommen.

In unserer vorherigen Untersuchung wurden mehrere Schätzmethode für die Ermittlung des Arbeitszeitaufwands insgesamt sowie auch für einzelne Arbeitsvorgänge in Milchviehbetrieben überprüft [4]. Es zeigte sich, dass die ermittelten Daten je nach Ermittlungsmethode variieren können und dass mehrere Schätzmethode kombiniert werden sollten, um belastbare Daten auch für einzelne Betriebe zu erhalten. Es zeigt sich aber auch, dass nicht nur die Qualität der ermittelten Arbeitszeitdaten, sondern auch eine genauere Erfassung der Rahmenbedingungen in den Betrieben für die Einschätzung der Ergebnisse von großer Bedeutung ist, um die angewendeten Verfahren beurteilen zu können.

Ziel dieser Arbeit ist die Weiterentwicklung vorhandener Tools (Schätzung bzw. Arbeitstagebücheraufzeichnung basiert), die die Landwirte in Milchvieh-, Bullenmast- und Schweinemastbetrieben bei der arbeitswirtschaftlichen Ist-Analyse im Bereich der Innenwirtschaft unterstützen sollen. Mittels beider Tools soll die Erfassung des Arbeitszeitaufwands im Bereich der Innenwirtschaft insgesamt sowie auch für einzelne Arbeitsvorgänge möglich sein. Dabei sollen nicht nur der Arbeitszeitaufwand, sondern auch die Rahmenbedingungen ermittelt werden, um einen Vergleich mit anderen Betrieben bzw. Erfahrungswerten zu ermöglichen.

### **3 Material und Methoden**

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, wurden zunächst Arbeiten an der Weiterentwicklung von zwei Excel-basierten vorhandenen Tools (Schätztool und Arbeitstagebüchertool), fortgesetzt. In den erstellten Dateien der beiden Tools sind alle Abfragen sowie Berechnungen zur Ermittlung des Arbeitszeitaufwands enthalten. Wenn notwendig, wurden bereits vorhandene Abfragen und Berechnungen bearbeitet bzw. neu erstellt. Die Gliederung der Arbeiten der Innenwirtschaft in einzelne Arbeitsvorgänge (Tabelle 1) ist in beiden Tools identisch, die der Arbeitsvorgänge in einzelne Arbeitsteilvorgänge kann jedoch variieren. Im Schätztool werden die Arbeitsvorgänge feiner unterteilt, um die Arbeitszeitermittlung für die einzelnen Arbeitsvorgänge durch die Schätzung schrittweise für einzelne Tätigkeiten

durchführen und damit die Landwirte bei der Schätzung anleiten und unterstützen zu können. Weiterhin werden beide Tools auf andere Betriebszweige (wie Bullenmast und Schweinemast) angepasst.

**Tabelle 1:** Aufteilung der Arbeiten für die Innenwirtschaft in Arbeitsvorgänge

Betriebszweig	Arbeitsvorgänge
Milchvieh	Organisation, Büro, Verwaltung; Melken*; Füttern*; Einstreuen/Entmisten*; Stallmanagement*; Weide*; Kälber/JV; Wartung und Reparaturen, Wirtschaftsdüngerausbringung
Bullenmast	Organisation, Büro, Verwaltung; Füttern; Einstreuen/Entmisten; Stallmanagement; Weide; Wartung und Reparaturen, Wirtschaftsdüngerausbringung
Schweinemast	Organisation, Büro, Verwaltung; Füttern; Einstreuen/Entmisten; Stallmanagement; Wartung und Reparaturen, Wirtschaftsdüngerausbringung

\* Kühe

#### *Weiterentwicklung des Schätztools*

Derzeit beinhaltet das Tool insgesamt immer noch sechs Schätzmethoden; drei für die Ermittlung des Gesamtarbeitszeitaufwands der Innenwirtschaft und drei zur Ermittlung des Arbeitszeitaufwands einzelner Arbeitsvorgänge. Die einzelnen Schätzmethoden und der damit zu ermittelnde Arbeitszeitaufwand sind in der Tabelle 2 dargestellt.

#### *Weiterentwicklung des Arbeitstagebüchertools*

Auch die bereits vorhandene Excel-Version zur Erfassung der Arbeitszeiten über Arbeitstagebücher wurde überarbeitet und um eine Excel-Tabelle zur Erfassung der unregelmäßigen Arbeiten bzw. von Arbeiten, die während des Erfassungszeitraums nicht durchgeführt werden, ergänzt. Arbeitszeiten für diese Arbeiten können über diese Excel-Tabelle auch außerhalb des Erfassungszeitraums eingetragen werden bzw. nachträglich geschätzt werden. Der Erfassungszeitraum kann zwischen einem Tag und 16 Wochen bzw. bis vier mal vier Wochen variieren.

#### *Erstellung des Erfassungsbogens für Rahmenbedingungen an den Betrieben*

Für die Erfassung der Rahmenbedingungen wurde ein Erfassungsbogen ausgearbeitet, mit dessen Hilfe allgemeine Informationen (wie z. B. Produktionsdaten, Anzahl und Ausführung der Stallungen, relevante Entfernungen), Informationen über Arbeitskräfte und der Ablauf einzelner Verfahren mit der dafür verwendeten Technik

ermittelt werden. Die Mehrheit der Fragen sind geschlossene Fragen mit der Möglichkeit einer Einfachauswahl aus einer Liste sowie einem optionalen Textfeld (Bild 2).

**Tabelle 2:** Schätzmethode und damit ermittelter Arbeitszeitaufwand

Schätzmethode	Schätzung des Arbeitszeitaufwands				Schätzung je Arbeitsperson
	Gesamt Betrieb	Innenwirtschaft insgesamt*	Wirtschaftsdüngerausbringung	Innenwirtschaft - einzelne Arbeitsvorgänge	
Jahreswerte	x	x	x		X
Tageswerte <sup>1</sup>		x			X
Tageswerte-Urlaub <sup>2</sup>		x			X
Tageswerte-Arbeitsvorgang				x	X
Tageswerte-Arbeitsvorgang je Arbeitsperson				x	X
Arbeitsvorgang/-teilvergänge-Werte <sup>3</sup>				x	

<sup>1</sup> mit Korrektur auf Anzahl Arbeitstage und falls regelmäßig nicht alle Arbeitspersonen täglich im Betrieb arbeiten, Erfassung der Arbeitszeiten separat für die Tage wenn alle arbeiten und Tage ohne täglich arbeitende Arbeitskräfte

<sup>2</sup> mit Korrektur auf Anzahl Arbeitstage und Berücksichtigung der Urlaubsvertretung

<sup>3</sup> Ermittlung des Arbeitszeitaufwands für einzelne Arbeitsteilvorgänge, deren Häufigkeiten und Anzahl der beteiligten Personen (Bild 1B)

\* ohne Wirtschaftsdüngerausbringung

A

		Aufnahmeperiode			
		1	2	3	4
Arbeitsvorgänge		Datum ( )			
Organisation, Büro, Verwaltung		1			
Stallmanagement	Tierkontrollen	2			
	Tierbehandlungen	3			
	Einkauf und Einstallen	4			
	Umställen	5			
	Wiegen	6			
	Enthornen	7			
	Ausstallen und Verkauf	8			
	Sonstige Arbeiten	9			
	Fütterung	Futtermittelvorbereitung	10		
Tränkekälber		11			
Tränkekälber mit Eimer		12			
Tränkekälber mit Automattütterung		13			
Grundfütter- bzw. Mischration-Fütterung		14			
Krautfütterfütterung		15			
Grünfütterung (Bereitstellung bis Vorlage inkl. Rüstzeit)		16			
Futtermachschieben		17			
Fütteranlieferung und -einlagerung		18			
Rüstarbeiten am Silo		19			
Sonstige Arbeiten					

B

Vorgänge	einzelne Tätigkeiten	Arbeitszeitaufwand		Häufigkeit		Anzahl Arbeitskräfte
		Dauer (zahl)	Einheit	Anzahl pro Zeitraum	Zeitraum	
Stallmanagement						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tierkontrollen</li> <li>Tierbehandlungen</li> <li>Einkauf und Einstallen der Tiere</li> <li>Umställen</li> <li>Wiegen</li> <li>Enthornen</li> <li>Ausstallen und Verkauf</li> <li>Klauenpflege</li> </ul>						

**Bild 1:** Auszug aus dem Arbeitstagebücher- (A) und Schätztool (B) zur Erfassung der Arbeitszeiten in den Betrieben mit dem Betriebszweig Bullenmast

*Überprüfung des Schätztools in Praxisbetrieben*

Das Schätztool wurde bereits in mehreren Praxisbetrieben getestet. Derzeit werden die Betriebe hauptsächlich über Lehrkräfte an Landwirtschaftsschulen und über Studierende an diesen Schulen ermittelt. Die Studierenden bekommen das Tool erklärt

und unter Anleitung können sie die Schätzungen für den eigenen Betrieb durchführen. Sie werden dabei gebeten, die Schätzungen anschließend auch mit den anderen Arbeitskräften des Betriebs durchzuführen sowie die Rahmenbedingungen im Betrieb zu erfassen. Die Schätzungen der einzelnen Methoden sollten unabhängig voneinander durchgeführt werden.

Haltung Kühe	
Aufstellungsform - Kühe	
Laufstall (ohne Sonderbereichen, wie Abkalbebox)	Anbindehaltung Laufstall Laufstall + Anbindehaltung
Tier-Liegeplatzverhältnis (Anzahl Tiere pro Platz)	Sonstiges
Tier-Fressplatzverhältnis (Anzahl Tiere pro Platz)	
Bei Laufstall mit Liegeboxen: Anordnung der Liegeboxen bei Kühen (z. B. 2x3)	
...JV in Kuhstall	
Ausführung der Laufgänge bei Kühen	
Automatische Selektioneinrichtung	
Anbindehaltung bei Kühen	
Standfläche	
Anzahl der Liegereihen	
Haltung der laktierenden und trockenstehenden Kühe	
Anzahl Haltungsgruppen bei laktierenden Kühen (ohne Kühe in Abkalbebox)	
Anzahl Haltungsgruppen bei Trockensteher (ohne Kühe in Abkalbebox)	
Weide für Kühe	

Betrieb / Arbeitskräfte / Aufnahmeperiode / Bestand / AK 1 / AK 2 / AK 3 / AK 4 / AK 5 / AK 6 / AK 7 / AK 8

**Bild 2:** Auszug aus dem Erfassungsbogen für die Ermittlung der Rahmenbedingungen in den Milchviehbetrieben

### Statistische Datenauswertung

Die Daten von 12 Betrieben, die auch Arbeitstagebücher während einer vierwöchigen Periode geführt haben, wurden statistisch ausgewertet. Die Studierenden wurden gebeten, die über beide Tools ermittelten Daten nochmal zu überprüfen, was jedoch nicht von allen durchgeführt wurde. Deshalb sind bei der Erfassung über die Arbeitstagebücher in einigen Betrieben fehlende bzw. unklare Daten (hauptsächlich Wartung und Reparaturen, Organisation, Büro und Management betreffend) zu verzeichnen. Bei der Methode Tageswerte-Arbeitsvorgang haben sechs Studierende keine Angaben gemacht, weshalb die Ergebnisse bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten.

Die statistische Analyse wurde mit dem Programm SigmaPlot® [5] durchgeführt. Für den Mittelwertvergleich wurden die einfache ANOVA mit wiederholten Messungen (bei normalverteilten Daten und gleicher Varianz) und der Friedman Test (bei nicht

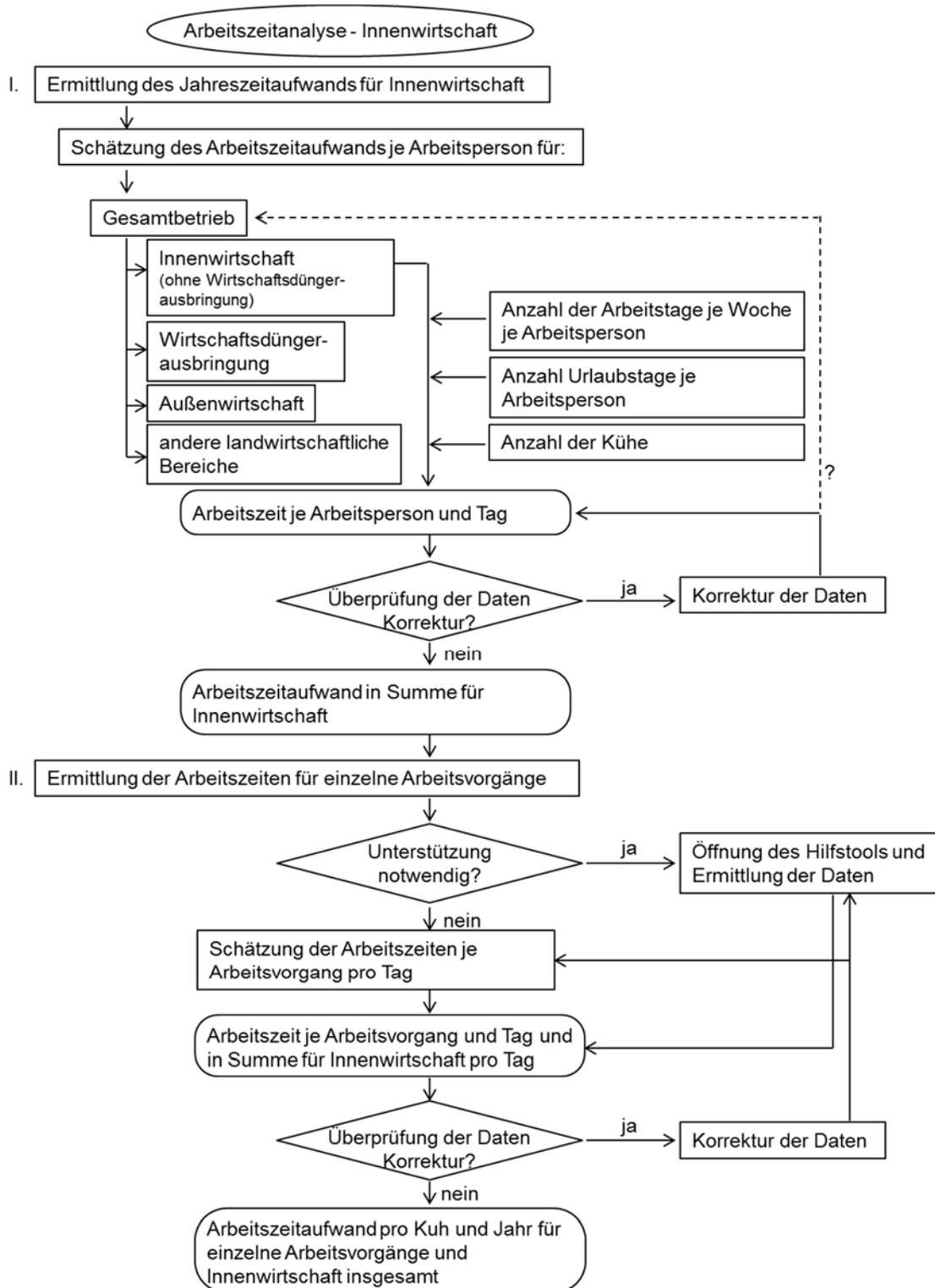
normalverteilten Daten bzw. ungleicher Varianz) mit Mittelwertvergleich nach Tukey verwendet. Das Signifikanzniveau war auf  $P < 0,05$  festgelegt. Zusätzlich wurden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet, um die Zusammenhänge zwischen Arbeitstagebücherdaten und ausgewählten Schätzmethoden zu testen.

#### **4 Ergebnisse und Diskussion**

Die Untersuchungen in den zwölf Milchviehbetrieben zeigten erneut, dass nicht alle Landwirte wissen, wie viel Zeit sie für bestimmte Tätigkeiten benötigen. Viele der befragten Betriebe haben sogar vorher noch nie eine Abschätzung der Arbeitszeiten für einzelne Arbeitsvorgänge der Innenwirtschaft durchgeführt. Dabei wird immer wieder die Bedeutung der Arbeitswirtschaft betont und angesprochen. Bei der Anschaffung einer neuen Technik sowie bei Neubau- bzw. Umbaumaßnahmen gehören die Arbeitszeiteinsparung bzw. Arbeitserleichterung zu den wichtigsten Punkten, die damit erfüllt werden sollen.

Während sich die Betriebe für die Erfassung der Arbeitszeiten über Arbeitstagebücher nur schwer motivieren lassen, ist die Bereitschaft zur Ermittlung des Arbeitszeitaufwands über Schätzung deutlich größer. Viele Landwirte tun sich jedoch bei der Abschätzung der Arbeitszeiten schwer.

Nach den derzeitigen Erfahrungen mit der Arbeitszeitermittlung über die einzelnen Methoden wird das fertige Schätztool höchstwahrscheinlich auf zwei Schätzmethoden basieren und eine (oder zwei) zusätzliche Methoden zur Unterstützung (Hilfsmethoden) integriert haben. Als Erstes wird der Arbeitszeitaufwand für den Gesamtbetrieb sowie einzelne landwirtschaftliche Bereiche über die Schätzung der jährlichen Arbeitsstunden je Arbeitsperson (Jahreswerte) ermittelt. Das erzielte Ergebnis wird unter Berücksichtigung zusätzlicher Abfragen auf den Arbeitszeitaufwand je Arbeitsperson und Tag umgerechnet (Bild 3). Im nächsten Schritt können die Daten überprüft und korrigiert werden.



**Bild 3:** Schematische Darstellung der Datenermittlung über Schätztool

Folgend wird die Ermittlung des Arbeitszeitaufwands für einzelne Arbeitsvorgänge pro Tag durchgeführt. Dies kann direkt über Schätzung der Arbeitszeit pro Tag in Summe aller Arbeitskräfte (Tageswerte-Arbeitsvorgang) bzw. über Hilfsmethoden (Arbeitsvorgang/-teilvergänge-Werte; Bild 1B) durchgeführt werden. Der damit

ermittelte Arbeitszeitaufwand für die Innenwirtschaft insgesamt wird mit der vorherigen Schätzung verglichen und auf mögliche Abweichungen hingewiesen. Bei größeren Abweichungen zur vorherigen Schätzung wird erwartet, dass die Daten überprüft und, wenn notwendig, korrigiert werden. Ansonsten werden diese Daten als endgültige Daten für die Arbeitszeitanalyse der Innenwirtschaft des kalkulierten Betriebs angenommen.

#### *Erfassung der Arbeitszeiten über Arbeitstagebücher*

Für wissenschaftliche Zwecke sind jedoch Daten mit einer höheren Genauigkeit nötig als mit Hilfe der Schätzung erzielt werden kann. Neben den Arbeitszeitmessungen, die jedoch sehr arbeitsintensiv sind, ist die Arbeitszeiterfassung über Arbeitstagebücher eine Alternative, belastbare Daten zu erhalten. Dabei wird eine höhere Genauigkeit der ermittelten Daten als bei der Schätzung erwartet [6].

Bei den früheren Untersuchungen [1,4,7] hat sich jedoch gezeigt, dass nicht selten Nachfragen bei den Arbeitspersonen notwendig sind, um die Arbeitszeiten für bestimmte Tätigkeiten überhaupt erfassen bzw. bei unregelmäßigen Arbeiten Häufigkeiten erfassen zu können. Dies ist jetzt mit dem Arbeitstagebüchertool direkt möglich. Bei unserer Untersuchung konnten die Studierenden ihre Arbeitstagebücher in Papierform abgeben bzw. selbst die Daten in das Programm übertragen. Dabei haben Einzelne bereits aus eigener Initiative den neu eingebauten Erfassungsbogen für die Ermittlung der Arbeitszeiten unregelmäßiger Arbeiten verwendet.

#### *Erfassung der Rahmenbedingungen*

Es zeigt sich immer wieder, dass die genauere Erfassung der Rahmenbedingungen in den Betrieben ein sehr wichtiger Punkt bei der Arbeitszeitermittlung ist. Auf der einen Seite dienen die Informationen zur Erklärung der ermittelten Arbeitszeiten, auf der anderen sind sie auch bei der Plausibilitätsprüfung der ermittelten Arbeitszeiten notwendig. Im Großen und Ganzen kommen die Landwirte mit dem Erfassungsbogen gut klar und nur einzelne Abfragen sollten noch verbessert werden.

#### *Überprüfung des Schätztools durch die Studierenden*

Die Überprüfung des Schätztools mit Hilfe der Studierenden hat sich als nicht einfach herausgestellt. Die Motivation der Studierenden, die Schätzungen durchzuführen, hielt

sich bis jetzt sehr in Grenzen. Dies spiegelte sich teilweise auch in der Qualität der ermittelten Daten wieder. Hauptsächlich haben sie die Ermittlung der Arbeitszeiten über die Schätzung der Arbeitsvorgang/-teilvergänge-Werte in einzelnen Fällen nicht mit Sorgfalt durchgeführt. Ferner fehlt uns auch das Feedback, wie weit die Studierenden wirklich bei der Schätzung auch andere Arbeitskräfte am Betrieb einbezogen haben. Die Ermittlung des Arbeitszeitaufwands über das Arbeitstagebüchertool zeigte, dass im Durchschnitt 27 % (zwischen 17 bis 42 %) der Arbeiten im Bereich der Innenwirtschaft (ohne Wirtschaftsdüngerausbringung) durch die Studierenden selbst erledigt wurden.

Der über die Schätzmethoden und die Arbeitstagebücher ermittelte Arbeitszeitaufwand ist in Tabelle 3 und 4 zusammengestellt. Leider lagen in der Zeit der Erstellung dieses Beitrags noch nicht von allen Studierenden die überarbeiteten Arbeitstagebücherdaten vor. Wie bereits erwähnt, haben hauptsächlich bei zwei Arbeitsvorgängen nicht alle Betriebe eine Eingabe durchgeführt (ein Betrieb bei Büro, Organisation und Management; drei Betriebe bei Wartung und Reparaturen). Deshalb kann angenommen werden, dass die Arbeitstagebücherwerte geringfügig höher liegen werden (wenn für die fehlenden Arbeitstagebücherdaten Schätzwerte übernommen werden, liegt der Durchschnittswert bei 67,5 anstatt 65,2 APh je Kuh und Jahr).

**Tabelle 3:** Gesamtarbeitszeitaufwand<sup>1</sup> pro Kuh und Jahr (APh) für die Innenwirtschaft (Mittelwert±SD) ermittelt über Arbeitstagebücher und ausgewählte Schätzmethoden

	Methode					
	Arbeits- tage- bücher	Jahres- werte	Tages- werte	Tages- werte- Urlaub	Tageswerte- Arbeitsvorgang je AK	Arbeitsvorgang/ -teilvergänge- Werte
Arbeitszeitaufwand pro Kuh und Jahr (APh) <sup>2</sup>	67,2±30,9	74,1±41,8	81,7±41,5	72,8±43,3	68,5±34,7	73,1±32,2
Korrelation zu Arbeits- tagebücherdaten (r) <sup>3</sup>	-	0,637*	0,640*	0,737**	0,915***	0,872***
Anzahl Betriebe	12	12	12	11	12	12

<sup>1</sup> ohne Wirtschaftsdüngerausbringung

<sup>2</sup> Kein signifikanter Unterschied zwischen Methoden (P > 0,05)

<sup>3</sup> Korrelationen signifikant bei \* P<0,05, \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001

Es wurde kein signifikanter Unterschied im Arbeitszeitaufwand insgesamt ermittelt über einzelne Methoden beobachtet (Tabelle 3). Dabei konnten sich jedoch manche Betriebe besser über Jahreswerte und andere über Tageswerte einschätzen. Dies

wurde bereits in der vorherigen Untersuchung [4] beobachtet. Im Unterschied hierzu [4] konnten jedoch jetzt auch zwischen dem über Arbeitstagebücherwerte ermittelten Gesamtarbeitszeitaufwand und den für einzelne Arbeitsvorgänge (ob Tageswerte-Arbeitsvorgang je AK oder Arbeitsvorgang/-teilvergänge-Werte) ermittelten Werten eine gute Übereinstimmung erzielt werden. Dies war auch bei einzelnen Arbeitszeitvorgängen (bei beiden bzw. mindestens bei einer Methode) zu beobachten (Tabelle 6).

Diese Ergebnisse bestätigen unsere früheren Erfahrungen, dass mehrere Schätzmethode in das Schätztool eingebaut werden und die Landwirte je nach Bedarf unterstützen sollten.

**Tabelle 4:** Arbeitszeitaufwand pro Kuh und Jahr (APh) für einzelne Arbeitsvorgänge der Innenwirtschaft (Mittelwert $\pm$ SD) ermittelt über Arbeitstagebücher und zwei der getesteten Schätzmethode

Arbeitsvorgang	n	Methode			P-Wert <sup>1</sup>
		Arbeits-tagebücher	Tageswerte-Arbeitsvorgang je AK	Arbeitsvorgang/-teilvergänge-Werte	
Organisation, Büro und Management	10	2,0 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 2,0 <sup>ab</sup>	6,7 $\pm$ 4,1 <sup>b</sup>	<0,05*
Kühe: Stallmanagement	12	6,3 $\pm$ 5,0	4,8 $\pm$ 2,8	4,2 $\pm$ 2,4	n.s.
Füttern	12	15,8 $\pm$ 16,6	17,4 $\pm$ 15,5	15,0 $\pm$ 13,5	n.s.
Einstreuen und Entmisten	12	4,7 $\pm$ 4,5	3,6 $\pm$ 2,5	3,8 $\pm$ 3,8	n.s.
Melken	12	26,6 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	22,9 $\pm$ 14,3 <sup>ab</sup>	35,8 $\pm$ 19,1 <sup>b</sup>	<0,05
Kälber und Jungvieh	11	10,5 $\pm$ 6,0	11,7 $\pm$ 6,7	11,9 $\pm$ 5,7	n.s.
Wartung und Reparaturen	5	0,9 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	4,5 $\pm$ 2,1 <sup>ab</sup>	<0,05

<sup>1</sup> ohne Kennzeichnung - parametrischer Test; \* - nicht parametrischer Test; n.s. = nicht signifikant (P > 0,05)

<sup>a,b</sup> Mittelwerte innerhalb der gleichen Zeilen ohne gleiche Buchstaben unterscheiden sich signifikant (P<0,05)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erstellten Tools die Qualität der ermittelten Arbeitszeitdaten verbessern und die Landwirte bei arbeitswirtschaftlichen Analysen und Suchen nach der Arbeitsfalle unterstützen können. Dies ist nicht nur wichtig für die Betriebe selbst, sondern auch für andere Betriebe, da nicht selten (wie auch bei unseren Untersuchungen) die hiermit ermittelten Daten auch für die Bewertung der Verfahren benutzt werden.

**Tabelle 5:** Korrelation<sup>1</sup> zwischen den über Arbeitstagebücher und den über zwei der getesteten Schätzmethode ermittelten Daten bei einzelnen Arbeitsvorgängen

Arbeitsvorgang	Methode		Anzahl Betriebe
	Tageswerte- Arbeitsvorgang je AK	Arbeitsvorgang/ -teilvergänge-Werte	
Organisation, Büro und Management	0,748*	0,527	10
Kühe: Stallmanagement	0,741**	0,325	12
Füttern	0,978*	0,900***	12
Einstreuen und Entmisten	0,793**	0,790**	12
Melken	0,742**	0,715**	12
Kälber und Jungvieh	0,754**	0,403	11
Wartung und Reparaturen	-0,023	0,678	5

<sup>1</sup> ohne Kennzeichnung - Korrelationen nicht signifikant ( $P > 0,05$ ); mit Kennzeichnung - Korrelationen signifikant bei \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

In weiterführenden Arbeiten wird zunächst an der Entwicklung und dem Aufbau einer browsergestützten Anwendung des Schätztools mit Datenablage in einer Datenbank gearbeitet. Diese soll nicht nur die Datenauswertung für den Landwirt, sondern auch einen Vergleich mit anderen Betrieben bzw. mit Erfahrungswerten ermöglichen.

#### Danksagung

Die Studie wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unterstützt. Unser Dank geht auch an die an der Studie teilnehmenden Landwirte, Landwirtschaftsschulen und die Studierenden.

## 6 Literaturangaben

- [1] Haidn, B. und J. Mačuhová: Arbeitsorganisation in bayerischen Milchviehbetrieben – Analyse und Entwicklung. Landtechnisch-bauliche Jahrestagung, 25.11.2009 Triesdorf. In: Wendl, G. (Hrsg.) 2009, Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, Schriftreihe 14, S. 40-53.
- [2] Næss, G. und K. E. Bøe: Labour input in small cubicle dairy barns with different layouts and mechanisation levels. Biosystems Engineering 110 (2011) No. 2, pp. 83–89.
- [3] O'Brien, B., K. O'Donovan, D. Gleeson, D. J. Ruane, and J. Kinsella: Improving labour productivity to facilitate viability on smaller Irish Dairy Farms. Journal of International Farm Management 3 (2006), No.4, pp. 19-37.
- [4] Mačuhová, J. und B. Haidn: Entwicklung eines Tools zur Durchführung einer arbeitswirtschaftlichen Analyse in Milchviehbetrieben. 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 11./12.03.2014 Leipzig. In: Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 83, ATP (Hrsg.) 2014, S. 92-103.

- [5] SigmaPlot (2008). SigmaPlot ® 11.0, Systat Software Inc.
- [6] Auernhammer, H.: Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptdruck der Vorlesung, Weihenstephan, 1986, 266 S.
- [7] Mačuhová, J., T. Schleicher and B. Haidn: Working time requirement in Bavarian family livestock husbandries. XXXII CIOSTA-CIGR Section V Conference Proceedings, Nitra, Slovakia, 17-19 September 2007. In: Nozdrovický, L. (Eds.) 2007, Advances in labour and machinery management for a profitable agriculture and forestry, Part II, pp. 457-465.

# **Schwachstellenanalysen als Grundlage für zukunftsgerichtete landwirtschaftliche Systeme**

Prof. Dr. habil. sc. agr. M. Schick  
Agroscope INH, CH-8356 Ettenhausen, Schweiz

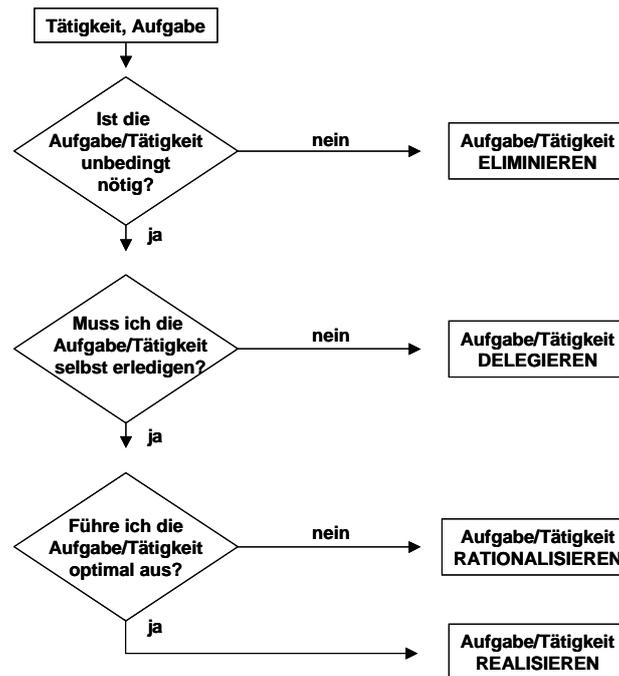
## **1 Einleitung**

Im Rahmen eines wirtschaftlich schwieriger werdenden nationalen und internationalen Umfeldes mit stagnierenden Preisen und steigenden Kosten ist die Verbesserung der Effizienz des eingesetzten Produktionsfaktors Arbeit eine Möglichkeit zur Einkommenssicherung. Hierzu bieten sich verfahrenstechnische und arbeitsorganisatorische Optimierungsmaßnahmen an. Mit den Methoden der Ist- und Schwachstellenanalyse sowie der einzel- und überbetrieblichen Zeit- und Arbeitsplanung kann Rationalisierungspotenzial aufgedeckt werden.

## **2 Schwachstellenanalyse und Optimierungsansätze**

Die wesentliche Grundlage jeder Schwachstellenanalyse ist die Erfassung des IST-Zustandes. Dies geschieht über Checklisten für jedes Produktionsverfahren. Es kann aber auch mit Hilfe von Modellkalkulationssystemen (PROOF, Arbeitsvoranschlag) erfolgen. Mit beiden Systemen kann sowohl die IST-Situation als auch eine gewünschte SOLL-Situation simuliert werden [1].

Der Vergleich von IST- und SOLL-Situationen deckt für jedes Produktionsverfahren sowohl die Schwachstellen als auch die Tätigkeiten mit der größten Zeitbindung auf. Als nächster Schritt der Schwachstellenanalyse sind genau diese Tätigkeiten in Bezug auf ihr mögliches Rationalisierungspotenzial zu analysieren (siehe Abb. 1). Durch diese Art der Analyse lässt sich immer auch der Optimierungscharakter direkt ableiten. Im Anschluss daran werden die entsprechenden Tätigkeiten entweder anders ausgeführt, delegiert oder auch eliminiert. Hierbei sind die drei Fragestellungen der Notwendigkeit, der Selbsterledigung und der optimalen Ausführung jedes Mal nacheinander abzuarbeiten, um das gewünschte Rationalisierungspotenzial offen zu legen.



**Bild 1:** Tätigkeits- und Schwachstellenanalyse [2]

Der wesentliche Vorteil der Schwachstellenanalyse besteht im ständigen Hinterfragen von Arbeitsprozessen und dem Vergleich von bestehenden IST- mit gewünschten SOLL-Zuständen. Nach der Analyse wird idealerweise der SOLL- zum neuen IST-Zustand und die Analyse kann erneut erfolgen. Hierzu kann die modellorientierte Gliederung der Arbeit und das daraus erarbeitete Modellkalkulationssystem herangezogen werden. Durch eine einfache Erweiterung können IST- und SOLL-Zustand nebeneinander dargestellt und der Nutzeffekt daraus abgelesen werden. Dies kann sowohl auf der Stufe von Arbeitsverfahren (z.B. Melken, Füttern, Pflügen, ...), aber auch auf den Ebenen von Produktionsverfahren (Futterbau, Milchviehhaltung) erfolgen.

Es wird dabei deutlich, dass der größte Einspareffekt durch das Weglassen, das Auslagern oder durch die Automatisierung einer Tätigkeit auftreten kann. Am Beispiel in Abbildung 2 wird dies durch den Einsatz von Lohnunternehmer bzw. Maschinenring beim Mähen und beim Häckseln (Produktionsverfahren Futterbau) dargestellt. Bei der IST-Variante mäht der Landwirt seine Futterbauflächen noch selber und bringt - ebenfalls in Eigenregie - das Erntegut mit dem Ladewagen ins Flachsilo. Die SOLL-Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mäharbeiten vollständig vom Lohnunternehmer übernommen werden. Außerdem übernimmt dieser ebenfalls das Häckseln des Erntegutes.

Beim Mähen fallen bei der SOLL-Variante dadurch lediglich noch administrative Tätigkeiten an. Dies bedeutet, dass die Einsatzplanung des Lohnunternehmers, das Freilegen von Grenzsteinen und das Markieren von Hindernissen im Feld vorgenommen werden müssen. Durch Einsatz satellitengesteuerter Mähtechnik kann dieser Vorgang in einem nächsten Schritt der Schwachstellenanalyse eliminiert werden, da die jeweiligen Punkte auf einer virtuellen Karte markiert und an den Lohnunternehmer weitergegeben werden können [3].

Die Zeiteinsparung beträgt insgesamt mehr als 70 %. Beim Häckseln beträgt die Zeiteinsparung 1,9 AKh/ha gegenüber dem Verfahren mit Ladewagen. Dadurch wird der Arbeitszeitbedarf bei der Ernte und der Einfuhr um mehr als die Hälfte reduziert. Verfügbare Feldarbeitstage können somit besser genutzt werden. Hierdurch werden sowohl Leistungen gesteigert als auch die Qualität des Erntegutes gesichert.

Insgesamt fallen bei der Silageernte nunmehr 3,4 AKh/ha (dies entspricht ca. 20 %) gegenüber der IST-Variante weniger an (siehe Bild 2).

		Anzahl Durchgänge	Lohnunternehmer	IST		SOLL			
				Zeitbedarf		Zeitbedarf			
				AKh/ha	Mh/ha	AKh/ha	Mh/ha		
<b>AFNP01: Walzen</b>	Modul 1	1	<input type="checkbox"/>	0.7	0.4	0.7	0.4		
<b>AFNP02: Abschleppen mit Wiesenegge</b>	Modul 2	1	<input type="checkbox"/>	0.5	0.4	0.5	0.4		
<b>AFNP03: Düngung Mineralisch</b>	Modul 3	1	<input type="checkbox"/>	1.5	1.2	1.5	1.2		
<b>AFNP04: Düngung Organisch Mist</b>	Modul 4	1/4	<input type="checkbox"/>	0.6	0.6	0.6	0.6		
<b>AFNP05: Düngung Organisch Gülle</b>	Modul 5	2	<input type="checkbox"/>	2.6	2.5	2.6	2.5		
<b>AFNP06: Pflanzenschutz</b>	Modul 6	1/4	<input type="checkbox"/>	0.2	0.1	0.2	0.1		
<b>AFNE01: Mähen</b>	Modul 7	3	<input checked="" type="checkbox"/>	1.9	1.5	0.5	0.0		
<b>AFNE02: Bearbeiten</b>	Modul 8	6	<input type="checkbox"/>	2.5	1.9	2.5	1.9		
<b>AFNE03: Schwaden</b>	Modul 9	3	<input type="checkbox"/>	1.2	1.0	1.2	1.0		
<b>AFNE04: Ernten Ladewagen (Schnellentleerung)</b>	Modul 10	0	<input type="checkbox"/>	3.4	3.1	0.0	0.0		
<b>AFNE05: Einlagern Gebläse, Greifer</b>	Modul 11	0	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>AFNE06: Ernten Feldhäcksler (Schnellentleerung)</b>	Modul 12	3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	0.0	1.5	0.0		
<b>AFNE07: Einlagern Flachsilo</b>	Modul 13	3	<input type="checkbox"/>	1.5	1.2	1.5	1.2		
<b>AFNE11: Einlagern Silowurst</b>	Modul 14	0	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>AFNE08: Ernten Ballen RB, QB, HD (o. Transp)</b>	Modul 15	0	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>AFNE09: Ballen wickeln</b>	Modul 16	0	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	0.0	0.0		
<b>AFNE10: Einlagern Ballen</b>	Modul 17	0	<input type="checkbox"/>	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Modul 18		<input checked="" type="checkbox"/>						
<b>Gesamt:</b>						16.7	13.8	13.3	9.2
<b>Gesamt je Schnitt (o.M.)</b>						5.6	4.6	4.4	3.1

**Bild 2:** Tätigkeits- und Schwachstellenanalyse [4], [5]

### **3 Verfahrenstechnische und arbeitsorganisatorische Optimierung**

Ausgehend von der Arbeitsplanung erfolgt auf dem modernen Landwirtschaftsbetrieb ebenfalls eine detaillierte Zeitplanung. Dabei wird die verfügbare Arbeitszeit aller Mitarbeitenden systematisch den verschiedenen Aufgabenblöcken zugeteilt. Die drei wesentlichen Fragestellungen im Rahmen von Selbst- und/oder Fremdkontrollen lauten in diesem Zusammenhang:

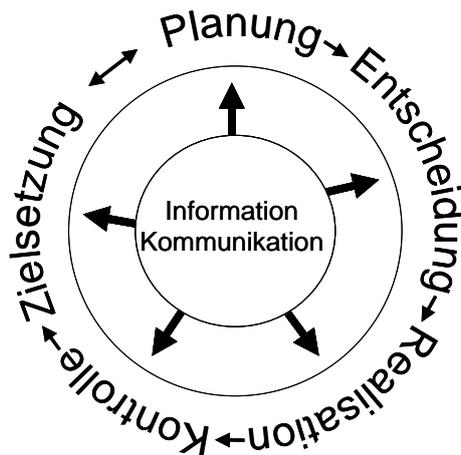
1. Wie viel Zeit wird für die einzelnen Tätigkeiten im Tagesverlauf benötigt?
2. Wie wird die verfügbare Zeit optimal eingesetzt?
3. Wie und wo kann Zeit ohne Qualitätsverlust eingespart werden?

Hieraus lassen sich zwei wesentliche Optimierungsmöglichkeiten ableiten. Die erste ist die verfahrenstechnische Optimierung. Sie bedeutet i.d.R. eine zusätzliche oder auch veränderte Mechanisierung von Verfahrensabläufen. Dies ist meist mit einer Kostenfolge verbunden und bedeutet häufig auch die Abgabe von Tätigkeiten an Dritte (z.B. Lohnunternehmer oder Maschinenring). Auch die verschiedenen Formen der Automatisierung (z.B. Automatisches Melken/Füttern/Misten) gehören hierzu. Die Zielvorgabe bei der verfahrenstechnischen Optimierung besteht darin, dass der professionelle Landwirt als Spezialist in seinem Gebiet auftritt. Der Vorteil dieser Optimierungsform liegt in der sehr schnellen Zielerreichung. Als Nachteil kann die oftmals hohe Kapitalbindung angesehen werden.

Die zweite Optimierungsmöglichkeit besteht aus einer organisatorischen Optimierung und ist selten mit Kostenfolgen verbunden. Bei dieser Optimierungsform wird jedes interessierende Arbeitsverfahren im IST-Zustand in Form einer Schwachstellenanalyse (siehe oben) hinterfragt und im ständigen Vergleich mit SOLL-Vorgaben verbessert. Grundvoraussetzung sind klare und messbare Zielsetzungen über Arbeitspläne und Checklisten. Das Optimierungspotenzial eines beliebigen Arbeitsverfahrens kann damit voll ausgeschöpft und die Arbeitszufriedenheit gesteigert werden. Grundvoraussetzung für die organisatorische Optimierung ist allerdings eine ständige und gezielte Weiterbildung im gewünschten Produktionsprozess [5].

Eine Hilfestellung bei der organisatorischen Optimierung kann über den sog. Managementregelkreis gegeben werden (siehe Bild 3). Dieser trägt – ausgehend von einer

Zielsetzung – sowohl bei der Arbeitsorganisation als auch bei der Zeitplanung dazu bei, Entscheidungen zu vereinfachen und transparenter zu gestalten. Außerdem hilft er als Kontrollinstrument bei der Realisation und der darauf aufbauenden Optimierung zukünftiger Arbeitsprozesse. Innerhalb des Managementregelkreises kommt den Bereichen „Information“ und „Kommunikation“ eine besondere Bedeutung zu. Über beide Bereiche können sowohl Planungs- als auch Entscheidungsprozesse wesentlich beeinflusst und nachvollziehbar gestaltet werden.



**Bild 3:** Der Managementregelkreis als Kontrollinstrument bei Optimierungsmaßnahmen [5]

#### 4 Einzelbetriebliche Arbeitsplanung

Der erste Schritt bei der einzelbetrieblichen Arbeitsplanung ist immer eine konkrete Zielsetzung. Diese kann auch schon als vorweg genommenes Erfolgserlebnis oder Vision interpretiert werden. Ist das Ziel gesetzt, muss über den Weg dorthin entschieden werden. Die Ziele sollten unbedingt schriftlich festgehalten werden. Planung kostet zwar Zeit und wird deshalb oft als Zeitvergeudung angesehen. Sie hilft aber, die Ziele zu erreichen, damit Zeit zu sparen und so schließlich die Arbeitszufriedenheit für alle Beteiligten zu steigern. Außerdem kann durch die schriftliche Planung der Kopf für wesentlichere Dinge (z.B. Unternehmensentscheidungen) freigehalten werden.

Mit Hilfe der verschiedenen Zielsetzungen kann die Arbeitsplanung auch über kurz-, mittel- und langfristige Ziele definiert werden.

Als kurzfristige Arbeitsplanung kann die Tages- oder Wochenplanung bezeichnet werden. Hierbei sind kurzfristige Ziele (= taktische Ziele) schriftlich zu dokumentieren und über einen – für alle gut einsehbaren – Arbeitsplan zur Verfügung zu stellen. Dies kann

über Listen im Gemeinschaftsraum oder auf einer elektronischen Agenda (z.B. gemeinsame Aufgabe in Outlook) erfolgen. Wichtig ist hierbei, dass alle Beteiligten zu jeder Zeit wissen, was, wo, von wem und wann zu erledigen ist [6].

Die mittelfristige Arbeitsplanung als Wochen- oder Monatsplanung setzt sich mit mittelfristigen Zielen (= taktische Ziele) auseinander. Auch diese sind schriftlich zu dokumentieren. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass bei dieser Planung Freiräume einzuplanen sind, um auch Außergewöhnliches einbeziehen zu können. Da in der Innenwirtschaft mit Tieren gearbeitet wird und in der Außenwirtschaft eine starke Witterungsabhängigkeit bei der Arbeitserledigung vorherrscht, ist dieser Freiraum unumgänglich. Im Rahmen der langfristigen Arbeitsplanung bzw. bei langfristigen Zielen werden die strategischen Ziele des Landwirtschaftsbetriebes berücksichtigt. Dies erfolgt entweder in Form von Jahreszielen oder aber auch als sog. Lebensplanung. Diese Form der Arbeitsplanung ist für die langfristige Betriebsentwicklung von Bedeutung und bildet eine wesentliche Grundlage für den Betriebserfolg.

## **5 Überbetriebliche Arbeitsplanung**

Die überbetriebliche Arbeitsplanung berücksichtigt neben dem Einzelbetrieb und seiner Planung den optimierten Einsatz von Maschinen und Arbeitskräften zur Verbesserung der Auslastung und zur Effizienzsteigerung.

Auf den meisten Landwirtschaftsbetrieben sind weder Maschinen noch Arbeitskräfte optimal ausgelastet. Dies hat im Bereich der Maschinen erhöhte Maschinenkosten je Einheit zur Folge. Im Bereich der Arbeitskräfte führt dies teilweise zu sehr hohen Auslastungen je Arbeitskraft mit teilweise mehr als 3200 AKh je Arbeitskraft und Jahr. Dadurch resultiert eine dauerhafte Arbeitsüberlastung mit langfristig unbefriedigenden Zuständen, vor allem auf kleineren Familienbetrieben.

Über den Einsatz von Maschinengemeinschaften, Maschinenringen und Lohnunternehmen kann die Auslastung der Maschinen in der Außenwirtschaft sehr stark erhöht und damit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Um Konfliktpotenzial auszuschließen, sind hierbei allerdings sehr genaue Absprachen notwendig. Dies trifft insbesondere für Regionen mit wenigen zur Verfügung stehenden Feldarbeitstagen für die Arbeitserledigung (z.B. niederschlagsreiche Regionen) zu. In solchen Regionen bietet sich die Maschinengemeinschaft an, um eine optimierte Arbeitsplanung zu gewährleisten. Dies kann zum Beispiel über den überbetrieblichen Einsatz von Mähwerk,

Kreiselheuer, Kreiselschwader und Ladewagen erfolgen. Anstelle der einfachen und dennoch teuren einzelbetrieblichen Mechanisierung können hier über die überbetriebliche Mechanisierung Arbeitszeit eingespart und über die verbesserte Auslastung auch noch Kosten reduziert werden. Aufgrund der verbesserten Auslastung kann auch noch – im Zusammenhang mit einer verkürzten Abschreibungsdauer – der technische Fortschritt bei den Maschinen besser genutzt und damit die Qualität bei der Arbeitserledigung insgesamt verbessert werden.

Die Optimierung der Auslastung landwirtschaftlicher Arbeitskräfte kann ebenfalls über verschiedene Formen der überbetrieblichen Zusammenarbeit erfolgen. Dies sind zum einen einfache Formen der gegenseitigen nachbarschaftlichen Aushilfe (z.B. Ablösung am Wochenende) und zum anderen Stall- oder ganze Betriebsgemeinschaften. Über sämtliche dieser Formen wird das Arbeitsangebot gebündelt und ist somit besser planbar. Der Vorteil liegt darin, dass die beteiligten Landwirte vermehrt ihren Neigungen bei der Arbeitserledigung nachgehen können (z.B. Jungviehaufzucht, Melken, Außenwirtschaft, Büroorganisation), und dass somit ein zusätzlicher Nutzen generiert werden kann. Außerdem sind Wochenendablösungen und Ferienvertretungen über alle Formen der überbetrieblichen Zusammenarbeit einfach möglich. Die Beteiligten kennen die Betriebe gegenseitig und können ohne großen Einarbeitungsaufwand die notwendigen Tätigkeiten erledigen.

Checklisten in Form von exakten Arbeitsplänen kommt bei allen Zusammenarbeitsformen eine besondere Bedeutung zu. Bei langfristigem Einsatz solcher Checklisten für alle relevanten Bereiche können diese neben der Schwachstellenanalyse auch als Handbuch zur Arbeitserledigung bzw. zur Qualitätssicherung herangezogen werden. So kann zum Beispiel über eine einfache Checkliste im Melkstand die Melkarbeit genau beschrieben und von einem Aushilfsmelker als Bedienungsanleitung oder Notfallhandbuch herangezogen werden.

Zur Absicherung des Betriebsleiters bei der Erzeugung des Lebensmittels Milch kann diese Checkliste gleichzeitig auch noch zur Qualitätssicherung herangezogen werden, indem z.B. bestimmte Tätigkeiten genau terminiert und dokumentiert werden.

Weiterhin kann über solche Checklisten im Rahmen der Schwachstellenanalyse die Arbeitsorganisation ständig verbessert werden.

**Tabelle 1:** Checkliste (= Notfallhandbuch) zur Melkreihenfolge, zur Arbeitserledigung und zur Qualitätssicherung [6].

Faktoren	Soll-Betrieb	Ist-Betrieb	Bemerkungen
Melkreihenfolge	1. Hände waschen		
	2. Vormelken in Vormelkbecher		
	3. Zitzen (und Euter) reinigen		
	4. 60 Sekunden anrüsten		
	5. Melkvorgang kontrollieren		
	6. Ausmelkgrad kontrollieren		
	7. Melkvakuum abstellen		
	8. Melkzeug abnehmen		
	9. Zitzen dippen		
	10. ev. Euter pflegen		
	11. regelmäßig Eutergesundheit kontrollieren		

## 6 Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Methoden zur Arbeits- und Zeitplanung auf dem Landwirtschaftsbetrieb erscheint im Rahmen einer sich verändernden Landwirtschaft mit immer weniger verfügbaren Arbeitskräften auf Familienbetrieben zunehmend als notwendig. Ein positiver Nutzen aller eingesetzten Methoden ist aus der arbeitswirtschaftlichen Sichtweise schnell erkennbar. Die moderne Schwachstellenanalyse als Kombination von Zielsetzung, Tätigkeitsanalyse, ständigem Hinterfragen und IST-SOLL-Vergleichen stellt sich als vorteilhafte, praxisnahe und kostenneutrale Lösung zur Effizienzsteigerung heraus. Dementsprechend ist der organisatorische Optimierungsansatz dem verfahrenstechnischen vorzuziehen. Bei der verfahrenstechnischen Optimierung ist vorher die Auslastung der zu beschaffenden neuen Techniken zu überprüfen. Daher bietet sich dieser Ansatz vorzugsweise bei der überbetrieblichen Arbeitsplanung an.

Der Einsatz von Checklisten zur einzel- und überbetrieblichen Arbeitsplanung, zur Optimierung und zur Qualitätssicherung erhält zukünftig eine höhere Bedeutung. Da langfristig aus politischer Sichtweise ein immer größer werdendes Bedürfnis nach der Rückverfolgbarkeit von Produkten entsteht, kann über den gezielten Einsatz von Checklisten - in Kombination mit elektronischen Hilfsmitteln (z.B. GPS, Radarsensoren und RFID) – die Rückverfolgbarkeit und somit auch die Qualitätssicherung betrieblicher Produktionsketten vom Feld über den Stall zum Verarbeiter und bis hin zum Vermarkter bzw. Verbraucher gewährleistet werden.

## 7 Literaturangaben

- [1] SCHICK, M. (2005): Arbeitszeit und Management auf dem Landwirtschaftsbetrieb. 51. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GFA, Personalmanagement und Gestaltung, Heidelberg, S. 341 – 344
- [2] SCHICK, M. (2007): Work science in agriculture and forestry: from work procedure-based to system approach. XXXII CIOSTA-CIGR Section V Conference “Advances in labour and machinery management for a profitable agriculture and forestry”. Nitra, 17.-19.09.2007, Tagungsband S. 26 - 33
- [3] SCHICK, M. (2007): Arbeitswissenschaft. Jahrbuch der Agrartechnik, Kap. 2.4 S. 43 – 48
- [4] SCHICK, M. (2008): Systemorientierter Ansatz für Bauen, Tierhaltung und Arbeitswirtschaft. Editorial. Agrarforschung, 15(3), S. 131.
- [5] SCHICK, M. (2008): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Ergonomia Verlag, Stuttgart, 144 Seiten
- [6] SCHICK, M. u. SAVARY, P. (2009): 2. Täglicher Melktechniktagung. Tiergerechtes Melken - Menschengerechte Arbeit - Wirtschaftliche Milchproduktion. ART-Schriftenreihe, 9, IV, 113 Seiten



## **Gastbeiträge**



## Method of determination of average labor energy intensity depending on physical activity

Kasumov N.E.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Russian State Agrarian Correspondence University», Fuchik street, Balashiha, 143900, nekasumov@yandex.ru

e-mail of corresponding author: nekasumov@yandex.ru

### Summary

The results of labor intensity calculations for a specific employee with the use of normative documents are presented. The indicators of average energy intensity of labor calculated for all categories of workers, depending on sex, age, body weight and physical activity ratio are presented.

**Key words:** labor intensity, physiological energy norms, physical activity ratio, average energy intensity of labor, cost, price.

### Introduction

According to the Universal Declaration of Human Rights (1948) [6] and the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights (1966) [4], "the ideal of free human beings enjoying freedom from fear and want can only be implemented if there is a conditions whereby everyone may enjoy his economic, social and cultural rights, as well as their civil and political rights". Their effective implementation is necessary to observe the principle of equal pay for equal labor. However, the average wage level in rural areas is much lower than in other sectors of the economy, although the quantity and quality of labor is the same. This negative fact results in discrimination on a sectoral basis. For her (discrimination) eliminating us a method of energy analysis. Partially these issues were addressed by us in [2] and [3]. In our opinion, the labor is a conscious energy to create goods and is the basis of value and pricing. On the basis of equality of people, the socially necessary equal work should be paid equally regardless of industry sector worker. Therefore, the development of standards for the energy equivalent of 1 man-hour is an urgent task.

### Material and methods

To determine the energy intensity (energy equivalent) of labour of various categories of workers we used the "Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of population of the Russian Federation. Guidelines" [5] and the obtained data are compared with materials GOST R 51750-2001. Method of determining energy consumption during the production of goods and rendering of services in technological energy systems [1]. Total energy expenditure ( $\Sigma E_H$ ) per day according to intensity can be divided into three parts: during sleep ( $E_S$ ) (cost of energy at this time is equal to the value of basal metabolism ( $E_{VBM}$ ) [5]), during personal time ( $E_{PT}$ ) (very low physical activity, I group physical activity [6]) and to labor ( $E_L$ ):

$$\Sigma E_H = E_S + E_{PT} + E_L \quad (1)$$

$$E_S = E_{VBM} : 3 \quad (2)$$

$$E_{PT} = [(E_{VBM} \times 1.4) - E_S] : 2 \quad (3)$$

$$E_L = (E_{VBM} \times C_{PhA}) - E_S - E_{PT} \quad (4)$$

where,  $C_{PhA}$  - the coefficient of physical activity, [5].

Using these formulas, we calculate the average values of the energy intensity of labor in all categories of workers, depending on physical activity, body mass, gender and age. Note that the entire adult population, depending on the magnitude of energy expenditure is divided into 5 groups for men and 4 groups for women, taking into account the production of physical activity and other expenditure [5].

## Results and discussion

As a result of the calculation according to the above procedure, we obtained the following values of energy intensity or the energy equivalent of labor between different types of workers depending on the ratio of physical activity. The unit is MJ/hour.

**Group I (very low physical activity; men and women)** workers mainly mental work, physical activity coefficient of **1.4** (civil servants of administrative organs and institutions, researchers, teachers of universities, colleges, secondary school teachers, students, medical professionals, psychologists, managers, operators including equipment maintenance of computers and computer software, programmers, employees of financial-economic, legal and administrative services, employees of design bureaus and divisions, advertising and information services, architects and engineers in industrial and civil construction, tax officers, employees of museums, archives, librarians, specialists, service, insurance, dealers, brokers, sales agents and procurement officials on social and pension funding, patent attorneys, graphic designers, travel Desk, reference services and other related activities).

*Table 1. The average values of energy intensity of labor adult population of Russia for the I group physical activity (MJ / h).*

Men					Women				
Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years	Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years
50	0,405	0,382	0,357	0,329	40	0,302	0,293	0,285	0,268
55	0,424	0,399	0,377	0,346	45	0,321	0,313	0,301	0,287
60	0,444	0,419	0,394	0,363	50	0,343	0,332	0,324	0,307
65	0,466	0,438	0,413	0,380	55	0,363	0,352	0,341	0,324
70	0,488	0,461	0,432	0,399	60	0,385	0,374	0,363	0,343
75	0,511	0,480	0,452	0,419	65	0,405	0,394	0,382	0,360
80	0,536	0,505	0,475	0,438	70	0,427	0,416	0,402	0,380
85	0,561	0,530	0,497	0,458	75	0,447	0,433	0,422	0,399
90	0,589	0,555	0,522	0,480	80	0,469	0,455	0,441	0,419

**Group II (low physical activity; men and women)** - workers engaged in light labor, the physical activity coefficient is **1.6** (drivers of urban transport, workers food processing, textile, garment, electronic industry, operators of pipelines, packers, drivers of railway transport, local doctors, surgeons, nurses, salespeople, employees of enterprises of public catering, hairdressers, workers housing and maintenance services, restorers of art products, guides, photographers, technicians and operators of radio and television broadcasting, customs inspector, workers police and highway patrol officers and other related activities).

*Table 2. The average values of energy intensity of labor adult population of Russia for the II group physical activity (MJ / h).*

Men					Women				
Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years	Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years
50	0,556	0,526	0,491	0,453	40	0,414	0,403	0,391	0,368

55	0,583	0,549	0,518	0,476	45	0,441	0,430	0,414	0,395
60	0,610	0,576	0,541	0,499	50	0,472	0,457	0,445	0,422
65	0,641	0,602	0,568	0,522	55	0,499	0,484	0,468	0,445
70	0,672	0,633	0,595	0,549	60	0,530	0,514	0,499	0,472
75	0,702	0,660	0,622	0,576	65	0,556	0,541	0,526	0,495
80	0,737	0,695	0,652	0,603	70	0,587	0,572	0,553	0,522
85	0,771	0,729	0,683	0,629	75	0,614	0,595	0,580	0,549
90	0,810	0,764	0,718	0,660	80	0,645	0,626	0,606	0,576

**Group III (medium physical activity; men and women)** - workers average weight of labor, the physical activity coefficient is **1.9** (machinists, operators, machine operators, drillers, drivers of electric vehicles, excavators, bulldozers and other heavy equipment, workers greenhouses, growers, gardeners, fisheries and other related activities).

*Table 3. The average values of energy intensity of labor adult population of Russia for the III group physical activity (MJ / h).*

Men					Women				
Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years	Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years
50	0,784	0,741	0,692	0,638	40	0,584	0,568	0,552	0,519
55	0,822	0,773	0,730	0,671	45	0,622	0,606	0,584	0,557
60	0,860	0,811	0,763	0,703	50	0,665	0,644	0,627	0,595
65	0,903	0,849	0,800	0,735	55	0,703	0,681	0,660	0,627
70	0,946	0,892	0,838	0,773	60	0,746	0,725	0,703	0,665
75	0,990	0,930	0,876	0,811	65	0,784	0,763	0,741	0,698
80	1,038	0,979	0,919	0,849	70	0,827	0,806	0,779	0,735
85	1,087	1,028	0,963	0,887	75	0,865	0,838	0,817	0,773
90	1,141	1,076	1,011	0,930	80	0,909	0,881	0,854	0,811

**Group IV (high physical activity; men and women)** workers in heavy physical labor, the physical activity coefficient is **2.2** (construction workers, porters, working on maintenance of railway tracks and repair of roads, forestry, hunting and agriculture, woodworkers, athletes, blast furnace steelmakers-casters and other related activities);

*Table 4. The average values of energy intensity of labor adult population of Russia for the IV group physical activity (MJ / h).*

Men					Women				
Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years	Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years
50	1,012	0,956	0,893	0,823	40	0,754	0,733	0,712	0,670
55	1,061	0,998	0,942	0,865	45	0,802	0,782	0,754	0,719
60	1,110	1,047	0,984	0,907	50	0,858	0,830	0,809	0,768
65	1,165	1,096	1,033	0,949	55	0,907	0,879	0,851	0,809
70	1,221	1,151	1,082	0,998	60	0,963	0,935	0,907	0,858
75	1,277	1,200	1,130	1,047	65	1,012	0,984	0,956	0,900
80	1,340	1,263	1,186	1,096	70	1,068	1,040	1,005	0,949
85	1,403	1,326	1,242	1,144	75	1,116	1,082	1,054	0,998
90	1,472	1,389	1,305	1,200	80	1,172	1,137	1,103	1,047

**Group V (very high physical activity; men)** workers particularly hard physical labor, the coefficient of physical activity - **2,5** (sportsmen of high qualification in the training period,

machine operators and agricultural workers in the sowing and the harvest period, the miners and tunnellers, fellers, concrete workers, bricklayers, porters non-mechanized labor, herders and other related activities).

*Table 5. The average values of energy intensity of labor adult population (men) of Russia for the V group physical activity (MJ / h).*

Body weight, kg	18-29 years	30-39 years	40-59 years	Over 60 years
50	1,239	1,171	1,094	1,009
55	1,299	1,222	1,154	1,060
60	1,359	1,282	1,205	1,111
65	1,428	1,342	1,265	1,163
70	1,496	1,410	1,325	1,222
75	1,564	1,470	1,385	1,282
80	1,641	1,547	1,453	1,342
85	1,718	1,624	1,522	1,402
90	1,804	1,701	1,598	1,470

The indicators were calculated on the basis of the state of [2] and can be used in the development of federal and municipal rules and regulations, as well as in the economic activity of enterprises, organizations and institutions of all forms of ownership.

The use of the average values of energy intensity of workers in economic practice, in our opinion, reduce social tension in labor relations, lead wages in line with the level of labor costs by sectors of the economy and individual industries, optimizing the structure of the economy and the proportional, the dynamic development of the real sector Russia's economy.

### References

1. GOST R 51750-2001. The method of determining energy intensity in the production of products and provision of services in technological energy systems [Electronic resource]. URL: <http://standard.gost.ru> (reference date: 25.05.2010).
2. Kasumov N. E. The determination of the average values of energy intensity labor of different categories of workers depending on the physical activity / Machinery and equipment for the village. 2014. No. 5. P. 27-29.
3. Kasumov N. E. To the question of the definition of energy intensity of living labor of the employee / Machinery and equipment for the village. 2014. No. 3. P. 33-34.
4. The international Covenant on economic, social and cultural rights [Electronic resource]. URL: <http://www.un.org/ru/documents/decl> (date accessed: 09.12.2014).
5. The norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of population of the Russian Federation. Guidelines [Electronic resource]. URL: <http://base.consultant.ru> (reference date: 09.07.2013).
6. The Universal Declaration of Human Rights [Electronic resource]. URL: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/declhr](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declhr) (date accessed: 12.12.2014).

# Current status and prospective aspects of labor safety in agriculture

E. Ovchinnikova, R. Shkrabak, V. Shkrabak  
Saint-Petersburg State Agrarian University, St. - Petersburg Sh. 2. Pushkin,  
St. Petersburg, Russia, 196601. E-mail: [elenov55@gmail.com](mailto:elenov55@gmail.com)

## 1 Introduction

In the agricultural products manufacturing all around the world according to the data of International Labor Organization (ILO) about 1.3 billion workers are employed [1]. This is almost half the world's workforce. Worldwide, the proportion of the agricultural labor force in the total economically active population is decreasing due to technological development. As a result, about 60% of it comes from developing countries and 9-10% from industrially developed countries. The overwhelming majority of agricultural workers are concentrated in Asia (inclusively more than 20% in India and more than 40% in China).

According to the Russian Academy of Agricultural Sciences, the average number of people employed in agriculture and hunting in Russia is about 6 million people. The number of employees in agriculture in the EU-15 from 1995 to 2005 decreased from 22% to 4% of the working population (in average about 6 million people). The entry of new countries into the EU, in which significant part of the economy is based on agricultural production, has led to an increasing number of employees in this branch of economy. Article 7 / b of the Convention on Safety and Occupational Health in Agriculture (ILO) defines the obligations of the employer in the field of occupational safety and health.

In the Russian Federation agroindustrial branch ranks the third place on level of injuries among different industries. First of all it is related to working conditions. According to Rosstat data, employees density in unsafe conditions due to the presence of harmful dust in 2014 was 39.7% against 32.2% in 2013 and 31.8% in 2012. Under the influence of high level of ultrasound, noise, infrasound about 18.8% of employees were laboring. In conditions which do not meet the hygiene requirements of light environment, 7.4% of workers were employed, under the action of chemical factors - 6.7%, in a high vibration level - 5.3%, under the influence of aerosols - 4.6% and microclimate cooling

and heating 3.7% and 2.6% respectively, an increased level of non-ionizing and ionizing radiation - 1.5% and 0.5% respectively, under the influence of biological factors - 0.6% [2].

The share of employees of heavy physical labor is constantly growing: so in 2013 it was 13.2% and in 2014 - 15.5%. We also observe the high number of employees with the intensity of the labor process: in 2014 it was 8.5% and in 2013 - 9.4%.

For the different regions of the country the share of employees in harmful and dangerous working conditions is significantly different, making in average about 57%. Harmful and dangerous working conditions in some cases lead to diseases (caused by industrial or professional) and personal injuries. So according to the Social Security Fund in the country in 2014, 47,453 production-related accidents (this is 5% less than in 2013.) were recorded. The number of injured was distributed according to main types of economic activity: manufacturing - 28.8%, construction - 9.8%, healthcare - 8.6%, transport - 8.3%, agriculture - 6.8%, mining - 4.5% [1, 2].

According to the data of Mintrudsotszashchita, the number of people which suffer from dangerous occupational diseases in 2014 was 6,718 persons, including 800 women; it is less than in 2013 by 3.9%. Chronic diseases were detected among 6,676 persons, including 1071 women, acute (poisoning) - 42 persons (including 16 women), among them fatal - 3 cases.

In 2014, first, 728,653 persons were recognized disabled, at the same time due to injuries and occupational diseases – 4,960 people (these are 796 persons fewer compared to 2013). In the same year, 1,487,678 persons were repeatedly recognized disabled (among them 18,239 people as a result of labor injury and occupational diseases).

According to the all-European monitoring by European Agency for Safety and Health at Work, along with agriculture, construction, transport and fisheries contribute most to the statistics of deaths and serious injuries. And, despite the relatively high level of labor protection in the EU, injury rates in agriculture are substantially higher than in any other industry.

In the "old" countries - EU states (EU-15) the number of victims with fatal accidents is from 10 to 12.6 persons per 100,000 workers, and victims suffered from accidents, leading to 3 or more disability days – is more than 6,000 per 100,000 employees. The "new" Eastern European countries - EU states, these figures are significantly higher. According to data obtained in the framework of European Union Labor Force Survey -

EULFS and the European Working Conditions Survey - EWCS we may observe that among agricultural workers, over 40% in the EU-15 consider, that their health is, due to the specific conditions of work, under threatening; their averaged professional experience is 17 years (this is the highest rate among all sectors of the economy); 15% of them are associated with the processing of poisonous substances for half or more of working time (this figure gives way to the construction sector); about 30% are subject to vibrations during half or more working time; about 60% experience pain due to work postures for half or more of working time (this is the highest rate among all sectors); 50% carry heavy loads for half or more of working time; more than 50% perform repetitive hand movements for half or more of working time; 8% think that their health is at risk of allergic diseases related to work; more than 10% believe that they are at risk of skin diseases related to work; more than 20% are exposed to noise for half or more of the working time; only 30% believe that they are well aware of the risks [1].

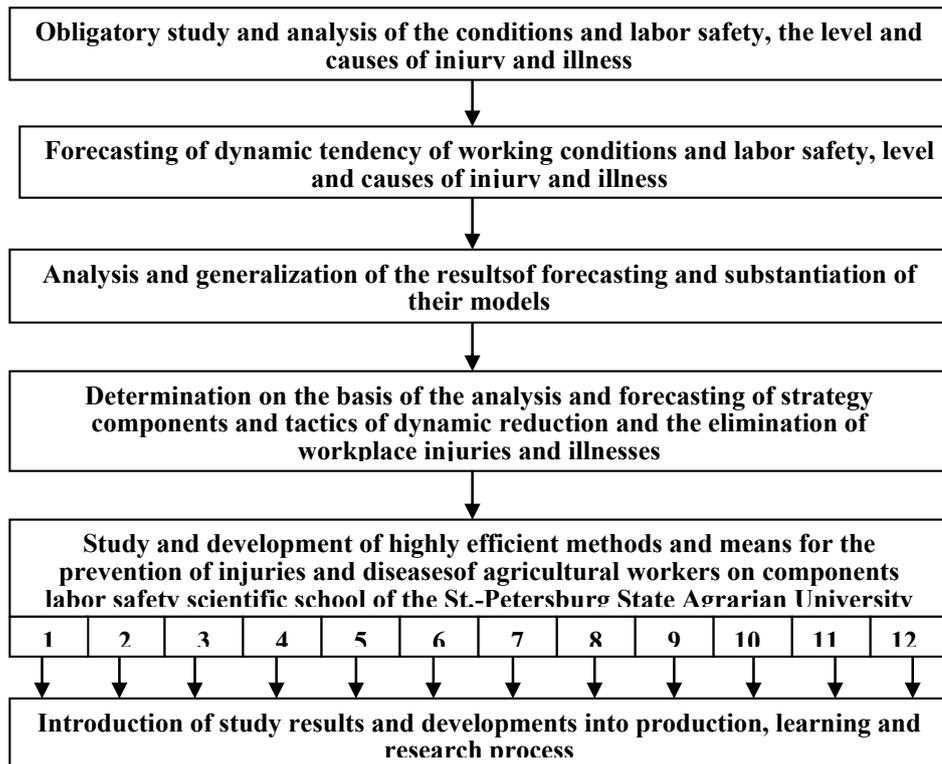
## **2 Method**

Research [1, 3-8] has shown that number, types and content of occupational injuries and illnesses do not change substantially. But the material, moral and social damage caused by them is great all over the world.

Prospective aspects of the dynamic reduction and the elimination of workplace injuries are analyzed by SPbGAU labor safety scientific school:

1 - organizational and technical, 2 - hygienic, 3 - legal, 4 - socio-economic, 5 - engineering, 6 - ergonomic, 7 - biomedical, 8 - logistical and financial, 9 - HR, 10 - psychophysiological, 11 – scientific, 12 - promotional aspects. For 50 years, the SPbGAU scientific school is analyzing the state of affairs in labor safety in the industry as a whole and in its sub-sectors, as well as forecasting (short-term (3-4 years), medium term (5-7 years) and long-term (8-10 years) developments in almost every aspect.

The work is based on the scheme shown in the figure



Drawing - Methodology and aspects of the prospects for improving occupational safety and health in agriculture

1-12 - the most important aspects of the prevention of injuries and diseases of agricultural workers, mentioned above.

For each of the twelve aspects the staff of SPbGAU labor safety scientific school made separate stages of research with full (or partial) implementation into production [3, 4, 6-9]. As an example here we will focus only on four aspects of 5, 9, 11, 12. The results of scientific research were presented at five meetings of scientific and technical councils of the Ministry of Agriculture of the RF, which have been approved and recommended for implementation. "The regulation on sectoral management system in agriculture" [9], approved by the Ministry is active in the branch up to date.

An important result is the solution to the problem of HR in labor safety due to preparing since 1996 at SPbGAU graduates on labor safety (engineers and bachelors), academic staff (candidates and doctors of engineering sciences on labor safety through postgraduate and doctoral studies since 1978 until now). So far, more than 600 graduates and 102 candidates and 32 doctors of engineering science have been trained. Now 16 persons are enrolled in postgraduate and doctoral studies.

Engineering safety problems are solved on an international level. Their originality is defended by 220 patents for inventions [3]. Engineering solutions for the prevention of injuries and diseases in agriculture are presented in scientific works [1, 3, 4, 6-9]. The following problems are solved by engineering and technical methods and means:

- "winding" prevention on the drive shafts and tractor units overturning;
- prevention of the engine starting when gear is on, and possibility of people to fall out of the cab while driving units start moving with open cabin door;
- prevention of people injury in the coupling-uncoupling cars and injury during their getting on the cabs of huge machines and getting out of them (especially in wet and snowy weather);
- prevention of spontaneous rolling of tractor units with trailers when driving uphill or downhill in case of unsuccessful maneuvering when switching speeds or brake failure;
- possibility of crushing human bodies by trucks and trailers is eliminated;
- prevention of people and animals injury when loading and unloading as well as people fatalities in collisions with vehicles [3].
- reducing of road accidents by automatic deflection of traumatic dangerous situations.

### **3 Conclusion**

The developed solutions for the prevention of accidents of agricultural workers led to a significant reduction to (12%) injuries associated with work on agricultural machinery. And this is despite of the partial use of the proposed solutions. Using the proposed solutions in promising machines and mechanisms will completely allow to exclude injuries for the mentioned above reasons.

In conclusion we denote that proposed methodology for the preventive work in agriculture (see. Figure), based on the twelve aspects, will gradually allow for 4-6 years to implement the basic regulations on the strategy and tactics of dynamic reduction and the elimination of workplace injuries and illnesses, founded by SPbGAU scientific labor safety school

## 4 Literature

1. Levashov, S.P., Shkrabak, V.S.: Professional risk: the methodology of monitoring and analysis. Monograph. Edited by V.S. Shkrabak. - Kurgan. Publishing house of Kurgan State University. 2015.-308p.
2. Report on the implementation of state policy in the field of working conditions and safety in the Russian Federation in 2014 Mintrudsotszaschita. M.: 2015-44p.
3. Shkrabak V.S.: Bibliographic index of works. St. Petersburg state agrarian univ.; Comp. by N.V. Kubritskaya. Ed. 2nd, Revised. and added. SPb., 2012.-315p.
4. Ovchinnikova, E.I., Shkrabak, R.V.: Conditions and protection of women's work in the agricultural sector and ways to improve them. Monograph. Ed.by V.S. Shkrabak. SPb., 2012-298p.
5. Levashov S.P.: Monitoring and analysis of occupational risks in Russia and abroad. Monograph / S.P. Levashov; Ed. by I.I. Manilo.Kurgan, Publishing House of Kurgan State. University Press, 2013.-345p.
6. Shkrabak V.V.: Strategy and tactics of dynamic reduction and elimination of occupational injuries in the agricultural sector. Monograph. Theory and practice. SPbGAU, SPb., 2007. – 580p.
7. Baranov, Yu.N., Pantyukhin, P.A., Shkrabak, R.V., Braginets, Y.N., Shkrabak, V.S. Theory and practice of occupational safety and health in agriculture. Ed. by V.S. Shkrabak. Monograph. SPb.-2015. 744p.,With illustrations.
8. Shkrabak, R.V., Angry, V.A., V.S. Shkrabak: Preventing accidents and occupational diseases in the agricultural sector due to the organizational and engineering activities and staffing. Ed. By V.S. Shkrabak. Monograph. SPb., 2013.-267 p.
9. Mikhailov, V.N., Lapin, A.P., Shkrabak, V.S. and others. The regulation on labor security management system in agroindustrial complex . MSH RF, M.:2001-36p.

# Russian and European universities cooperation in the framework of the Tempus Project "Development of public accreditation of agricultural programs in Russia (PACAgro)"

V. Smelik, E. Ovchinnikova  
St. Petersburg State Agrarian University, Russia  
E-mail: [smelik\\_va@mail.ru](mailto:smelik_va@mail.ru) elenov55@gmail.com

Keywords: agricultural education, training programs, employers

## 1 Introduction

Improving the quality of educational programs in agrarian universities of the RF and European universities is essential for the development and improvement of agricultural production in modern conditions. University graduates coming to the agricultural industry must be well prepared and adapted to work in constantly changing requirements in accordance with the innovative development of environment, they are required to solve the challenges effectively the company and the industry are faced with. Employers make high demands for graduates, which suggests the following qualifications:

- Professional knowledge and practical skills for the professional activity of small, medium-sized and large companies;
- Long-term sustainable activities and initiatives (including overtime);
- Identifying and solving problems flexibility and stability;
- Satisfaction from activity;
- Lifelong learning;
- The ability of social interaction;
- Ability to communicate in a foreign language;
- Other competence arising in the corporate culture and business. [1]

St. Petersburg State Agrarian University is a partner of the international project "Development of professional public accreditation system of agrarian (agricultural) profile educational programs in the Russian Federation» (PACAgro). According to Law "On Education in the Russian Federation" (from 29.12.2012 № 273-FZ) in the

Russian system of education the concept of professional public accreditation of educational programs is introduced. It is assumed that the professional public accreditation will be carried out by employers, their associations or organizations authorized by them [2, 3].

Participants of the project are higher educational institutions from different regions of Russia (Moscow, St. Petersburg, Tatarstan, Kabardino-Balkar Republic, the Republic of Mari El). Foreign partners of the project are the Slovak University of Agriculture in Nitra (Nitra, Slovakia), Aleksandras Stulginskis University (Kaunas, Lithuania), Estonian University of Life Sciences (Tartu, Estonia), of Lleida (Lleida, Spain), Catalan University Assurance Agency (Barcelona, Spain).

In today's competitive environment conditions, universities are interested in the quality of their work, the active participation of employers in improving the quality of educational programs.

The partners of the project "Tempus - PACAgro» are representatives of employers: Limited company "Rusmarketkonsalting" (Saint Petersburg, Russia), Federal State Budgetary Scientific Establishment "Institute of agroengineering and environmental problems of agricultural production" (Saint Petersburg, Russia), the Agricultural Industrial Cooperative "Pedigree Plant on black and white cattle breeding 'Detskoselsky "(Saint Petersburg, Russia).

## **2 Method**

Russian participants of the project have studied the experience of European universities to improve the quality of educational programs of agrarian profile.

In accordance with European standards educational institutions must have their own policies and procedures for quality assurance and standards of their programs and awarded qualifications. Students and other stakeholders should also be involved in this process.

Standards and quality evaluating criteria of educational programs used by accreditation agency AQU Catalunya, are important for the Russian project partners.

At the Faculty of Economics and Management, Slovak University of Agriculture in Nitra (SSAs) the faculty quality councils are working. The Faculty offers undergraduate and graduate programs in the Slovak and English languages. Preparation of educational programs of agricultural profile in English is an urgent task

for Russian universities. It should be noted that the Slovak Agricultural University is connected to the net "Trends of Graduate Barometer" consisting of more than 1,000 European universities through which it is possible to monitor education issues and career. On the website of the network, students can comment on these questions within the framework of the on-line study.

Studying the experience of the University of Alexander Stulginskis (Lithuania) showed that the organizational document of quality assurance is approved by the order of the rector of the University "Quality Assurance Manual". The university independently decides on the necessity for the development and registration of new educational programs. The main criteria for the decision are: the demand for specialists in the labor market; the attractiveness of the educational program for applicants; University scientific expertise in the area of the new program. New educational program could be initiated not only by the University and its faculties staff, but also by separate group of scientists, and even employers, social partners. Feedback in the process of the education quality improvement is ensured by the implementation of opinion polls for all participants in the learning process.

The Estonian University of Life Sciences has developed and implemented a system of survey, including all target groups. Estonian Employers participate in all procedures of quality assurance (external and internal), as well as part of an international group of experts [4].

A conducted within the project frames survey of employers in Russia showed their interest in graduates' quality. 81% of employers would meet with the students beforehand to find out their level of professional and theoretical knowledge and practical skills, get to know them as a person, to improve their skills and, in principle, in relation to this production (if a graduate comes to work) [6].

When clarifying exactly what knowledge and skills are absent for example, an engineer for the mechanization of agriculture, respondents noted: lack of knowledge of manufactural operation and equipment in the agricultural sector, poor knowledge of a foreign language.

57% of employers surveyed believe that the level of theoretical and practical training of graduates over the past 5-10 years has improved, 27% - that it has not changed, and 15.4% - it has worsened.

According to the survey 73% of respondents are familiar with the employers' training programs in agricultural universities.

To the question concerning the desire of employers to spend some time to participate in the procedures of professional public accreditation of programs in higher education only 64% of respondents agreed to participate in the procedures of professional public accreditation of programs in higher education, among them (respondent could give more than one answer):

- 41% are ready to participate in the survey of the educational program evaluation;
- 21% are willing to participate in the evaluation of educational programs;
- 12% are willing to participate in the external examination.

### **3 Results**

Carried out in the framework of the project "Tempus" studies have shown the main directions of improving the quality of educational programs to improve the training and skills of graduates of Russian universities:

- 1) The organization of joint seminars, debates of the academic community and employers in order to clarify the relevance of existing programs and the necessity to develop new ones.
- 2) The inclusion of employers in the working groups (committees) responsible for the improvement of existing programs and development of new ones.
- 3) Inclusion of representatives of employers in the working groups, which conduct an internal evaluation of the programs quality.
- 4) Increased representation of employers in the governing bodies of faculties and universities.
- 5) Creation of "Alumni" (Alumni Club) in agricultural universities in Russia [5].

## 4 Literature

1. E.Horska, I.Ubreziova, Z.Palkova. Quality and aspects related to the cost of higher education: the case of the Slovak Agricultural University in Nitra // Development of a system of professional public accreditation of educational programs of agricultural structure in the Russian Federation. «Development of Public Accreditation of Agricultural programs in Russia (PACAgro)» (543902-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-SMGR): Collection of articles - SPb .: FGBOU IN SPbGAU, 2015 P. 5 - 16.
2. Petropavlovsky M.V., Smelik V.A., Nefedova O.G. On the establishment of the system of professional public accreditation of agrarian educational programs // Development of professional public accreditation of educational programs of agricultural structure in the Russian Federation. «Development of Public Accreditation of Agricultural programs in Russia (PACAgro)» (543902-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-SMGR): Collection of articles. - SPb .: FGBOU IN SPbGAU, 2015. P.17 - 24.
3. Horska E., Petropavlovskiy M., Smelik V., Tsyganova N. The creation of system for professional public accreditation of agricultural programs in Russian Federation // Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations. Proceedings of International Scientific XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference. Saint-Petersburg, 2015, P. 481-485.
4. On the experience of the quality assurance programs of agricultural structure in Europe: Analytical Report / Edited by E. Horska, M. Petropavlovsky, O.G. Nefedova, V.A. Smelik, N.A. Tsyganova. - Nitra - St. Petersburg, 2015. P.105-107.
5. Plan of professional public accreditation agricultural programs structure based on the analysis of the quality assurance system in the Russian Federation / Edited by E. Horska, M. Petropavlovsky, O.G. Nefedova, V.A. Smelik, A.V. Dobrinovo, E.I. Ovchinnikova. - Nitra - St. Petersburg, 2015. 171 P.
6. Golokhvastov A.M., Dobrinov A.V., Perekopsky A.N. The results of the employers survey of agricultural universities graduates //// Development of professional public accreditation of educational programs of agricultural structure in the Russian Federation. «Development of Public Accreditation of Agricultural programs in Russia (PACAgro)» (543902-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-SMGR): Collection of articles. - SPb .: FGBOU IN SPbGAU, 2015. P. 40-45.