

Leistungen von der Weide

Tagungsband internationale Weidetagung

29. und 30. August 2018 in Kiel



Dank an unsere Partner und Förderer



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Impressum

Herausgeber

Abteilung: Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Bezug über

Herausgeber

ISBN

978-3-00-060515-4

Die Beiträge unterliegen der alleinigen wissenschaftlichen Verantwortung des jeweiligen Autors. Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind ausschließlich die Verfasser zuständig. Daher können mögliche Fragen, Beanstandungen oder Rechtsansprüche uä. nur von den Verfassern bearbeitet werden.

Einfluss der Flächenfragmentierung auf die Futterzusammensetzung und Milchleistung weidebasierter Milchproduktionssysteme

^{1,2} F. FENGER, ² I.A. CASEY AND ¹ J. HUMPHREYS

¹ Animal and Grassland Research and Innovation Centre, Teagasc, Moorepark, Fermoy, Irland

² Department of Chemical and Life Sciences, Waterford Institute of Technology, Waterford, Irland

friederike.fenger@teagasc.ie

Einleitung und Problemstellung

Die Nachfrage nach Milchprodukten steigt weltweit. Die Verfügbarkeit von Land und die Zugänglichkeit der Nutzflächen sind in sämtlichen Bereichen der Landwirtschaft und besonders in weidebasierten Systemen limitierend für eine Intensivierung der Produktion (del Corral et al., 2011; Ramsbottom et al., 2015). Weiterhin steigert Flächenfragmentierung die Produktionskosten und verringert somit die Profitabilität und Effizienz eines Betriebes (Latruffe and Piet, 2014). Auf der Mehrheit der irischen Milchviehbetriebe ist nicht die gesamte Fläche am Hof gelegen, sondern ist im Mittel auf 3,5 Flächenstücke pro Betrieb verteilt (CSO, 2016). Das Weideland (englisch „grazing platform“), welches das als Weide für laktierende Milchkühe zugängliche Flächenstück beschreibt, stellt dabei ungefähr 60 % der gesamten Betriebsfläche dar (O'Donnell et al., 2008). Auf einem fragmentierten Betrieb kann die Besatzstärke (BS) auf zwei Arten definiert werden: die Gesamtbesatzstärke des Betriebes (GBS) beschreibt die Anzahl an GVE auf der gesamten Nutzfläche des Betriebes (Allen et al., 2011), wohingegen die Besatzstärke auf dem Weideland (WBS) die Anzahl an GVE (in diesem Fall laktierende Milchkühe) auf der zugänglichen Weidefläche beschreibt. Ein traditionell geführter weidebasierter Milchviehbetrieb mit fragmentierter Fläche ist in der BS limitiert, da eine erhöhte GBS mit einer deutlich höheren WBS einhergeht. Allerdings wurde eine enge Beziehung zwischen der BS eines Systems und der Milchproduktion pro Einheit Fläche nachgewiesen (Macdonald et al., 2008; McCarthy et al., 2011). Daher ist ein bestimmender Faktor für eine weitere Ausdehnung der BS in weidebasierten Systemen die Größe und Anteil des Weidelands und die WBS, die darauf nachhaltig versorgt werden kann. Auch in Deutschland stellt Flächenfragmentierung durch einen höheren Urbanisierungsgrad und Zerschneidungen von Straßen eine deutliche Einschränkung für landwirtschaftliche Produktion und besonders für weidende Betriebe dar. Die Umstellung von Stallsystemen in Richtung weidebasierter Produktion ist oftmals durch die Verfügbarkeit von zugänglichem Weideland eingeschränkt.

Weidebasierte Produktionssysteme zeigen sich auch im mitteleuropäischen Raum im Vergleich zu stallbasierten Systemen als wirtschaftlich konkurrenzfähig (Gazzarin et al., 2011) und unempfindlich gegenüber schwankenden Milchpreisen. Dies wird unter anderem dadurch deutlich, dass zwischen dem Absetzen der Milchquote in 2015 und 2017 im traditionell weidebasiert produzierendem Irland die Milchproduktion um nahezu 30 % angestiegen ist, hauptsächlich verursacht durch eine Erhöhung der Kuhzahlen und Besatzstärken auf den Milchviehbetrieben.

Traditionelle, weidebasierte Systeme basieren auf der Synchronisation vom Futterbedarf der Milchviehherde mit dem saisonalen Graswachstum. Dies wird erreicht, indem alle Kühe der Herde saisonal im Februar, März und April kalben (saisonale Blockabkalbung). In einem System mit mittlerer Besatzstärke (2 bis 3 GVE pro ha) kann das tägliche Graswachstum genügend Futter bereitstellen um den Futterbedarf einer Milchviehherde von April bis Oktober zu decken. Die Menge an importiertem Krafftfutter ist gering (< 750 kg pro Kuh und Jahr) um die Futterkosten zu minimieren (Ruelle et al., 2018). Um das Defizit zwischen Futterangebot und -bedarf im Herbst auszugleichen, kann der überschüssige Aufwuchs im August transferiert werden, indem eine höhere Aufwuchshöhe toleriert und somit ein

„Grasdepot“ aufgebaut wird. Um im Frühjahr einen möglichst frühen Weideaustrieb zu ermöglichen, kann auch über den Winter eine höhere Aufwüchse toleriert werden. Durch dieses Weidemanagement kann die Weidesaison deutlich verlängert werden (Hennessy and Kennedy, 2009; Laidlaw, 2006). Die Ausdehnung der Weidesaison wurde als Indikator für erhöhte Wirtschaftlichkeit von weidebasierten Milchviehbetrieben identifiziert (Hanrahan et al., 2018).

Wenige Studien haben bisher den Einfluss der Flächenfragmentierung auf die Produktivität und Profitabilität weidebasierter Milchproduktionssysteme quantifiziert. Insbesondere muss näher untersucht werden, wie Systeme sich verhalten, wenn die höhere WBS durch die Zufütterung von konserviertem Futter von der nicht beweidbaren Flächen gestützt wird. In dieser Studie wird der Einfluss der Flächenfragmentierung auf den Futterertrag und die Futternutzung, auf die Milchleistung, die Länge der Weidesaison und die Futterzusammensetzung untersucht. Anhand dieses Datensatzes kann weiterführend die Wirtschaftlichkeit betrachtet werden. Vorgestellt werden hier einige der Ergebnisse des ersten Jahres eines dreijährigen Projektes.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Solohead Research Farm angelegt, ein langjähriger Versuchsbetrieb in Tipperary, Irland (52°51'N, 08°21'W), und wird in den Versuchsjahren 2017, 2018 und 2019 durchgeführt. Die Böden des Betriebes bestehen hauptsächlich aus schweren Gleyböden (90 %) und Podsolen (10 %) mit einer tonigen Lehmstruktur. Das regionale Klima ist maritim mit durchschnittlichem Niederschlag von 1070 mm pro Jahr und einer potenziell langen Wachstums- und Weidesaison von Anfang Februar bis Ende November. Insgesamt besteht der Betrieb aus 52 ha Grünland.

Der Versuch besteht aus vier Systemen, jedes mit einer GBS von 2,5 GVE ha⁻¹. Insgesamt steht jedem System eine Versuchsfläche von 9,75 ha zur Verfügung. Variierende Anteile der Versuchsfläche stehen als Weideland zur Verfügung (Tab. 1).

Tab. 1: Besatzstärken und Flächenanteile bzw. Fragmentierungsgrad in den Versuchssystemen

	S 1	S 2	S 3	S 4
Besatzstärke gesamt (GBS) (GVE ha ⁻¹)	2,5	2,5	2,5	2,5
Anteil Weideland (%)	100 %	82 %	70 %	61 %
Anteil Silagefläche (%)		18 %	30 %	39 %
Besatzstärke Weideland (WBS) (GVE ha ⁻¹)	2,5	3,0	3,5	4,0

Das Weideland ist als Weide und für die Produktion von Grassilage verfügbar wohingegen die Silagefläche nur zur Produktion von Grassilage verwendet wird. Diese Grassilage wird genutzt, um Futterdefizite während der Weidesaison auszugleichen und zur Winterfütterung. Die Silageflächen werden dreimal im Jahr beerntet (Mitte Mai, Mitte Juli und Ende August). Restbestände im Spätherbst werden als Frischgras im Stall gefüttert. Die Milchviehherde besteht zu 100 % aus saisonal im Frühjahr abkalbenden Tieren, die jeden Frühling auf der Basis von ausbalancierter Laktationszahl und Abkalbedatum einem System zugewiesen wurden. Die Herde besteht aus einer Mischung aus irischen Holstein und Kreuzungstieren (überwiegend Jerseykreuzungen). Die gesamte Versuchsfläche wurde aufgeteilt in 6 Blöcke a 4 Paddocks. Ein Paddock (mittlere Größe 1,48 ha) wurde zufällig einem System zugewiesen. Die Paddocks dienten als Wiederholung für aufwuchsbasierte Messungen (Futterertrag und -qualität). Für tierproduktionsbasierte Messungen diente die einzelne Kuh als Versuchseinheit. Ca. 95 % des gesamten Futters (Weidegras und Grassilage) werden innerhalb des Systems produziert.

Das Weidemanagement und der Weidedruck sind identisch zwischen den Systemen mit einem Zielweiderest von 4 cm oberhalb der Bodenoberfläche, gemessen mit einem Filips

rising plate meter. Drei Tage nach dem Abkalben werden die Kühe auf die Weide gelassen und verbleiben dort bis sie Ende November trockengestellt und eingestallt werden. Wenn ausreichend Weidefutter zur Verfügung steht, werden die Kühe komplett von der Weide versorgt. Ausnahmen bestehen nur, wenn die Bodenverhältnisse zu nass zum Weiden sind (Bodenwassergehalt > 60 %) oder wenn das Weidefutterangebot zu niedrig ist. Dies ist generell der Fall, wenn das tägliche Graswachstum unterhalb des täglichen Futterbedarfs der Milchviehherde liegt und der jeweilige Aufwuchs an TM vor der Beweidung unterhalb des Zielwerts von 1200 kg TM ha⁻¹ liegt, gemessen oberhalb 4 cm. Futterdefizite von der Weide werden während der Hauptweidesaison mit Grassilage, gefüttert im Stall, ausgeglichen und im Frühling und Herbst mit einer Kombination aus Grassilage und Krafftutter. Dabei liegt das Ziel für den Krafftutteranteil bei 5 % der Gesamtration des Jahres jeder Herde. Die Menge an Krafftutter pro Kuh wird bei jeder Melkung aufgezeichnet (Dairymanager, Causeway, Co. Kerry, Irland). Die Futterration wird für jede Herde jeden Tag auf Basis von 16 kg Futteraufnahme pro Kuh und Tag zusammengestellt. Die Weidefutteraufnahme in TM pro Kuh wird berechnet als die Differenz zwischen der Energiezufuhr (NE) aus Grassilage und Krafftutter und dem Energiebedarf für Laktation, Erhaltung und Trächtigkeit (Jarrige et al., 1986). Die Menge an genutztem Grundfutter pro ha Gesamtfläche wird berechnet als Grundfutteraufnahme (Weidefutter und Grassilage) multipliziert mit der GBS. Die Länge der Weidesaison wird als Anzahl an Weidetagen pro Kuh gemessen. Ein ganzer Tag ist definiert als: alle Kühe der Herde weiden Tag und Nacht. Ein halber Tag wird gezählt, wenn die Herde nur tagsüber weidet. Die Milchleistung pro Kuh wird bei jeder Melkung erfasst und die Inhaltsstoffe der Milch werden zweimal die Woche bestimmt. Während der Weidesaison wird der Aufwuchs an TM vor jeder Beweidung und die Futterqualität bestimmt. Dafür wurde auf jedem Paddock der Weidefläche ein areal von 13 x 3 m abgetrennt. Diese Parzelle wird zweimal im Jahr versetzt, um den Einfluss der Beweidung zu erfassen. Der Aufwuchs an TM oberhalb von 4 cm wird bestimmt, indem ein Areal von 1,1 x 10 m mit einem Etesia Hydro 124DS Rasenmäher (Etesia UK Ltd., Sherington, Oxon, UK) beerntet wird. Der gesamte Aufwuchs wird aufgefangen, gewogen und eine Unterprobe wird im Labor untersucht. Der jährliche Ertrag (kg TM ha⁻¹) wird berechnet aus der Summe aller Aufwüchse vor jeder Beweidung und jedem Schnitt für Grassilage.

Ergebnisse und Diskussion

Der Bedarf an Weidefutter des Kontrollsystems S1 (40 kg TM ha⁻¹ Tag⁻¹), welches ein traditionell geführtes, weidebasiertes Milchproduktionssystem darstellt, wurde während der Hauptweidesaison zwischen März und Oktober vollständig durch das tägliche Graswachstum gedeckt (Abb. 1). Das Versuchsjahr 2017 bot gute Wachstumsbedingungen mit 292 Wachstumstagen (Bodentemperatur > 6°C). Der Futterbedarf der Systeme vom Weideland steigt mit steigender WBS. Je höher die WBS, desto unwahrscheinlicher wird das tägliche Graswachstum auf dem Weideland den Futterbedarf des Systems decken. Im Versuchsjahr 2017 jedoch, passte die ungewöhnliche, flachere Wachstumskurve gut zum Bedarf einer höheren WBS. Die Weidesaison begann mit Halbtagsbeweidung am 1. März und ab dem 24. März begann die Vollweidesaison für alle Herden. Verursacht durch ein zeitweiliges Wachstumstief im Mai und Ende Juni, war später eine Stallperiode von insgesamt drei Tagen zwischen dem 07.07. und dem 17.07. mit Silagefütterung im Stall notwendig um Futterdefizite auszugleichen. Hohe Wachstumsraten im August und Anfang September erlaubten es, ein „Grasdepot“ aufzubauen, welches später im Herbst genutzt werden konnte. Um die Weidesaison so lang wie möglich auszudehnen, wurde ab dem 15.09. im System S4 wieder auf Halbtagsweide mit Silagefütterung im Stall umgestellt bis schließlich am 15.11. alle Herden Vollzeit im Stall gefüttert wurden. Die Anzahl Weidetage pro Kuh betrug 239 Tage in S1 und sank mit steigender WBS um 7, 22 und 24 Tage in den jeweiligen Systemen S2, S3, und S4. Schwierige Weidebedingungen im späten Herbst und Winter limitierten die Weidesaison, wodurch diese kürzer war als in Solohead üblich (255 Tage).

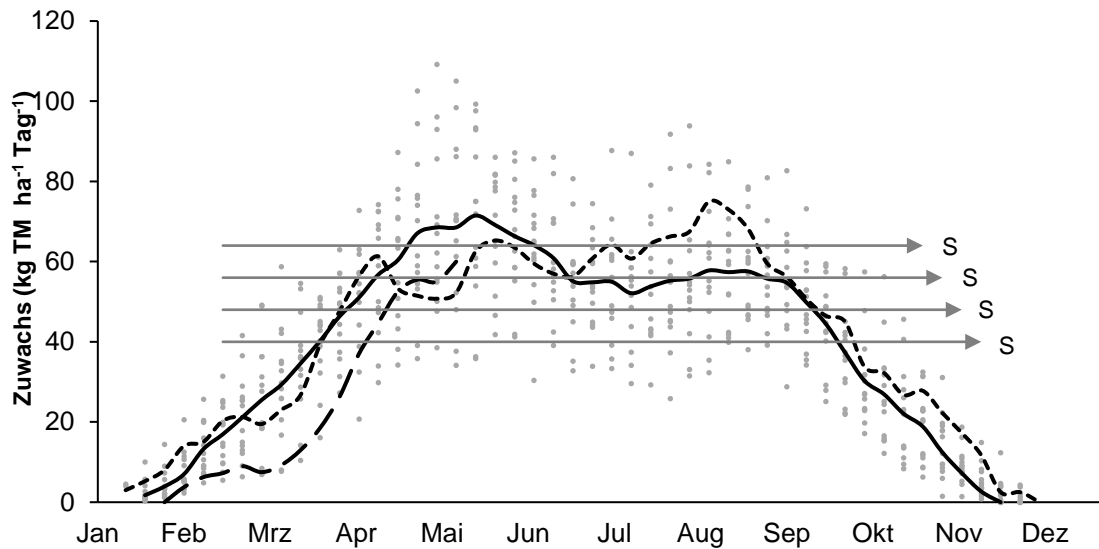


Abb. 1: Tägliche Wachstumsrate der Solohead Research Farm in 2017 und 2018 im Vergleich zum Durchschnitt der letzten 15 Jahre und der jährlichen Variation. Der Futterbedarf vom Weideland der jeweiligen Versuchsherde der Systeme S1 – S4 ist mit Pfeilen dargestellt

Eine Analyse unter irischen Weidebauern zeigte ebenfalls eine Tendenz zu einer verkürzten Weidesaison mit steigender BS, wobei die Länge der Weidesaison dort zwischen 245 und 239 Tagen variierte (Creighton et al., 2011).

Insgesamt zeigte der Gesamttrockenmasse-Ertrag keine Unterschiede zwischen den Systemen ($P=0.96$). Andere Studien zeigten ebenfalls keine Unterschiede im Trockenmasse-Ertrag bei variierender BS, wenn der Weidedruck sich nicht unterschied (Fariña et al., 2011; Patton et al., 2016; Valentine et al., 2009). Mit steigender WBS wurden steigende Anteile des Aufwuchses der Gesamtfläche als Silage geerntet (Abb. 2) wohingegen der Anteil an Grassilage vom Weideland mit der WBS von 33 % (S1) auf 7 % (S4) sank. Insgesamt war die Silageproduktion aller Systeme ausreichend für den Jahresbedarf an Silage jeder Herde.

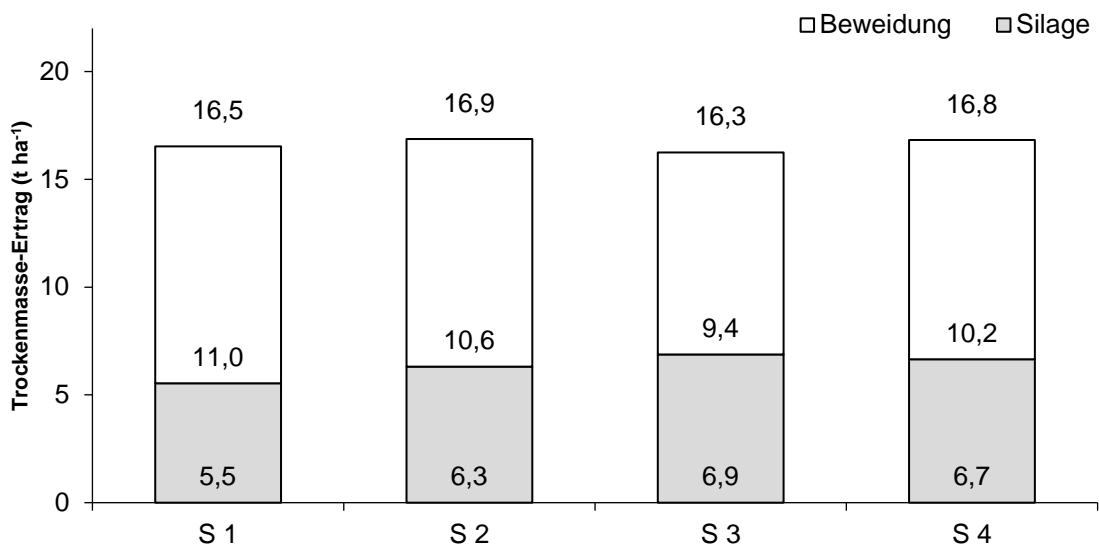


Abb. 2: Jährlicher Gesamttrockenmasse-Ertrag ($t\ ha^{-1}$) von der Gesamtfläche der vier Systeme in 2017; aufgeteilt in Silageschnitte und Beweidungen

Tab. 2: Besatzstärke, Herdencharakteristika und Milchleistung der Systeme S1 – S4 in 2017

	S 1	S 2	S 3	S 4	P-Wert
Abkalbedatum	21 Feb	21 Feb	21 Feb	21 Feb	0,99
Zuchtwert (EBI ¹) (€ Kuh ⁻¹)	117	118	119	118	0,99
Milchleistung (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	5778	5942	6233	6037	0,24
Fett + Protein (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	479	505	501	500	0,48
Fett (%)	4,73 ^{ab}	4,92 ^a	4,58 ^b	4,74 ^{ab}	0,03
Protein (%)	3,77	3,80	3,71	3,75	0,47
Laktose (%)	4,73	4,72	4,69	4,74	0,14
ECM (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	6383	6710	6707	6677	0,45
Flächenleistung ² (kg ECM ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)	15712	16517	16510	16436	

¹Economic Breeding Index; ²Flächenleistung bezieht sich auf die Gesamtfläche des Systems (9,75 ha)
Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant voneinander verschieden (P < 0.05)

Die Milchleistung zeigte in 2017 keine Unterschiede zwischen den Systemen. Hohe Flächenleistungen von im Mittel über 16 000 kg ECM pro Jahr wurden erreicht (Tab. 2). Die Gesamtfutteraufnahme war vergleichbar zwischen den Systemen, jedoch stieg der Anteil an Grassilage mit steigender WBS. Diese zusätzliche Silage wurde während der Laktation gefüttert, was bedeutet, dass qualitativ hochwertige Silage in einem System mit geringerem Anteil an Weideland zur Verfügung stehen muss.

Tab. 3: Geschätzte jährliche Futteraufnahme in 2017 der Systeme S1-S4

	S 1	S 2	S 3	S 4
Weidegras (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	3115	3162	3085	3041
Grassilage (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	1452	1538	1702	1730
Kraftfutter (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	550	550	550	550
Gesamtfutteraufnahme (kg Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹)	5117	5250	5337	5321
Silageaufnahme in Laktation (Mär – Dez)	366	479	697	742
Anteil der Silageaufnahme während der Laktation	25%	31%	41%	43%
Aufgenommenes Grundfutter ¹ (kg DM ha ⁻¹)	11417	11750	11968	11928
Aufgenommenes Weidefutter (kg DM ha ⁻¹)	7787	7906	7713	7603

Das tatsächlich aufgenommene Grundfutter pro ha ist ebenfalls vergleichbar zwischen den Systemen (Tab. 3) und beträgt im Mittel 71 % des aufgewachsenen Trockenmasse-Ertrags. Der Anteil an aufgenommenem Weidefutter pro ha am insgesamt aufgenommenem Grundfutter pro ha sank mit steigender WBS von 68 % (S1) auf 64 % (S4) ab. Die Menge an aufgenommenem Weidefutter wurde kürzlich als Messwert der Effizienz und Wirtschaftlichkeit eines weidebasierten Milchproduktionssystems identifiziert (Hanrahan et al., 2018).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorläufige Schlussfolgerung dieser Studie ist, dass vergleichbare Milchleistungen im Bereich der hier getesteten Flächenfragmentierungsgrade erreicht werden können. Steigende Anteile an konserviertem Futter sind nötig, um eine höhere WBS im System zu tragen. Weiterhin ist die Anforderung an die Futterqualität der Grassilage im Vergleich zu traditionellen Systemen erhöht, in denen diese hauptsächlich im Winter an trockenstehende Milchkühe verfüttert wird.

Es ist unwahrscheinlich, dass die Wachstumskurve der folgenden Versuchsjahre sich ähnlich vorteilhaft entwickelt wie in 2017. Bisher führte ein außergewöhnlich kalter und nasser Frühling 2018 zu deutlich reduziertem Graswachstum (Abb. 1) und einer nationalen Futterkrise in Irland. Dieses Jahr wird nun zeigen, wie ein System mit hoher BS auf Futterknappheit auf dem Weideland im Frühling reagiert und wie dieses die Milchleistung beeinflusst.

Der nächste Schritt dieser Studie wird sein, die Wirtschaftlichkeit und Profitabilität der Systeme zu untersuchen. Dieser Versuch wird eine Datenbasis an Milchproduktionssystemen mit fragmentierter Fläche generieren, anhand welcher anschließend der Punkt identifiziert werden kann, an dem die Vorzüge einer gesteigerten Milchleistung durch die mit Flächenfragmentierung assoziierten höheren Kosten ausgeglichen wird. Futterbergungs- und Stallkosten steigen bei geringerem Anteil an Weideland sowie die Transportkosten für Gülle, wenn die Flächen weiter voneinander entfernt sind. Basierend auf dieser Untersuchung soll die optimale Besatzstärke auf dem Weideland von fragmentierten, weidebasierten Milchviehbetrieben bestimmt werden, unter Berücksichtigung variierender wirtschaftlicher Hintergründe.

Literatur

- ALLEN, V. G., BATELLO, C., BERRETTA, E. J., HODGSON, J., KOTHMANN, M., LI, X., MCIVOR, J., MILNE, J., MORRIS, C., PEETERS, A. & SANDERSON, M. (2011): An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science* 66, 2-28.
- CREIGHTON, P., KENNEDY, E., SHALLOO, L., BOLAND, T. M. & O' DONOVAN, M. (2011). A survey analysis of grassland dairy farming in Ireland, investigating grassland management, technology adoption and sward renewal. *Grass and Forage Science* 66, 251-264.
- CSO (2016): Statistical Data for Agriculture and Fishing Central Statistics Office, Ireland.
- DEL CORRAL, J., PEREZ, J. A. & ROIBAS, D. (2011): The impact of land fragmentation on milk production. *J Dairy Sci* 94, 517-25.
- FARIÑA, S. R., GARCIA, S. C., FULKERSON, W. J. & BARCHIA, I. M. (2011): Pasture-based dairy farm systems increasing milk production through stocking rate or milk yield per cow: pasture and animal responses. *Grass and Forage Science* 66, 316-332.
- GAZZARIN, C., FREY, H.-J., PETERMANN, R. & HÖLTSCI, M. (2011): Weide- oder Stallfütterung – was ist wirtschaftlicher? Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain. *Agrarforschung Schweiz* 2, 418–423.
- HANRAHAN, L., MCHUGH, N., HENNESSY, T., MORAN, B., KEARNEY, R., WALLACE, M. & SHALLOO, L. (2018): Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science* 101, 5474-5485.
- HENNESSY, D. & KENNEDY, E. (2009): Extending the grazing season. *Livestock* 14, 27-31.
- JARRIGE, R., DEMARQUILLY, C., DULPHY, J. P., HODEN, A., ROBELIN, J., BERANGER, C., GEAY, Y., JOURNET, M., MALTERRE, C., MICOL, D. & PETIT, M. (1986): The INRA "Fill Unit" System for Predicting the Voluntary Intake of Forage-Based Diets in Ruminants: A Review. *Journal of Animal Science* 63, 1737-1758.
- LAIDLAW, S., NESHEIM, L., FRAME, J. & PINEIRO, J. (2006): Overcoming seasonal constraints to production and utilisation of forage in Europe. *Grassland Science in Europe* 11, 29-43.
- LATRUFFE, L. & PIET, L. (2014): Does land fragmentation affect farm performance? A case study from Brittany, France. *Agricultural Systems* 129, 68-80.
- MACDONALD, K. A., PENNO, J. W., LANCASTER, J. A. & ROCHE, J. R. (2008): Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *J Dairy Sci* 91, 2151-63.
- MCCARTHY, B., DELABY, L., PIERCE, K. M., JOURNOT, F. & HORAN, B. (2011): Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. *Animal* 5, 784-94.
- O'DONNELL, S., SHALLOO, L., BUTLER, A. & HORAN, B. (2008): A survey analysis of opportunities and limitations of Irish dairy farmers. *Journal of Farm Management* 13, 419-434.

- PATTON, D., PIERCE, K. M. & HORAN, B. (2016): Effect of stocking rate on milk and pasture productivity and supplementary feed use for spring calving pasture fed dairy systems. *Journal of Dairy Science* 99, 5904-5915.
- RAMSBOTTOM, G., HORAN, B., BERRY, D. P. & ROCHE, J. R. (2015): Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. *J Dairy Sci* 98, 3526-40.
- RUELLE, E., DELABY, L., WALLACE, M. & SHALLOO, L. (2018): Using MODELS to establish the financially optimum strategy for Irish dairy farms. *Journal of dairy science* 101, 614-623.
- VALENTINE, S., LEWIS, P., COWAN, R. & DEFAVERI, J. (2009): The effects of high stocking rates on milk production from dryland and irrigated Mediterranean pastures. *Animal Production Science* 49, 100-111.