

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

Vergleichsrechnungen ergeben, dass ein Einsatz von Mähdeschern 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 Enteprozessketten 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. Gantos: 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] Hege, H. J.: Zur Frage der Arbeitsorganisation im Landbau - Fließverfahren oder absatzige 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>Agrroscope 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

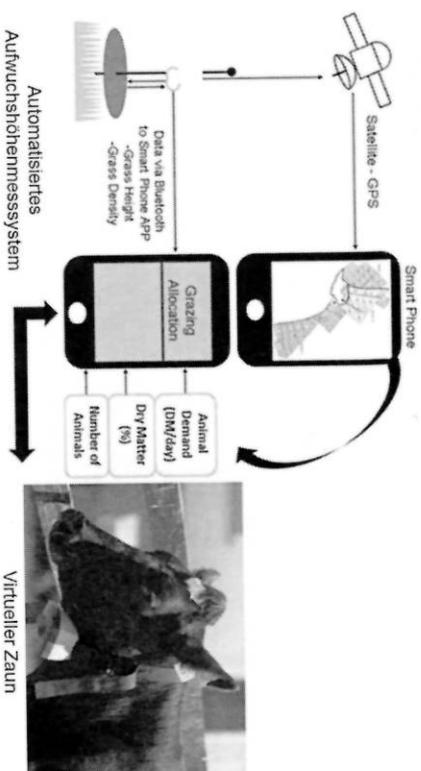
Ein gutes Weidemanagement spielt eine Schlüsselrolle für den wirtschaftlichen Erfolg von Grünlandsystemen. Jedoch sind die Faktoren Arbeit und Kosten für das Einzäunen essentiell, um die Profitabilität des Systems zu optimieren. Die Zuteilung der Weideportionen erfolgt häufig durch eine subjektive visuelle 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 Nutzieren bestimmen und kontrollieren, ohne dass sichtbare physische Barrieren eingesetzt werden [1]. Der derzeitige entwickelte VZ-Prototyp besteht aus einem GPS, einem taktilen und auditiven Reizegeber, 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.



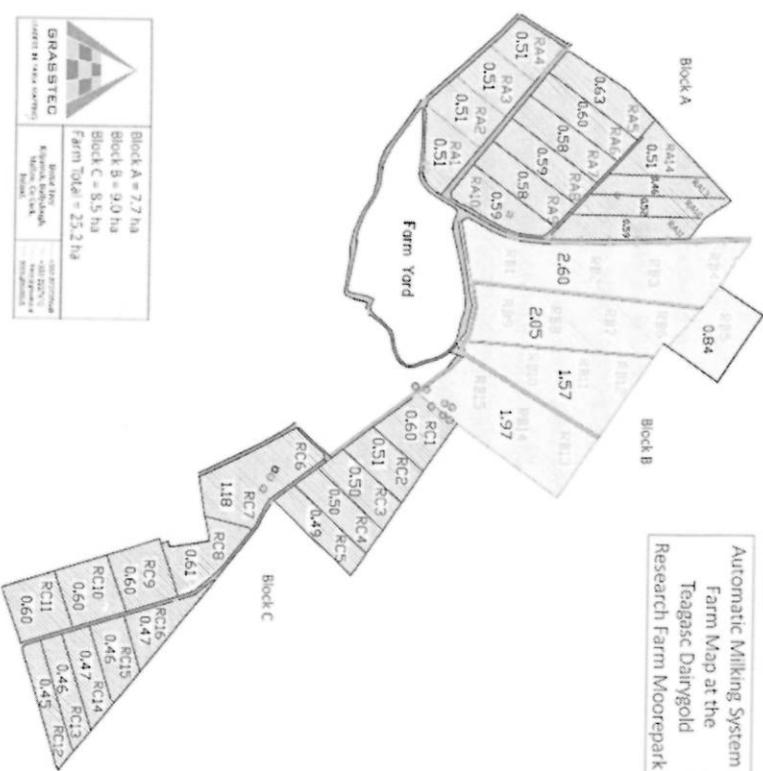
**Bild 1:** Konzept eines kybernetischen Weidemanagementsystems, bestehend aus einem virtuellen Zaun und einem automatischen Aufwuchshöhensystem.

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 Aufwuchshöhensystem mit dem VZ zu kombinieren. Die Weidezuteilung 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 Vorwartehof des AMS gehen und hatten somit die Möglichkeit bis zu drei Mal am Tag gemolken zu werden. Die Präzision der Grasszuteilung 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 zuge teilten 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 Zaunfäßen betragen 8 m. Die Weidesaison dauerte 10 Monate.

**Tabelle 1:** Die Haupteinflussfaktoren

| Weideblock | Min. Distanz*<br>zur Weide (m) | Max. Distanz*<br>zur Weide (m) | Durchschnittliche<br>Breite der<br>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 Arbeitszeiteinput 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 cm/min 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 cm/min 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 ein 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 Milchertag 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 Milchvieherde 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.; Gaiò, C.; Grimm, E.; Grube, J.; Hartmann, W.; Horlacher, D.; Kloepfer, 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. Kaija Heikkämper, 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 Ertiedigung 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.