

Luzerneetablierung auf leichten Sandstandorten ?

Herrmann, A.¹, Pils, M.¹, Wiermann, C.², Hinrichsen, H.C.², Ingwersen, B.³ & Taube, F.¹

¹ Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel, 24118 Kiel

² Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 24768 Rendsburg

³ Norddeutsche Pflanzenzucht, Hans Georg Lembke KG, 24363 Holtsee

aherrmann@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Der Ackerfutterbau mit Leguminosen in Rein- oder Mischbeständen gewinnt im Hinblick auf die EU-Agrarreform an Interesse. Die betrifft sowohl den Aspekt der Anbaudiversifizierung als auch die Anrechnung ökologischer Vorrangflächen, wobei Rotklee und Luzerne die für den Ackerfutterbau relevantesten Kulturen aus dem Portfolio der stickstoffbindenden Pflanzen sind. Im nordwestdeutschen Raum stellt Rotklee einen Hauptbestandteil von Kleegrasmischungen dar. Auch Luzerne, charakterisiert durch hohe Rohproteingehalte, kann zum Ersatz von Eiweißkonzentratfuttermitteln beitragen und die hohe Strukturwirkung wirkt sich insbesondere in stärkereichen Rationen positiv auf die tierische Leistung aus (BULANG *et al.*, 2011; ETTLE *et al.*, 2011). In Nordwestdeutschland kommt dem Anbau von Luzerne jedoch keine große Bedeutung zu, hauptsächlich aufgrund ihrer Ansprüche an den pH-Wert des Bodens (MAHONEY *et al.*, 1981). Geringe pH-Werte führen u.a. zu einer reduzierten N-Fixierung, die Nodulierung kann jedoch durch Kalkgaben signifikant gesteigert werden, wie Untersuchungen aus Australien und Amerika belegen (HOYT *et al.*, 1987; RICHARDSON *et al.*, 1988).

Ziel eines in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und der Norddeutschen Pflanzenzucht durchgeführten Projektes war es daher, den Effekt einer Kalkung (ohne, Kopfkalkung, Kalkeinarbeitung) auf den Erfolg der Luzerneetablierung auf einem leichten Sandstandort zu analysieren. In der vorliegenden Studie werden Leistungsparameter des Ansaatjahres präsentiert.

Material und Methoden

Die Studie basiert auf einem Feldversuch, der Ende März 2014 in Form einer dreifaktoriellen Blockanlage mit vier Wiederholungen (Parzellengröße 3 m x 8 m) am Standort Schuby (Podsol, pH 4.97), Geest, angelegt wurde. Als Versuchsfaktoren wurden der Bestandestyp (Luzerneineinsaat, Luzerne/Rohrschwengel-Gemenge), die Kalkversorgung (ohne, Kopfkalk, Kalk eingearbeitet) und die Beimpfung von Luzerne mit Rhizobien (mit/ohne) geprüft, siehe Tab. 1. Die Grundnährstoffversorgung erfolgte nach guter fachlicher Praxis (240 kg K₂O ha⁻¹, 83 kg P₂O₅ ha⁻¹, 86 kg MgO ha⁻¹, 70 kg S ha⁻¹, eine N-Düngung in Höhe von 200 kg N ha⁻¹ (100-60-40) wurde lediglich zur Referenz Dt. Weidelgras (Twymax; Kalk eingearbeitet) appliziert, welche im Versuch mitgeführt wurde. Aufgrund stärkerer Verunkrautung erfolgte ein Schröpfungsschnitt am 17.6.2014 und geringe Niederschläge erforderten eine einmalige Bewässerungsgabe von 20 mm im ersten Aufwuchs. Im Etablierungsjahr wurden die Ertragsleistung und Futterqualität in drei Schnitten erfasst (21.7.2014, 3.9.2014, 15.10.2014), sowie im ersten Aufwuchs der Feldaufgang, pH-Wert des Bodens und die Bodenbedeckung (Digitalfotos und Bildanalyse-Software) ermittelt. In ausgewählten Varianten wurde darüber hinaus die Wurzelmasse mittels der ingrowth-core Methode (STEINGROBE *et al.*, 2000) quantifiziert, wobei die Wurzelsäckchen am 16.5. in den Boden eingebracht und zum ersten Schnitt entnommen wurden. Im ausgewaschenen Wurzelmaterial wurde der Rhizobienbesatz durch Auszählung erfasst.

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mittels SAS 9.2 unter Verwendung gemischter Modelle, wobei die geprüften Faktoren und Interaktionen als fix und der Block als zufällig angenommen wurden. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mittels Tukey-Test bzw. t-Test mit Bonferroni-Holm-Adjustierung vorgenommen. Für die Analyse des Effektes der Kalk-Zufuhr auf die Anzahl Wurzelknöllchen wurde aufgrund der Datenstruktur (Nichtnormalverteilung, Varianzinhomogenität) ein Kruskal-Wallis-Test mit anschließenden multiplizitätsadjustierten paarweisen Verglei-

chen nach KONIETSCHKE *et al.* (2012) mittels des Paketes nparcomp (KONIETSCHKE, 2012) in R (2014) durchgeführt.

Tab. 1: Geprüfte Faktoren und Faktorstufen

Faktor	Faktorstufe
1. Bestandestyp	1.1 Luzernereinbestand (Sorte Daphne (früh), 20 kg ha ⁻¹)
	1.2 Luzerne/Rohrschwengel-Gemenge (15 kg ha ⁻¹ Daphne, 20 kg ha ⁻¹ Tower (spät))
2. Kalkversorgung	2.1 ohne
	2.2 Kopfkalkung (15 dt ha ⁻¹ Coccolithenkalk (85% CaCO ₃ , > 90% Reaktivität))
	2.3 Kalk eingearbeitet (15 dt ha ⁻¹ Coccolithenkalk)
3. Rhizobieninokulation	3.1 ohne
	3.2 mit

Ergebnisse und Diskussion

Der pH-Wert des Bodens wurde erwartungsgemäß signifikant von der Kalkzufuhr beeinflusst. Die Varianten mit eingearbeiteter Kalkdüngung wiesen einen Monat nach der Kalkgabe im Mittel über die Bestandestypen und Impfvarianten einen um 0.3 Einheiten höheren pH-Wert auf als die Kontrollvarianten (pH 4.97). Bei den Prüfgliedern, welche eine Kopfkalkung erhielten, wurde der pH-Wert nach Bodentiefen (0-5 cm, 5-20 cm) differenziert. In der obersten Bodenschicht wurde der pH-Wert durch Kopfkalkung auf einen Wert von 5.74 angehoben und war damit signifikant erhöht gegenüber der darunter liegenden Schicht (pH 5.14). Ein Effekt der Rhizobieninokulation war ebenfalls gesichert, mit einem geringeren pH (5.35) in den beimpften im Vergleich zu den nicht beimpften Varianten (pH 5.54). Dies ist vermutlich auf den verbesserten Aufgang der Luzerne nach Kopfkalkung zurückzuführen (Abb. 1) und die durch den höheren Luzerneanteil im Bestand gesteigerte Ausscheidung von Protonen in den Wurzelraum (HINSINGER *et al.*, 2003). Die Varianten Kalkeinarbeitung und Kontrolle wiesen keine Differenzen hinsichtlich des Aufgangs auf

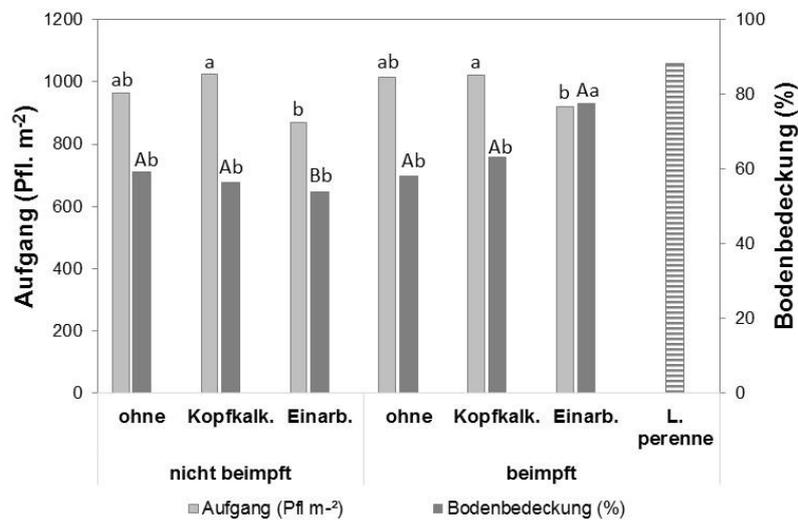


Abb. 1: Einfluss von Rhizobieninokulation und Kalkversorgung auf Aufgang (Pflanzen m⁻²), erhoben vier Wochen nach Saat, und Bodenbedeckung (%) ermittelt am 11.6.2014. Kleinbuchstaben kennzeichnen Mittelwertunterschiede zwischen Kalkvarianten innerhalb einer Impfvariante, Großbuchstaben Mittelwertdifferenzen zwischen Impfvarianten innerhalb einer Kalkbehandlung. Die Bodenbedeckung von Dt. Weidelgras (Referenz) wurde nicht in die statistische Auswertung einbezogen.

Der verbesserte Aufgang nach Kopfkalkung resultierte jedoch nicht in einer erhöhten Bodenbedeckung, welche drei Wochen später ermittelt wurde. Vielmehr wies die Varianzanalyse eine signifikante Interaktion Impfung × Kalkzufuhr aus. Während bei nicht erfolgter Rhizobieninokulation die Art der Kalkzufuhr keinen Effekt auf die Höhe der Bodenbedeckung aufwies, zeigte nach Inokulation die Variante Kalkeinarbeitung eine signifikant höhere Bodenbedeckung als die Kontrolle und

Kopfkalkung. Dies ist vermutlich auf die höhere Abundanz von Rhizobienbakterien in dieser Variante zurückzuführen (Tab. 2). Geringe pH-Werte führen zu einer Störung der Signaltransduktion von Rhizobien und Wirtspflanzen. Eine eingeschränkte Sekretion pflanzlicher Flavonoide verhindert auf Seiten der Rhizobien die Expression von Nodulations-Genen zur Produktion des Nodulationsfaktors (Lipo-Chitooligosaccharide) und resultiert damit in einer Unterbrechung nachgeschalteter Prozesse (FERGUSON *et al.*, 2013). Weiterhin kann die Einwirkung phytotoxischer AI-Formen nicht ausgeschlossen werden, wie die tendenziell reduzierte Wurzelmasse der Varianten ohne Kalk und Kopfkalk andeutet.

Tab. 3: Einfluss der Kalkversorgung auf die Wurzelrockenmasse (dt ha⁻¹) und den Besatz mit Wurzelknöllchen (in 1000 m² u. 30 cm Bodentiefe). Kleinbuchstaben kennzeichnen Mittelwertunterschiede zwischen Kalkvarianten.

	Wurzelmasse (dt ha ⁻¹)	Wurzelknöllchen (Tsd m ² und 30 cm Bodentiefe)
ohne Kalk	6.78 ^a	0 ^b
Kopfkalk	9.82 ^a	37.99 ^a
Kalk eingearbeitet	11.99 ^a	52.81 ^a

Tab. 4: Einfluss von Rhizobieninokulation und Kalkversorgung auf TM-Ertrag (dt ha⁻¹), N-Ertrag (kg N ha⁻¹), Energieertrag (GJ NEL ha⁻¹) und den Anteil nicht angesäter Arten (%) im ersten Aufwuchs (Mittel über Bestandestyp). Kleinbuchstaben kennzeichnen Mittelwertunterschiede zwischen Kalkvarianten innerhalb einer Impfvariante, Großbuchstaben Mittelwertdifferenzen zwischen Impfvarianten innerhalb einer Kalkbehandlung. Dt. Weidelgras wurde nicht in die statistische Auswertung einbezogen.

	TM-Ertrag (dt ha ⁻¹)	N-Ertrag (kg N ha ⁻¹)	Energieertrag (GJ NEL ha ⁻¹)	Anteil nicht angesäter Arten
nicht beimpft				
ohne Kalk	6.33 ^{Ab}	11.1 ^{Ab}	3.83 ^{Ab}	0.86 ^{Ab}
Kopfkalk	4.90 ^{Ab}	8.9 ^{Ab}	2.95 ^{Ab}	0.86 ^{Ab}
Kalk eingearb.	6.67 ^{Bb}	12.9 ^{Bb}	4.06 ^{Bb}	0.87 ^{Bb}
beimpft				
ohne Kalk	5.92 ^{Ab}	10.7 ^{Ab}	3.56 ^{Ab}	0.78 ^{Ab}
Kopfkalk	7.59 ^{Ab}	16.7 ^{Ab}	4.78 ^{Ab}	0.70 ^{Ab}
Kalk eingearb.	13.65 ^{Aa}	44.2 ^{Aa}	8.69 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}
Dt. Weidelgras	15.42	33.3	10.02	0.57

Der Bestandestyp hatte aufgrund der langsamen Jugendentwicklung des Rohrschwingels (EASTON *et al.*, 1994) keinen Effekt auf die Bodenbedeckung. Folglich war auch kein Effekt des Bestandestyps auf den TM-Ertrag, den N-Ertrag, den Energieertrag und den Anteil nicht angesäter Arten abzusichern, sondern es zeigte sich stets eine signifikante Interaktion von Impfung × Kalkzufuhr. Die Kombination von Rhizobieninokulation und Einarbeitung förderte, wie bereits dargestellt, das Wachstum der Luzerne und führte zu einer Unterdrückung nicht angesäter Arten (Tab. 4). Folglich erzielte diese Variante den höchsten TM-Ertrag. Auch der N-Gehalt war signifikant erhöht, was in einem höheren N-Ertrag resultierte. Ähnliche Effekte wurden von GREWAL (2010) berichtet. Die Energiedichte lag im Mittel bei 6.23 MJ NEL (kg TM)⁻¹ und wurde nicht durch die Prüffaktoren beeinflusst, so dass der Energieertrag die im TM-Ertrag beobachteten Effekte reflektiert. Der Unkrautdruck war relativ stark, was eventuell durch die vorhergehende mehrjährige Nutzung der Fläche als Maisselbstfolge bedingt ist. Insbesondere *Spergula arvensis* und *Chenopodium album*, die sich durch hohe Toleranz gegenüber geringen pH-Werten auszeichnen, wiesen eine hohe Abundanz auf. Rohrschwengel erreichte nur relative geringe Ertragsanteile in den Gemengen von 3-7%.

Auch im Jahres-TM-Ertrag zeigte sich eine signifikante Interaktion von Impfung × Kalkzufuhr, während der Bestandestyp wiederum keinen Effekt hatte. Nur in den beimpften Varianten war eine klare Abstufung (Kalk eingearbeitet > Kopfkalkung > ohne Kalk) erkennbar. Über die Kombination von Beimpfung und Kalkeinwirkung konnte eine ähnliche Ertragsleistung erzielt werden wie mit der im Versuch mitgeführten Dt. Weidelgras-Referenz.

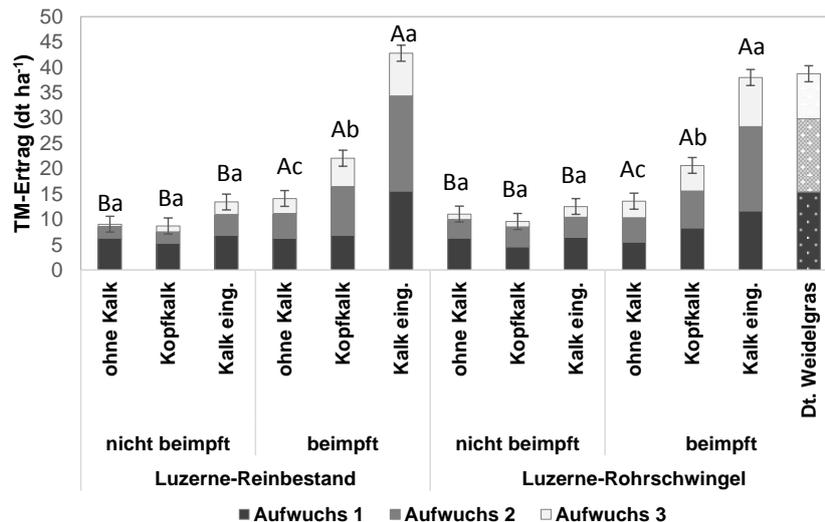


Abb. 2: Einfluss von Bestandestyp, Rhizobieninokulation und Kalkversorgung auf den Jahres-TM-Ertrag (dt ha⁻¹). Kleinbuchstaben kennzeichnen Mittelwertunterschiede zwischen Kalkvarianten innerhalb Impfvariante × Bestandestyp, Großbuchstaben Mittelwertdifferenzen zwischen Impfvarianten innerhalb Kalkbehandlung × Bestandestyp. Dt. Weidelgras wurde nicht in die statistische Auswertung einbezogen.

Schlussfolgerungen

Durch die Kombination von Beimpfung und Kalkeinbringung kann eine sichere Etablierung von Luzerne auch auf leichten Geeststandorten erreicht werden. Die Untersuchungen, insbesondere im Hinblick auf die Durchwurzelungsintensität, werden im ersten Hauptnutzungsjahr weitergeführt.

Literatur

- BULANG, M., KLUTH, H., ENGELHARD, T., SPILKE, J. & RODEHUTSCORD, M. (2006): Studies on the use of lucerne silage as a forage source for high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 89-201.
- EASTON, H.S., LEE, C.K. & FITZGERALD, R.D. (1994): Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37, 405-417.
- ETTLER, T., OBERMAIER, A., WEINFURTNER, S. & SPIEKERS, H. (2011): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage bei der Milchkuh. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/24972_luzernesilage_im_austausch_gg_grassilage.pdf.
- FERGUSON, B.J., LIN, M.-H. & GRESSHOFF, P.M. (2013): Regulation of legume nodulation by acidic growth conditions. *Plant Signaling & Behaviour* 8, e23426.
- GREWAL, H.S. (2010): Alfalfa responses to combined use of lime and limiting nutrients on an acidic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41, 2247-2263.
- HINSINGER, P., PLASSARD, C., TANG, C. & JAILLARD, B. (2003): Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. *Plant and Soil* 248, 43-59.
- HOYT, P.B. and NYBORG, M. (1987): Field calibration of liming responses of four crops using soil pH, Al and Mn. *Plant and Soil* 102, 21-25.
- KONIETSCHKE, R. (2012): Package 'nparcomp'. <http://cran.r-project.org/web/packages/nparcomp/nparcomp.pdf>.
- KONIETSCHKE, R., HOTHORN, L.A. & BRUNNER, E. (2012): Rank-based multiple test procedures and simultaneous confidence intervals. *Electronic Journal of Statistics* 6, 738-759.
- MAHONEY, G.P., JONES, M.R. & HUNTER, J.M. (1981): Effect of lime on lucerne in relation to soil acidity factors. In *Proceedings of the 14th International Grasslands Congress*, 299-302, Lexington, Ky.
- RICHARDSON, A.E., HENDERSON, A.P., JAMES, G.S. & SIMPSON, J.R. (1988): Consequences of soil acidity and the effect of lime on the nodulation of *Trifolium subterraneum* L. growing in an acid soil. *Soil Biology & Biochemistry* 20, 439-445.
- STEINGROBE, B., SCHMID, H. & CLAASEN, N. (2000): The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops – influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163, 617-622.