

Zusammenhang zwischen Betriebsstruktur und Milchleistung ökologisch wirtschaftender Betriebe und der Pflanzenartenvielfalt des Grünlands

Morgenstern, L.¹, Schmitz, A.², Tichter, A.² und Isselstein, J.²

¹ Georg-August-Universität Göttingen

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Abteilung Umwelt- und Ressourcenökonomik

Platz der Göttinger Sieben 5, 37075 Göttingen

² Georg-August-Universität Göttingen

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung Graslandwissenschaft

von-Siebold-Straße 8, 37075 Göttingen

lmorgen@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die biotische Vielfalt des landwirtschaftlich genutzten Grünlands in Deutschland ist seit Jahrzehnten rückläufig. U.a. wird hierfür die Intensivierung der Grünlandnutzung verantwortlich gemacht. Insbesondere gilt allgemein die Milchviehhaltung mit ihren sehr hohen Anforderungen an den Ertrag und die Futterqualität von Grünlandaufwüchsen als wenig vereinbar mit artenreichem Grünland. Andererseits weisen eine Reihe von Autoren auf einen möglichen positiven Zusammenhang zwischen Pflanzenvielfalt und der Produktivität und Stabilität von Grünlandökosystemen hin (Yachi und Loreau 1999, Bullock, Pywell und Walker 2007, Weigelt *et al.* 2009). Der Zusammenhang zwischen der Vielfalt des Grünlands und der Leistung des gesamten Grünland-basierten Produktionssystems wurde bisher jedoch kaum betrachtet. Landwirte richten sich bei Ihren Produktions- und Managemententscheidungen nicht nur nach der Ertragsleistung der Grasnarbe. Vielmehr sind der Output des Produktionssystems, d.h. der Ertrag an tierischer Nutzleistung und letztlich die Rentabilität maßgeblich (Wilson 2011). Soll der Artenverlust beim landwirtschaftlich genutzten Grünland aufgehalten werden, ist es daher besonders wichtig, die Landwirte und deren Produktionssysteme eng einzubeziehen und den möglichen Nutzen der Pflanzenvielfalt für die Landwirtschaft zugänglich zu machen (Wrage *et al.* 2011). Es ist sicher schwierig die Landwirte für aktive Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt im Grünland zu gewinnen, wenn dies nicht mit einer profitablen Milchleistung vereinbar ist. Deshalb stellen wir uns in dieser Untersuchung die Frage: Kann man bei ökologischer Milchviehwirtschaft eine hohe Milchleistung mit einer hohen Artenvielfalt vereinbaren?

Dieser Frage wird im Folgenden nachgegangen. Anhand eines umfangreichen Praxisdatensatzes von ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben wird untersucht, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen der Art und Intensität der Milcherzeugung und der Pflanzenartenvielfalt des Grünlands und welche Milchvieh-bezogenen Faktoren und Grünlandcharakteristika die Diversität des Grünlands beeinflussen.

Material und Methoden

Die Daten für diese Untersuchung wurden im Rahmen einer interdisziplinären Interventionsstudie zur Gesundheit von Milchkühen im ökologischen Landbau erhoben. Deutschlandweit wurden auf 106 Milchviehbetrieben mit fragebogengestützten Interviews, Beobachtungen vor Ort und eigenen Erhebungen über drei Jahre durchgeführt. Tabelle 1. gibt einen Überblick über wichtige Grunddaten der teilnehmenden Betriebe.

Die Vegetationserhebungen wurden im Mittel auf 7,6 Grünlandflächen (Standardabweichung 1,6) je Betrieb durchgeführt. In den Erhebungen wurden nicht nur Dauergrünlandflächen kartiert, sondern auch jüngere Ansaaten.

Vorgabe war es alle Nutzungstypen, die dem Betriebszweig Milch zuzuordnen sind, in der Erhebung zu berücksichtigen. Die Erhebungsmethode war nach Klapp und Stählin (1936) auf 25 m² je Fläche. Die Artenzahl repräsentiert die über alle Flächen im Betrieb gemittelte Anzahl der höheren Pflanzenarten. Als weiteres Diversitätsmaß wurde die Shannon-Evenness für jede Fläche wie folgt berechnet: $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$ mit P_i als Ertragsanteil der Art i , und über alle Flächen eines Betriebes gemittelt.

Die Grobfutterfläche berücksichtigt neben der Grünlandfläche alle Flächen eines Betriebes, die zur Erzeugung des Grobfutters im Betriebszweig Milch genutzt werden. Das schließt den Flächenbedarf für das Jungvieh (Nachzucht) ein. Der Flächenbedarf des Jungviehs berechnet sich aus dem Energiebedarf je GV-Jungvieh und Jahr, dem (geschätzten) Energieertrag in MJ NEL je ha Grobfutterfläche, und der Anzahl Jungvieh-GV je Betrieb. Die so ermittelte Fläche des Jungviehs wurde von der Gesamtgrobfutterfläche des Betriebes abgezogen, so dass als residuale Größe die den Milchkühen zuzuordnende Grobfutterfläche ermittelt werden konnte.

Milch aus Grobfutter wurde wie folgt errechnet: (Gesamtenergiebedarf der Milchkühe – Energieangebot aus Kraftfutter) * (Energie für Milch/Gesamtenergiebedarf). Dabei setzt sich der Energiebedarf aus dem Erhaltungsbedarf pro Kuh und der Energie für die Milcherzeugung der durchschnittlichen Milchleistung zusammen. Die Milchviehherden wurden nach ihrer genetischen Milchbetonung eingeteilt. Herden mit einem Anteil von über 66 % Holstein Friesian oder Braunvieh wurden als milchbetont eingestuft. Herden mit dem gleichen Anteil von Zweinutzungsrassen, wie Fleckvieh, wurden als nicht milchbetont eingestuft.

Die Analyse des Zusammenhanges von Artenzahl, Diversität und Milchleistung erfolgte in einem ersten Schritt mittels einfacher linearer Regression.

Um den Zusammenhang der Zielvariablen mit Betriebsstrukturparametern zu erfassen, wurden die Zielvariablen einzeln als generalized-least-squares (gls) Funktion der Betriebsstrukturparameter, der Milchleistungsvariablen sowie des mittleren Ertragsanteils Gräser und Ertragsanteils Anteils *Lolium perenne* an der Vegetation und gewichteter Ellenberg Zeigerwerte (F und N) modelliert (Tabelle 2). Die Modelle wurden mittels Model-Averaging (MuMin package, Barton 2016) analysiert. Jenseits traditioneller Modellreduktion mit dem Ziel der Festlegung auf ein einzelnes, die Zielvariable am besten erklärendes Modell, werden in diesem Ansatz Modelle mit allen möglichen Variablenkombinationen aufgestellt. Diese Modelle wurden nach AICc gerankt und ein 95%-Konfidenz-Set mit akkumulierten Akaiques weights ≤ 0.95 gebildet. Aus den verbleibenden Modellen wurden die mittleren Regressionskoeffizienten aller erklärenden Variablen über alle möglichen Kombinationen hinweg berechnet. Die *Importance* stellt die relative Bedeutung der erklärenden Variablen für die Zielvariable dar und schwankt zwischen 0 (Variable kommt in keinem der Modelle vor) und 1 (Variable kommt in allen Modelle vor). Für diese Studie wurden Variablen mit einer *Importance* von < 0.7 als relevant erachtet. Signifikanz der Effekte wurde mittels z-Statistik berechnet. Vor der Analyse wurden alle erklärenden Variablen standardisiert, was einen direkten Vergleich der fixed-effects erlaubt (Grueber *et al.* 2011).

Alle Ausgangsmodelle wurden mittels variance inflation factor (VIF) auf Multicollinearität und visuell auf Normalverteilung und Varianzhomogenität der Residuen geprüft (Zuur *et al.* 2009). Alle statistischen Analysen erfolgten in R (R Core Team (2016), packages nlme und MuMin).

Ergebnisse und Diskussion

Die in dieser Studie untersuchten Flächen zeigen eine mittlere Diversität von 18 Arten (25 m²), bilden jedoch eine erhebliche Spanne von artenarmen Flächen (4 Arten) bis artenreichen Flächen (45 Arten) ab.

Lineare Regressionen der Artenzahl mit den Variablen der Milchleistung (Milchmenge je Kuh (a und b) und je ha Grobfutterfläche (c und d)) zeigen einen negativen Zusammenhang.

Bei hoher Milchleistung wurden geringere Artenzahlen beobachtet (Abbildung 1). Dieser Zusammenhang wird am deutlichsten zwischen der Milchleistung je Kuh und Jahr und der Artenzahl. Die Regressionen der Milchleistung aus dem Grobfutter mit der Artenzahl zeigen jedoch erhebliche Streuung. Bei gleicher Grundfutterleistung (je Kuh und auch je ha) wurden sehr unterschiedlich diverse Grasnarben beobachtet.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch Vorsicht geboten, denn der Zusammenhang von Milchleistung und Artenvielfalt ist kein unmittelbar ursächlicher. Die erhebliche Streuung der Daten deutet ein komplexeres Wirkungsgefüge mit weiteren für die Ausprägung der Artenvielfalt entscheidenden Parameter an.

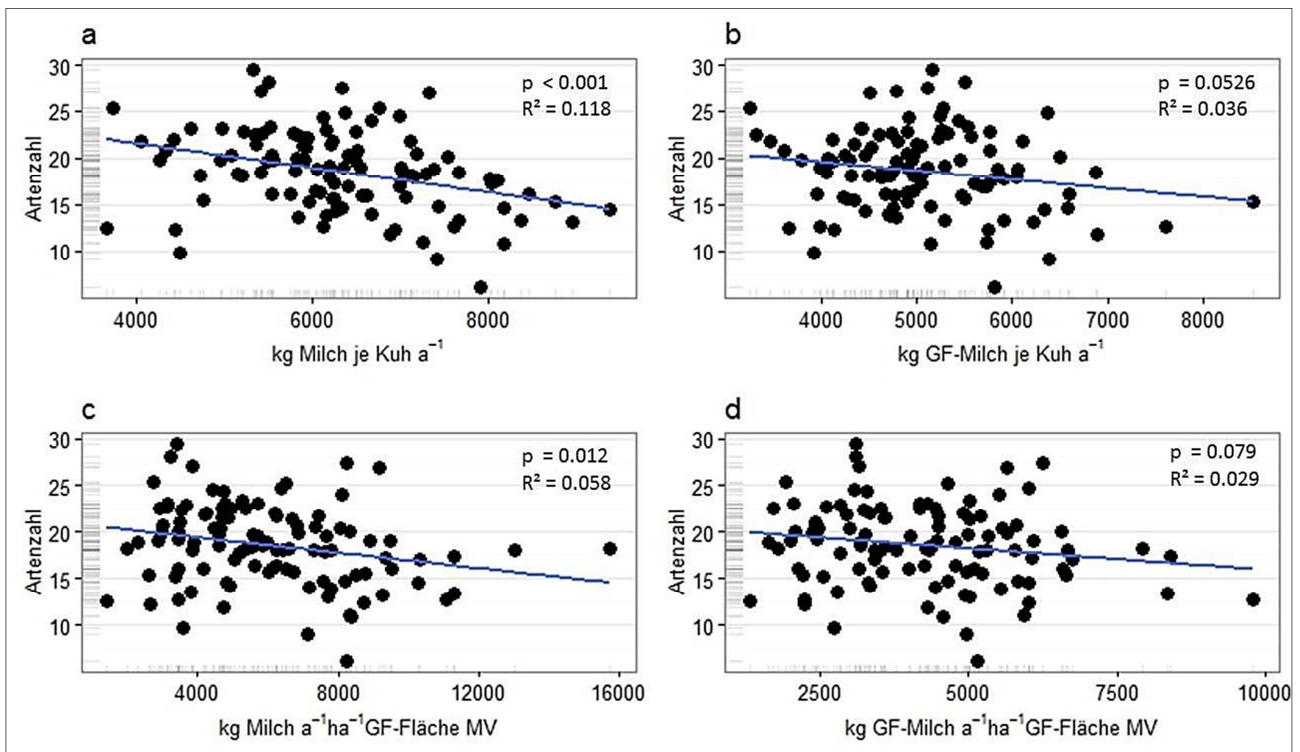


Abbildung 1: Zusammenhang von Milchleistungsvariablen mit der mittleren Artenzahl des Grünlands

Dem komplexeren Wirkungsgefüge hinter dem Zusammenhang wurde versucht in einem zweiten Schritt mittels Model-Averaging zu entsprechen. Milchleistungsparameter, Betriebsstrukturdaten und ausgewählte Vegetationsdaten gehen gleichberechtigt in die Analyse ein, so dass eine Aussage über deren relative Bedeutung für die Ausprägung der Zielvariablen getroffen werden kann.

Keine der Milchleistungsgrößen zeigte sich in der Analyse als unmittelbar relevant für die Ausprägung der Artenzahl sowie der Shannon-Evenness (Tabelle 2). Die Milchleistung ist nicht die entscheidende Variable um Artenvielfalt zu erklären – hohe Milchleistung und Artenvielfalt schließen sich also zunächst nicht aus.

Als entscheidend für die Ausprägung der Artenanzahl erkannt wurden in der Analyse vor allem der mittlere Ertragsanteil der Gräser und insbesondere von *Lolium perenne*. Beide Variablen beeinflussen die mittlere Artenanzahl hochsignifikant ($p < 0.001$) negativ und waren mit einer Importance von 1 in allen Modellen des 95%-Konfidenz-Sets enthalten. Die gewichtete Wertzahl der Vegetation steht ebenfalls in einem signifikanten ($p < 0.01$) negativen Zusammenhang mit der Artenanzahl und war in 99 % der Konfidenz-Set Models vertreten.

Als einzige Variable der Betriebsstrukturparameter verblieb der prozentuale Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Betriebe in allen Modellen des Konfidenz-Sets.

Betriebe mit einem höheren Grünlandanteil zeigten hochsignifikant ($p < 0.001$) mehr Arten als Betriebe mit wenig Grünland in der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Ob eine Herde genetisch milchbetont zusammengesetzt ist hat zwar keinen signifikanten Effekt auf die Artenanzahl, jedoch verblieb diese Variable mit negativem Koeffizienten in 88 % der Modelle und sollte daher berücksichtigt bleiben. Eine mögliche Ursache für den negativen Einfluss auf die Artenzahl ist, dass eine milchbetonte Herde einen höheren Anspruch an die Futterqualität hat. Entsprechend wird das Management in diesen Betrieben stark auf hohe Anteile wertvoller Futtergräser wie *Lolium perenne* in den Grasnarben ausgerichtet, was weniger Raum für andere Arten lässt. Der Shannon-Index als Maß für die Gleichverteilung der vorkommenden Arten korreliert für sich genommen positiv mit der Artenanzahl (lm, $p < 0,001$, $R^2 = 0.49$). Je ausgeglichener der Anteil der einzelnen Arten, desto mehr Arten kommen vor. Seine Evenness wird im Model-Averaging ähnlich wie die Artenanzahl hochsignifikant von Ertragsanteilen der Gräser, *Lolium perenne* und der Wertzahl (jeweils $p < 0,001$) erklärt und sie blieben jeweils in allen Modellen enthalten (Tabelle 2). Darüber hinaus konnte jedoch kein signifikanter Effekt erklärender Variablen festgestellt werden.

Tabelle 2: Model-Averaging Ergebnistabelle. Dargestellt sind das Interzept, die als Kontrast zum Interzept zu lesenden mittleren Regressionskoeffizienten der erklärenden Variablen des 95 % Konfidenz-Sets (MA koef.), die Importance (Imp., < 0.7 in **fett**) sowie Signifikanzniveau (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$)

	Artenzahl			Shannon Evenness		
	MA koef.	Imp.	p	MA koef.	Imp.	p
Interzept	18,42			0,738		
Ertragsanteil Gras	-3,98	1,00	***	-0,095	1,00	***
Ertragsanteil Leguminosen	0,29	0,22		-0,021	0,64	
Ertragsanteil <i>Lolium perenne</i>	-2,79	1,00	***	-0,072	1,00	***
Stickstoffzahl ¹	-0,04	0,23		-0,001	0,23	
Gewichtete Wertzahl ²	-2,40	0,99	**	-0,066	1,00	***
ha Grobfutterfläche für Milchvieh	-0,22	0,27		0,002	0,25	
Grünlandanteil (%) an LN	2,36	1,00	***	0,007	0,39	
Anteil beweideten Grünlands (%) am Gesamtgrünland	-0,63	0,53		0,002	0,26	
Anteil Futterkomponenten (%) aus Grünland in Ration	0,01	0,22		0,002	0,25	
Milchbetonung der Herde	-1,52	0,88		0,007	0,38	
kg Milch je Kuh und a ⁻¹	< 0,01	0,24		< 0,001	0,35	
kg Grobfutter-Milch je Kuh a ⁻¹	< 0,01	0,26		< 0,001	0,64	
kg Milch je ha Grobfutterfläche für Milchvieh	< 0,01	0,25		< 0,001	0,37	
kg Grobfutter-Milch je ha Grobfutterfläche für Milchvieh	< 0,01	0,27				

¹ Stickstoffzahl nach den ökologischen Zeigerwerten von Ellenberg (1991)

² Bestandswertzahl nach Briemle (1997)

Hohe Anteile wertvoller Futtergräser und insbesondere *Lolium perenne* stehen in negativem Zusammenhang mit der Artenzahl und Diversität einer Fläche. Dies lässt sich über ihre Dominanz erklären, die wenig Raum für höhere Anteile weiterer Arten lässt, was die Analyse der Shannon-Evenness bestätigt. Die Dominanz einzelner Arten ist letztlich auf die Flächenbewirtschaftung zurückzuführen. Hohe Bewirtschaftungsintensität und gute Nährstoffverfügbarkeit sind für ihre Schlüsselrolle in der Ausprägung der Artenvielfalt bekannt (Bullock *et al.* 2007, Wrage *et al.* 2011). Auch in der ökologischen Grünlandwirtschaft besteht eine Variabilität der Bewirtschaftungsintensität. Eine auf hohe Milchleistung abzielende Grünlandwirtschaft strebt hohe Futterwerte an und stellt diese über hohe Anteile wertvoller Futtergräser wie *Lolium perenne* sicher. Indirekt kann also der eingangs dargestellte Zusammenhang von Artenvielfalt und Milchleistung bestätigt werden, die diese Arten, hier insbesondere wertvollen Futtergräser fördert (Pötsch 2009).

Ein interessanter Aspekt ist der positive Zusammenhang des Anteils Grünland an der LN und der mittleren Artenvielfalt des Betriebes. Bei einem höheren Anteil Grünland kann von einer höheren Wahrscheinlichkeit ausgegangen werden, dass sich unter den Flächen auch weniger intensiv bewirtschaftete Restflächen befinden, die auf Betriebsebene zu einer höheren mittleren Artenvielfalt beitragen. Dies gilt es in zukünftigen Analysen zu vertiefen.

Schlussfolgerungen

Auch in ökologischer Milchviehwirtschaft besteht ein genereller negativer Zusammenhang von hoher Milchleistung und Artenvielfalt. Jedoch ist dies kein unmittelbar ursächlicher Zusammenhang – ein komplexeres Wirkungsgefüge bedingt die Ausprägung der Artenvielfalt. Hohe Artenvielfalt und Milchleistung schließen sich also nicht direkt aus.

Ein indirekter Zusammenhang besteht dennoch. Als entscheidend für die Ausprägung der Artenvielfalt konnten direkt Grünland-bezogene Variablen wie die Dominanz von Gräsern und insbesondere *Lolium perenne* aufgezeigt werden. Diese Variablen des Grünlandes sind stark abhängig vom Management, welches ein Produkt komplexer Entscheidungsprozesse ist. Deren Zielrichtung sind im weiteren Sinne die Steigerung der Milchleistung.

Literatur

- Briemle, G. (1997): Zur Anwendbarkeit ökologischer Wertzahlen im Grünland. *Angewandte Botanik*, 71, 219–28.
- Bullock, J.M., Pywell, R.F. und Walker, K.J. (2007): Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 44, 6–12.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. und Paulißen, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18.
- Grueber, C.E., Nakagawa, S., Laws, R.J. und Jamieson, I.G. (2011): Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions. *Journal of Evolutionary Biology*, 24.
- Klapp, E. und Stählin, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart: Ulmer.
- Pötsch, E.M. (2009): Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter. *Lehr- Und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein*, 5–14.
- Weigelt, A., Weisser, W.W., Buchmann, N. und Scherer-Lorenzen, M. (2009): Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences* 6, 1695–1706.
- Wilson, P. (2011): Decomposing variation in dairy profitability: the impact of output, inputs, prices, labour and management. *The Journal of Agricultural Science* 149, 507–517.
- Wrage, N., Strodthoff, J., Cuchillo, H.M., Isselstein, J. und Kayser, M. (2011): Phytodiversity of temperate permanent grasslands: ecosystem services for agriculture and livestock management for diversity conservation. *Biodiversity and Conservation* 20, 3317-39.
- Yachi, S. und Loreau, M. (1999): Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96, 1463–1468.
- Zuur, A.F., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A. und Smith, G. (2009): *Mixed effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York.

