

Ungedüngte Parzellen in Grünlanddauerversuchen sind ungeeignet als statistische Nullparzelle, führen zu falschen Signifikanzen und falschen Schlussfolgerungen

K. Auerswald, H. Schnyder

Technische Universität München, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 85354 Freising,
auerswald@wzw.tum.de

Abstract

Statistical control requires (i) minimal interference and (ii) practical relevance and (iii) – if existent – the previous standard should be used. In fertilizer experiments, all requirements are met best by a manure treatment that minimizes interference by nutrient cycling. In contrast, unfertilized plots are characterized by a strong interference due to the persistent removal of nutrients. Based on an almost 70 year-long fertilizer experiment with eight treatments and two replicates we show that all plots receiving no fertilizer or only mineral fertilizer had lower yields than the manure treatment despite in part large nutrient surpluses. This may either be due to the missing replacement of micronutrients if only NPK mineral fertilizers are applied or it may be caused by the 16% higher bulk density (decreasing soil aeration) of the soils that had only received mineral fertilizer.

If the unfertilized treatment would have been used as control, the opposite conclusion would have been drawn. All mineral fertilizer treatments would have been misinterpreted as appropriate to increase yield. We wonder, if the widespread application of mineral fertilizers leading to high nutrient surpluses on forage farms are partly caused by wrong advice that results from the use of unfertilized plots as statistical control. This practice is neither statistically nor agronomically justified.

Einleitung und Problemstellung

Bei der statistischen Auswertung von Grünlanddüngungsversuchen werden die ungedüngten Parzellen häufig als Nullparzelle oder statistische Kontrolle verwendet. Dies ist falsch, denn Nullparzellen sollten keine Behandlung erfahren, was ungedüngte Parzellen in besonderem Maße nicht erfüllen, da von ihnen langfristig Nährstoffe entzogen werden, ohne dass sie ersetzt werden. Ihre Behandlung wird besser als Aushagerung bezeichnet.

Zudem ist Voraussetzung für eine statistische Kontrolle, dass sie in der Praxis vorkommt (Bailey 2008). Aushagerung wird höchstens im Naturschutz verfolgt, nicht aber in der landwirtschaftlichen Praxis. Beide Forderungen, nach einer möglichst geringen Einflussnahme und nach dem Vorkommen in der Praxis, werden dagegen am besten durch Stallmistparzellen erfüllt, da dabei die Nährstoffe im Kreislauf geführt werden.

Zum Dritten ist, z.B. bei der Prüfung eines neuen Wirkstoffs, nicht der Vergleich mit einer unbehandelten Gruppe anzustellen, sondern die Behandlung mit dem bisherigen Wirkstoff hat als Kontrolle zu dienen. Auch wenn diese Forderung vor allem ethisch begründet wird (Bailey 2008), wird sie von Stallmistparzellen ebenfalls erfüllt.

Im Folgenden wird an Hand eines fast 70-jährigen Dauerdüngungsversuches gezeigt, dass Mineraldüngung, auch wenn sie Mehrerträge gegenüber einer Aushagerungsparzelle erreicht, in den meisten Fällen zu einem Minderertrag gegenüber der Stallmistparzelle führt oder sich zumindest nicht signifikant von der Stallmistparzelle unterscheidet.

Material und Methoden

Auf einem humusreichen Auenboden mit einem *Molinietum caeruleae* am Westrand Freisings (Veitshof) wurde 1951 durch Schropp und König ein Düngungsversuch angelegt (Maaf-Roudpichi 1969) und durch den Lehrstuhl für Grünlandlehre seit 1969 betreut. Er besteht aus acht Behandlungen (Tab. 1), in denen die Düngung und gleichzeitig die Zahl der Schnitte dem Ertragsniveau entsprechend variiert wurden, um einen realitätsnahen Ansatz zu erreichen und das durch die Düngung ermöglichte Potential hinsichtlich Ertrag und Futterqualität bestmöglich auszuschöpfen. Die Parzellengröße betrug 5 x 5 m². Von den ursprünglich sechs Wiederholungen existierten 2014 nur noch zwei. Für sie wurden für fünf Jahre (2014 bis 2018) Nährstoffsalden berechnet und die Erträge ausgewertet. Die Nährstoffsalden berücksichtigten die Zufuhr durch Düngung, biologische N-Bindung und trockene, nasse und gasförmige Deposition und die Abfuhr mit dem Erntegut. Zusätzlich wurde die Trockenraumdichte im Oberboden (5 bis 10 cm Tiefe) mit je vier Stechzylindern (à 100 cm⁻³) auf jeder Parzelle gemessen.

Tab. 1: Düngermengen (in kg ha⁻¹ a⁻¹ Reinnährstoff) und Anzahl der Schnitte (a⁻¹) der acht Behandlungen. Verwendet werden Ammoniumsulphat (N), Superphosphat (P) und 50er / 40er Kali (K); sie werden auf zwei bis drei Gaben (je nach Anzahl der Schnitte) verteilt.

Behandlung	Mineraldünger			Stallmist oder Kompost			Gesamt N	Schnitte
	N	P	K	N	P	K		
Aushagerung	0	0	0	0	0	0	0	1
PK	0	43	208	0	0	0	0	3
NK	100	0	208	0	0	0	100	2
NPK	100	43	208	0	0	0	100	3
NP	100	43	0	0	0	0	100	2
Stallmist	0	0	0	80	35	100	80	3
Stallmist + NPK	100	43	208	80	35	100	180	4
Kompost	0	0	0	281	56	177	281	3

Ergebnisse und Diskussion

Die Stallmistvariante hatte eine ausgeglichene N-Bilanz während der N-Saldo bei allen Varianten einschließlich der Aushagerungsvariante positiv war (bis zu 40 kg ha⁻¹ a⁻¹ bei der NP-Variante), da selbst ohne N-Zufuhr die symbiontische N-Bindung und die Deposition mehr lieferten als bei der Ernte abgefahren wurden. Auf N wird daher nicht weiter eingegangen.

Die Aushagerungsvariante hatte ein negatives P- und K-Saldo (Abb. 1). Wegen des 69-jährigen Entzugs waren allerdings die Erträge der Aushagerungsvariante so gering (Mittel nur 2,7 t ha⁻¹ a⁻¹; Standardabweichung 0,6 t ha⁻¹ a⁻¹), dass auch der Entzug von P und K gering ausfiel. Die NP- und NK-Varianten hatten nur bei dem nicht gedüngten Nährstoff einen negativen Saldo. Alle anderen Düngevarianten hatten ein positives Nährstoffsaldo, wobei Stallmist auch bei P und K sehr nahe bei Null lag. Damit hatte die Stallmistvariante weitgehend einen geschlossenen Nährstoffkreislauf und stellte einen nur minimalen Eingriff dar. Sie erfüllte daher alle Voraussetzungen, die an eine statistische Kontrolle zu stellen sind.

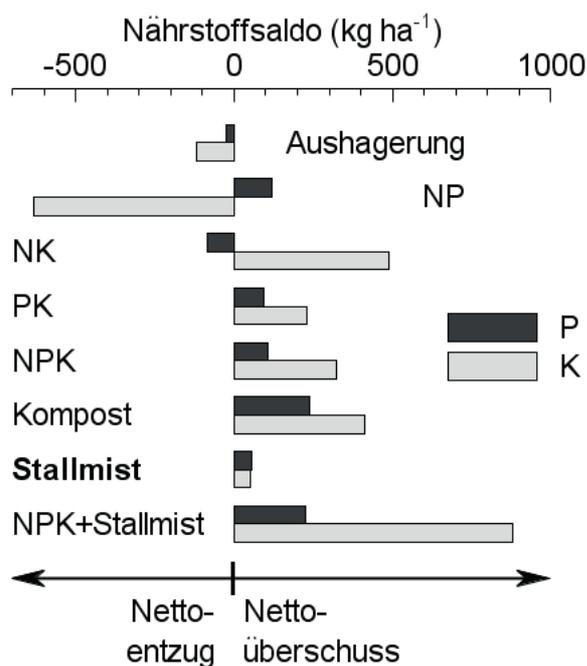


Abb. 1: Nährstoffbilanzsaldo (P, K) von 8 Düngevarianten (Summe über fünf Jahre)

Um die witterungsbedingt unterschiedlichen Ertragsniveaus der einzelnen Jahre auszugleichen, wurden die Erträge der übrigen Varianten als Differenz zum mittleren Ertrag der Stallmistvariante des jeweiligen Jahres berechnet (Abb. 2). Dabei hatten alle Varianten außer der Stallmist+NPK-Variante niedrigere Erträge als die Stallmistvariante, selbst wenn N, P und K gleichzeitig positive Salden aufwiesen.

Über die Gründe, warum das Nährstoffangebot der Mineraldünger nicht ausgeschöpft wurde, kann nur spekuliert werden. Zwei Gründe bieten sich an. Zum einen werden durch Stallmist alle entzogenen Nährstoffe zurückgeführt, während die Mineraldünger nur N, P und K liefern. Nährstoffdefizite bei Mikronährstoffen sind daher bei reiner Mineraldüngung langfristig wahrscheinlich. Zum anderen wiesen alle Mineraldüngervarianten außer der NP-Variante hohe K-Überschüsse von bis zu $900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ innerhalb von fünf Jahren auf. Hochgerechnet auf 69 Jahre Versuchslaufzeit entspricht dies Überschüssen von bis zu 12 t ha^{-1} . Die Zufuhr von Salzen, insbesondere hohe Anteile der einwertigen Kationen Kalium und Natrium, schwächen bekanntlich die Aggregatstabilität von Böden (Auerswald et al. 1996). Dementsprechend war die Trockenraumdichte im Oberboden bei den ausschließlich mineralisch gedüngten Parzellen deutlich höher ($0,80 \text{ g cm}^{-3} \pm 95\text{-Vertrauensbereich } 0,02 \text{ g cm}^{-3}$) als bei den ausschließlich organisch gedüngten Parzellen ($0,69 \text{ g cm}^{-3} \pm 0,05 \text{ g cm}^{-3}$). Die Stallmist+NPK-Variante, die den höchsten K-Überschuss hatte, nahm eine Mittelstellung ein ($0,74 \text{ g cm}^{-3} \pm 0,05 \text{ g cm}^{-3}$), vermutlich wegen der Wirkung des Stallmists.

Schlussfolgerungen

An Hand eines fast 70-jährigen Dauerdüngungsversuches wird bestätigt, dass Mineraldüngung zwar Mehrerträge gegenüber einer Aushagerungspartelle erbrachte. In den meisten Fällen führte sie aber zu einem Minderertrag gegenüber der Stallmistpartelle oder brachte zumindest keinen signifikanten Mehrertrag gegenüber der Stallmistpartelle, bei der die Nährstoffzufuhr ausgeglichen war. Die verbreitete Vorstellung, dass Grünland mit Mineraldünger gedüngt werden sollte, dürfte wesentlich auch auf der statistisch fehlerhaften Auswertung von Düngungsversuchen beruhen, die Aushagerungsvarianten fälschlich als Nullvarianten verwendet. Die enormen positiven Nährstoffsalde der Landwirtschaft beruhen damit zumindest zum Teil auf einer falschen Beratung, die wiederum auf einer statistisch und fachlich fehlerhaften Auswertung von Düngeversuchen fußt.

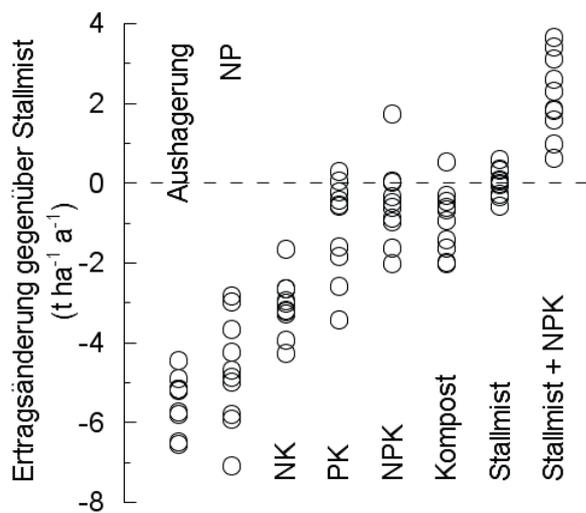


Abb. 2: Ertragsänderung der geernteten Trockenmasse im Vergleich zur Stallmist-Variante. Je Variante liegen 10 Messwerte vor (2014 bis 2018, je zwei Parzellen). Bei der Stallmistvariante beträgt der mittlere Ertrag $8,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und seine Standardabweichung $1,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Literatur

Auerswald, K., Kainz, M., Angermüller, S., Steindl, H. (1996): Influence of exchangeable potassium on soil erodibility. *Soil Use Mangem.* 12: 117-121.

Bailey, R. A. (2008): *Design of comparative experiments.* Cambridge University Press.

Maaf-Roudpichi, S. M. (1969): *Untersuchungen über Pflanzenbestände und Leistungen des Dauergrünlandes auf dem Versuchsgut Veitshof.* Dissertation TU München.