



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 98 | Ausgabe 2

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Langzeitbeobachtung von Leguminosen-Nachsaaten im Dauergrünland

Einfluss von Nachsaat-Zeitpunkt, Leguminosen-Art, Saatmenge und Wiederholung der Maßnahme

Karin Weggler, Ulrich Thumm und Martin Elsäßer

1 Einleitung

Deutschland, und weitere Länder in Europa, produzieren immer mehr Fleisch- und Milchprodukte und importieren aus diesem Grund signifikante Mengen an Sojabohnen und Sojaschrot, um die Eiweißversorgung dieser Nutztiere sicher zu stellen. Diese Sojaimporte, meist aus Südamerika, wurden in den letzten Jahren zunehmend kritisch beurteilt, weil einerseits genverändertes Soja den Markt dominiert und andererseits die zunehmende Nachfrage nach Sojaprodukten mit der Rodung von Regenwald in Südamerika in direktem Zusammenhang gebracht wird (Stockinger und Schätzl 2012).

Eine erhöhte, lokale Eiweißproduktion wäre durch den vermehrten Einsatz von Futterleguminosen möglich, die entweder im Feldfutterbau oder im Dauergrünland integriert werden müssten. Derzeit wird 38 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Baden-Württembergs als Dauergrünland (Hartmann 2012) genutzt. Allerdings erfüllen die dort geernteten Aufwüchse im Mittel nicht die Erfordernisse an einen ausreichenden Rohprotein (XP)-Gehalt. Laut der Grundfutterreporte des LAZBW (2007-2018) sind in den Grassilagen Baden-Württembergs in der Regel eher geringe XP-Gehalte zu finden. Neben teilweise geringer Stickstoff (N)-Düngung und einem zu späten Schnittzeitpunkt wird als Grund dafür meist die ungünstige Zusammensetzung der Pflanzenbestände genannt. Insbesondere ist in den letzten Jahrzehnten ein steter Rückgang von Leguminosen im Dauergrünland zu verzeichnen (Rochon et al., 2004, Kuhn et al., 2011). Ursache dafür ist wohl der im gleichen Zeitraum gesteigerte Einsatz von N-Düngern, der den Anteil von Leguminosen einschränken kann (Boller und Nosberger 1987, Ledgard et al., 2001, Black et al., 2009, Soegard und Nielsen 2012, Weggler et al., 2019). In den meist grasdominierten Beständen kann mittels verstärkter N-Düngung ein guter Trockenmasse-Ertrag, aber nur ein hinreichender Proteinertrag gesichert werden. Eine Zunahme des Leguminosen-Anteils in diesen Beständen könnte daher die lokale Eiweißproduktion maßgeblich erhöhen und bei gleichzeitigem Verzicht auf mineralische N-Düngung sowohl die Produktionskosten als auch den erforderlichen Energieaufwand deutlich senken.

Leguminosen haben einige, wichtige Vorteile gegenüber Gräsern. Sie haben einen höheren Eiweißgehalt und eine Eiweißzusammensetzung, die für Milchvieh gut verdaulich ist und deren Milchleistung steigern kann (Lüscher et al., 2014, Hennessy et al., 2018). Darüber hinaus sind Leguminosen befähigt den für hohe Eiweißgehalte notwendigen Stickstoff aus Luftstickstoff zu fixieren. Aus der Perspektive der Nachhaltigkeit wird dies immer bedeutender, weil der mineralische N-Dünger durch Zugabe hoher Energiemengen erzeugt werden muss (Woods et al., 2010) und die N Gaben in der Landwirtschaft zunehmend reglementiert und eingeschränkt werden (MLR 2018). Ein N-Eintrag durch die N₂-Fixierung von Leguminosen, der zudem keine N₂O Emissionen bewirkt (Rochette und Janzen 2005, IPPC 2006), wäre daher als ökonomisch und gleichzeitig umweltfreundlich zu bewerten.

Dennoch ist der Anteil an Leguminosen im Grünland meist niedriger als die 15-20 %, die für hohe Ertragsleistungen von nachhaltig stabilen Grünlandbeständen notwendig wären. Auch sind die Anteile oft niedriger als die 30-50 % die zu einer optimalen Ausnutzung der Leguminosen-Leistungen im Boden-Pflanze-Tier-Atmosphäre-System führen würden (Lüscher et al., 2014). Leguminosen sind aus mehreren Gründen oft nicht sehr persistent im Bestand. Unter anderem reduziert eine erhöhte N-Düngung ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber Gräsern, hohe Schnitffrequenzen verhindern die Versamung was sich insbesondere bei zwei bis dreijährigen Arten negativ auswirkt und weiterhin machen kombinierte Umwelt- und Managementstressfaktoren die Pflanzen anfälliger für Schädlinge und Pathogene (Rochon et al., 2004, Beuselink et al., 2013, Lüscher et al., 2014). Um den Leguminosen-Anteil in Gras-dominiertem Grünland erneut zu erhöhen, hat sich die Kleenachsaat als erfolgsversprechende Methode erwiesen (Frame und Laidlaw 2011, Elsässer et al., 2014; Elsässer et al., 2016; Heine et al., 2018) und erste Ergebnisse deuteten an, dass sich Leguminosen in einem bestehenden Grünland effektiv etablieren lassen (Heine et al., 2018).

Welche Leguminosenart für eine Nachsaat geeignet ist und unter welchem Schnittregime sich diese langfristig und nachhaltig durchsetzen könnte, wird allerdings unterschiedlich beurteilt. Weiterhin ist der Einfluss eines frühen oder späten Nachsaattermins auf den Erfolg der Maßnahme noch nicht bekannt. Weitere praxisrelevante Details wie die optimale Saatstärke der jeweiligen Leguminosen-Art müssten für den Anbau ebenfalls noch geklärt werden. Darüber hinaus ist noch offen, ob solch eine Maßnahme mehrfach durchgeführt werden kann. Einige Kleearten zeigen Selbstunverträglichkeit im Feldfutterbau (Kahnt 2008), doch es ist bislang unbekannt, ob dies auch bei Nachsaaten in gemischten Beständen des Dauergrünlandes ein zu berücksichtigender Faktor ist.

Rotklee (*Trifolium pratense* L.), Weißklee (*Trifolium repens* L.), und Luzerne (*Medicago sativa*) sind ertragreiche Leguminosen, die sich aus sehr unterschiedlichen Gründen im heimischen Anbau bewährt haben und mithin für eine Nachsaat prinzipiell in Frage kommen. Um den Einfluss von a) Leguminosen-Art, b) Saatmenge und c) Saattermin auf den Erfolg einer Nachsaat zu testen, wurden mehrfaktorielle Versuche

an zwei Standorten in Baden-Württemberg angelegt. Die Versuche an den Standorten A) Oberschwaben (Aulendorf) mit einer intensiven 5-Schnitt-Nutzung und B) Schwäbische Alb (St. Johann) mit extensiver 3-Schnitt-Nutzung wurden über einen Zeitraum von sieben Jahren beobachtet. Dabei wurden die vorhandenen Grünlandflächen im ersten Jahr und erneut nach fünf Jahren nachgesät. Es sollte geklärt werden, welche Nachsaatmethoden den Leguminosen-Anteil im Bestand signifikant erhöhen, ob Trockenmasse- und/oder Proteinerträge maßgeblich erhöht werden und ob diese Maßnahmen nachhaltig sind oder wiederholt werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsstandorte

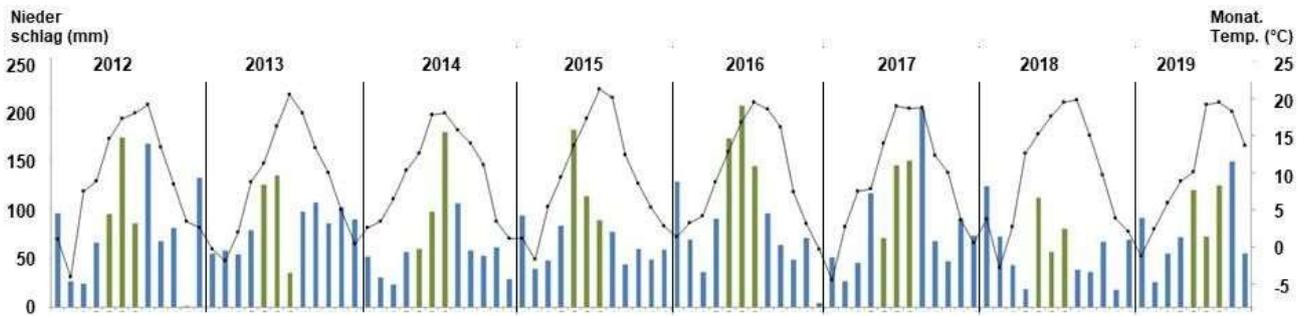
Der Versuchsstandort Oberschwaben (576 m über NN) ist auf einer Parabraunerde auf Geschiebemergel, mit einer Durchschnittstemperatur von 7,3 °C und durchschnittlichem Jahres-Niederschlag von 985 mm, gelegen. Das Grünland ist produktiv und ortsüblich werden 5 Aufwüchse geerntet.

Der Versuchsstandort Schwäbische Alb (720 Höhe über NN) ist auf einer Mergelrendzina aus Kalkverwitterungslehm mit einer Durchschnittstemperatur von 6,3 °C und mittlerem Jahres-Niederschlag von 935 mm gelegen.

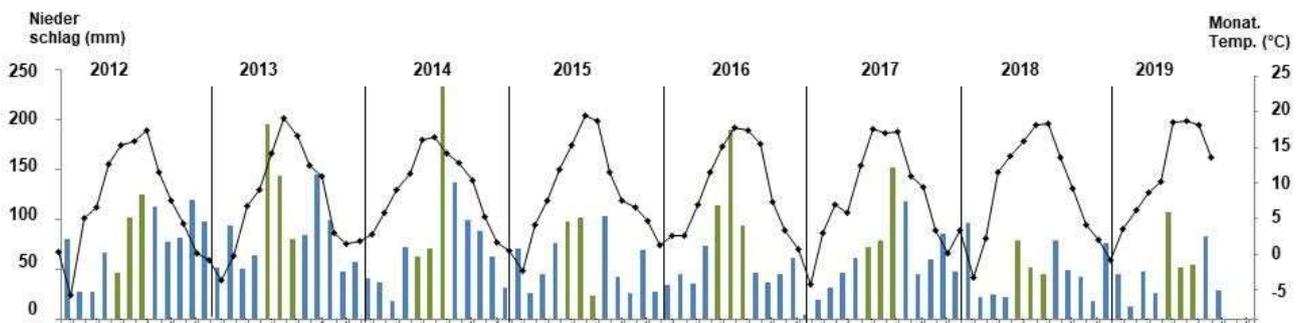
Geprägt durch kühlere Temperaturen wird das Grünland dort ortsüblich nur 3-mal geschnitten. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen und die monatlichen Niederschlagssummen über den Versuchszeitraum sind für beide Standorte in Abbildung 1 gezeigt.

Boden pH-Werte, Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium zu Versuchsbeginn (2012) sind in Tabelle 1 dargestellt.

a)



b)



— Monatl. Durchschnittstemperatur

■ Monatl. Niederschlagssumme

■ Monatl. Niederschlagssumme Mai, Juni, Juli

Abbildung 1: Monatliche Durchschnittstemperaturen und monatliche Niederschlagssummen von 2012 bis 2019 für die Standorte a) Oberschwaben und b) Schwäbische Alb.

Tabelle 1:

Profiltiefe und Boden pH-Werte, Gehalte von pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium bei Versuchsbeginn, 2012, in einer Bodentiefe von 0-10 cm an zwei Versuchsstandorten.

Ort	Profil Tiefe (cm)	pH	Gehalte (mg 100g ⁻¹)		
			P ₂ O ₅ (¹)	K ₂ O (¹)	Mg (²)
Oberschwaben	90	5,3	11,5	9,5	16,6
Schwäbische Alb	30	6,2	43,5	24,0	9,2

(¹CAL Extraktion, ² CaCl₂ Extraktion)

2.2 Versuchsaufbau

Je zwei mehrfaktorielle Versuche wurden an den beiden Standorten nebeneinander angelegt. Bei einem der Versuche erfolgte die erste Nachsaat im Frühjahr, die Zweite im späten Sommer. In Oberschwaben wurde am 19.6.2012 (früh) und am 23.8.2012 (spät) nachgesät. Auf der Schwäbischen Alb wurde am 4.7.2012 (früh) und am 27.8.2012 (spät) nachgesät. In 2017 erfolgte eine erneute Nachsaat auf den identischen Parzellen, in Oberschwaben am 23.5.2017 (früh) und am 7.8.2017 (spät), auf der Schwäbischen Alb am 22.6.17 (früh) und am 14.8.2017 (spät).

Die Behandlungsfaktoren Leguminosen-Art und Saatstärke wurden bei beiden Nachsaaten wie folgt gewählt: *Trifolium pratense* (Saatstärken 10 und 20 kg ha⁻¹, Mischung der Sorten Merula und Milvus), *Trifolium repens* (Saatstärken 6 und 15 kg ha⁻¹, Mischung der Sorten Merlyn und Riesling) und *Medicago sativa* (Saatstärken 10 und 20 kg ha⁻¹, Mischung der Sorten Daphne und Sanditi). Sorten wurden jeweils im Verhältnis 1:1 nach TKG gemischt. Eine Kontrolle ohne Leguminosen-Nachsaat wurde ebenfalls angelegt. Die Versuche haben 3 Wiederholungen mit einer Parzellengröße von 1,25*8m.

2.3 Versuchsdurchführung

Bei der ersten Nachsaat (2012) wurden die Versuchsflächen 3 Wochen vor dem Nachsaattermin mit dem Herbizid Starane behandelt, um vorhandene Kräuter und Leguminosen zu entfernen. Die Herbizidbehandlung wurde bei der zweiten Nachsaat (2017) unterlassen. In beiden Nachsaatjahren wurden die Flächen 1-3 Tage vor der Saat mit einer starren Zinkenegge bearbeitet und die Aussaat erfolgte mit einer Parzellendrimmaschine mit Doppelscheibe. Die Parzellen erhielten im Frühjahr eine PK-Grunddüngung und eine frühjahrsbetonte N-Düngung. Die Düngerraten pro Standort sind in Tabelle 2 gelistet. Die N-Düngung erfolgte in jeweils 3 Teilgaben, in Oberschwaben vor Schnitt 1, 2 und 4 und auf der Schwäbischen Alb vor Schnitt 1, 2 und 3.

Tabelle 2:
Düngergaben an den Versuchsstandorten Oberschwaben und Schwäbische Alb.

Düngung	Jahr	Oberschwaben	Schwäbische Alb
		kg ha ⁻¹	
N	2013	245	145
N	2014-18	123	145
N	2019	80	145
P₂O₅	2014-19	110	0
K₂O₅	2014-19	370	250
MgO	2012	40	70
CaO	2012	195	0
Kalk	2012	2500	0

2.4 Messungen

Zu Vegetationsbeginn wurden die Ertragsanteile aller vorhandenen Pflanzenarten nach Klapp und Stählin (1936) bestimmt. Zusätzlich wurden die Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen (GKL) vor jedem Schnitt bonitiert. Der Trockenmasseertrag der einzelnen Aufwüchse wurde bestimmt und der Gehalt an Rohprotein (XP) mittels nasschemischer Verfahren analysiert. Die gewichteten Proteinkonzentrationen wurden für jede Parzelle als Quotient aus der Summe der Proteinerträge eines Jahres und der Summe der TM-Erträge eines Jahres berechnet.

2.5 Statistische Analysen

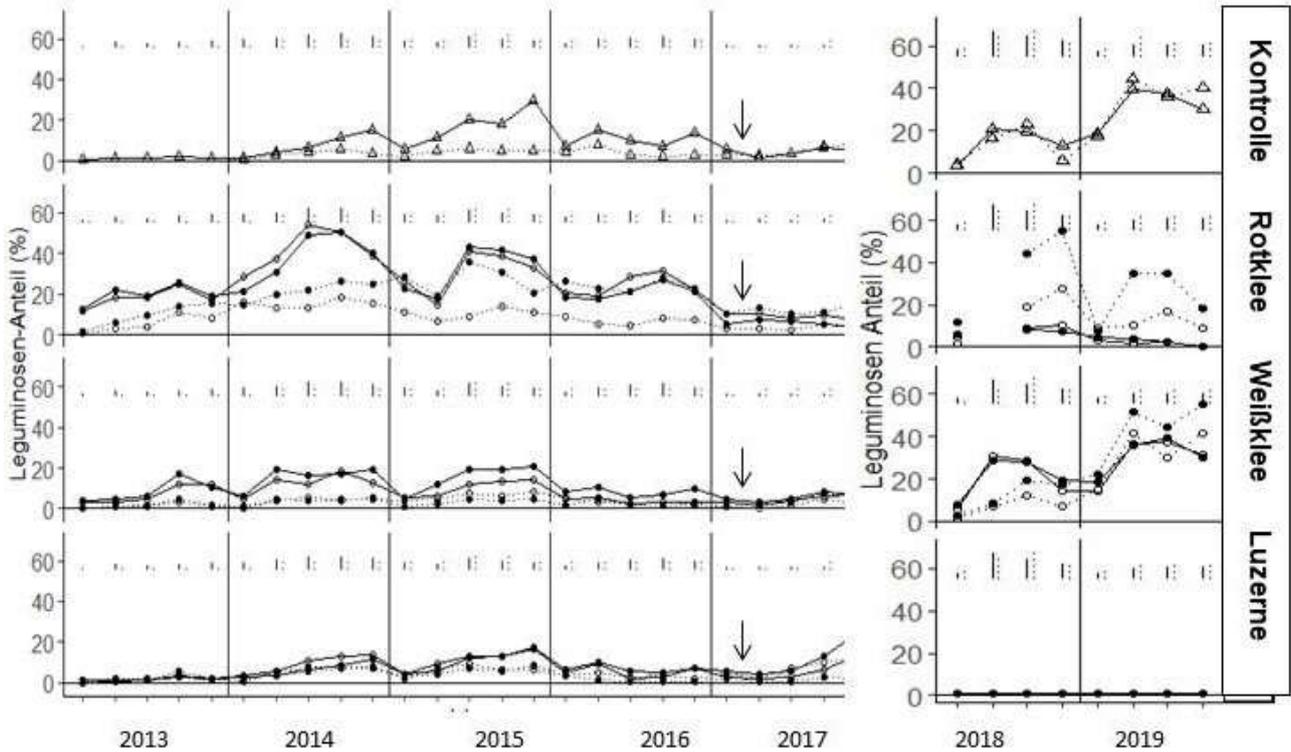
Die statistischen Analysen wurden in R (R development Core Team 2016) durchgeführt. Die Leguminosen-Anteile wurden mittels ANOVA für jedes Jahr einzeln analysiert, wobei ein zeitlich genestetes Design (Schnitte) gewählt wurde. Trockenmasse- und Rohproteinerträge wurden mittels Varianzanalyse (Funktion aov) ebenfalls für jedes Jahr einzeln analysiert. Der Faktor Saatmenge wurde nur berücksichtigt, wenn er signifikant war. Mittelwertvergleiche wurden mit der lsmeans Funktion und 'Tukey' Adaptierung durchgeführt.

3 Ergebnisse

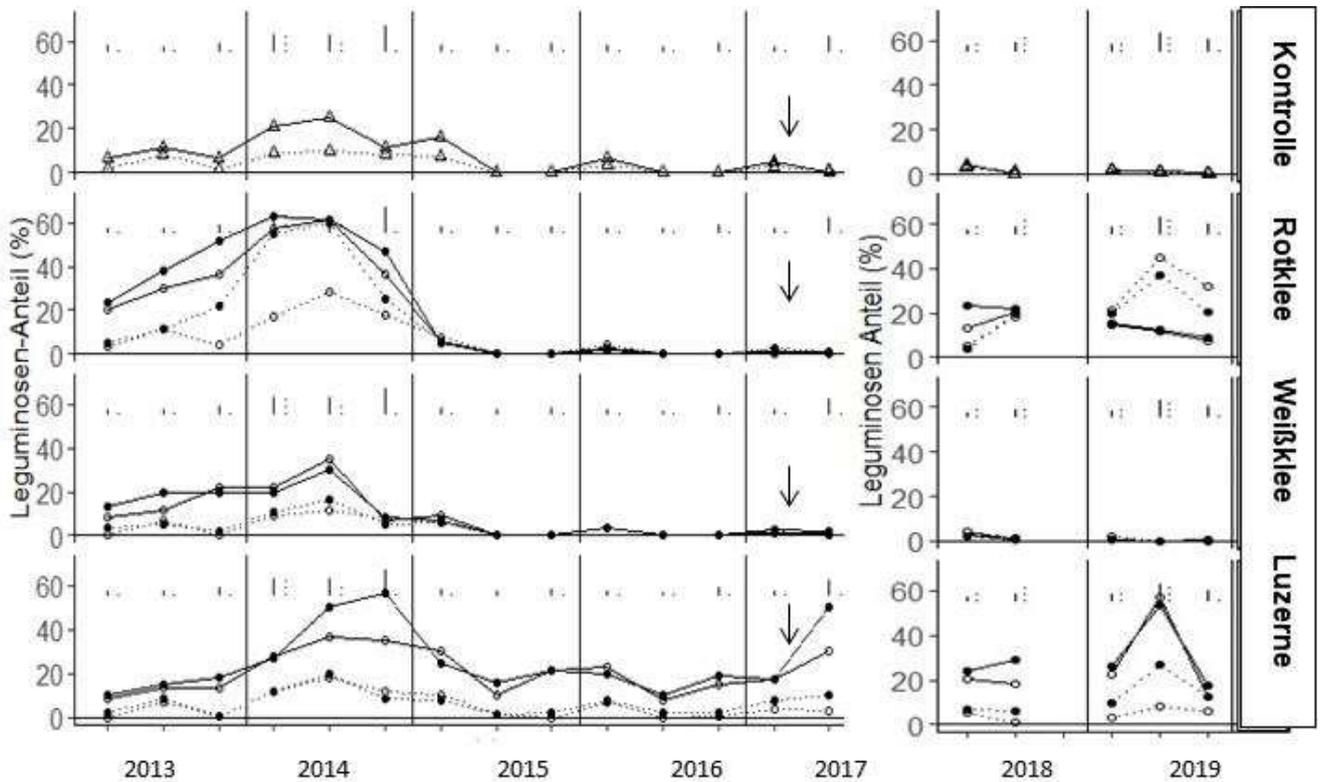
3.1 Leguminosen-Anteil

Die Leguminosen-Anteile nach einer frühen oder späten Nachsaat von Rotklee (RK), Weißklee (WK) und Luzerne (Luz) sind in Abbildung 2 für die beiden Standorte gezeigt. Die Leguminosen-Arten konnten 2012 an beiden Standorten und den zwei Nachsaatterminen unterschiedlich stark etabliert werden. Durch eine RK Nachsaat konnte an beiden Standorten und nach einer frühen oder späten Nachsaat der Leguminosen-Anteil, zumindest für 2 Jahre, signifikant erhöht werden. Sowohl bei einem Drei- sowie einem Fünfschnitt-Management hielt sich der RK für 2 Jahre mit einem hohen Anteil im Bestand. Am Standort Oberschwaben verblieb RK noch ein weiteres Jahr auf mittlerem Niveau im Bestand, wobei die Ertragsanteile dann stärker variierten. Eine erhöhte Saatmenge hatte bei früher RK-Nachsaat keinen messbaren Einfluss während bei einem späten Saattermin, ein deutlicher Unterschied im Leguminosen-Anteil feststellbar war. Nur die erhöhte Saatmenge konnte den RK-Anteil, zwar verzögert aber dennoch effektiv, bei einer späten Nachsaat erhöhen. Im Unterschied dazu konnte WK nur durch eine frühe Nachsaat im Bestand etabliert werden. Bei WK wurde der Leguminosen-Anteil für 2 Jahre zwar signifikant, aber nur bis zu 15 % über das Niveau der Kontrolle erhöht. Die Saatmenge hatte auch bei WK keinen signifikanten Einfluss auf den erzielten Leguminosen-Anteil. Luzerne konnte nur am Standort Schwäbische Alb und nur durch eine frühe Nachsaat erfolgreich etabliert werden. Darüber hinaus hatte auch bei Luz eine Erhöhung der Saatmenge keinen signifikanten Einfluss auf deren Anteil im Bestand.

a)



b)



Nachsaat: früh — spät Saatmenge: niedrig o hoch ●

Nachsaat ↓

Abbildung 2: Leguminosen-Anteile nach einer frühen oder späten Nachsaat von Rotklee, Weißklee, Luzerne oder ohne Nachsaat (Kontrolle) am Standort a) Oberschwaben und b) Schwäbische Alb.

(Standard error pro Jahr, Standort und Schnitt ist angegeben für eine frühe — und späte Nachsaat)

Nach einer erneuten Nachsaat in 2017 zeigten sich sowohl Unterschiede (RK, WK) wie Parallelen (Luz) zu den Ergebnissen der ersten Nachsaat in 2012 (Abbildung 2). Rotklee konnte durch eine frühe Nachsaat 2017 an beiden Standorten nicht erneut etabliert werden, während durch eine späte Nachsaat mit hoher Saatmenge dies erneut möglich war. Weißklee zeigte im Gegensatz zu 2013 am Standort Oberschwaben sowohl in den WK-Parzellen als auch in den Kontrollparzellen einen hohen Anteil im Bestand. Ein starker WK-Bewuchs, ähnlich der Kontrolle, trat auch in den Luz- und RK-Parzellen auf (Daten nicht gezeigt). Der WK-Anteil könnte deshalb entweder auf die Nachsaatmaßnahmen oder alternativ auf eine Förderung des Altbestandes durch Lückenbildung nach dem Trockenjahr 2018 zurückzuführen sein. Am Standort Schwäbische Alb dagegen konnte WK weder in 2017 noch in 2012 etabliert werden. Für Luz zeigten sich nach 2017 ähnliche Ergebnisse wie in 2012 indem durch eine frühe Nachsaat Luz erneut erfolgreich etabliert werden konnte und eine späte Nachsaat ohne Erfolg blieb (Standort Schwäbische Alb).

3.2 Ertragsanteile an Leguminosen, Gras und Kräutern

Die prozentualen Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen zu Vegetationsbeginn für die Jahre 2013 bis 2017 sind in Abbildung 3 für den intensiven Fünf-Schnitt Standort Oberschwaben und den extensiveren Drei-Schnitt Standort Schwäbische Alb gezeigt. Nur Ergebnisse einer frühen Nachsaat wurden dabei berücksichtigt. Die Daten stellen den Zustand zu Vegetationsbeginn dar, vergleichbar mit Schnitt 1 in Abbildung 2. In Oberschwaben hat sich infolge der Nachsaat, vermutlich durch das Eggen, der Kräuteranteil in allen Varianten anfangs reduziert (2013) und später wieder erhöht. Einzige Ausnahme waren die RK-Parzellen, in denen der Kräuteranteil ebenfalls reduziert wurde, dessen Anteil aber auch nach RK-Rückgang auf einem niederen Niveau blieb. Am Standort Schwäbische Alb wurde nach der Nachsaat für ein Jahr ein relativ hoher Kräuteranteil gemessen, der sich in den folgenden Jahren auf das Niveau von etwa 25 % reduzierte. Auch hier bildeten RK-Parzellen eine Ausnahme, indem der Kräuteranteil im zweiten Jahr nach Nachsaat extrem reduziert war. In den Folgejahren pendelte sich der Kräuteranteil, wie auch in den anderen Parzellen auf einem Niveau von 25 % ein, allerdings mit einem hohen Anteil an *Galium album* (Weißes Labkraut 12 %, Daten nicht gezeigt), das in den anderen Parzellen nur in geringerem Maße auftrat (6 %).

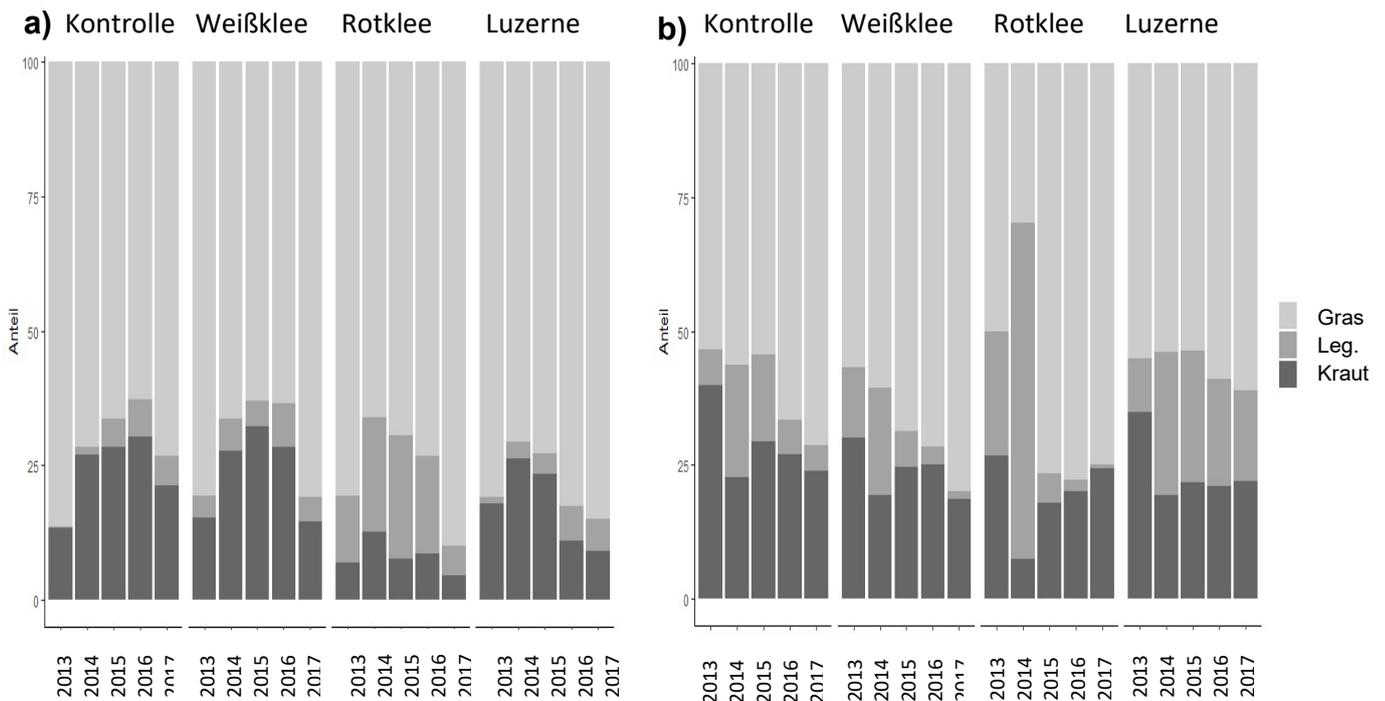


Abbildung 3: Anteil von Kräutern, Leguminosen und Gräsern zu Vegetationsbeginn in den Jahren 2013 bis 2017 nach einer frühen Nachsaat am Standort a) Oberschwaben und b) Schwäbische Alb.

3.3 Trockenmasse-Ertrag

Die Trockenmasse-Erträge pro Aufwuchs und die jährliche Summe der Aufwüchse nach einer frühen Leguminosen Nachsaat sind in

Abb und nach einer späten Nachsaat in Tabelle 3 dargestellt. Erhöhte TM-Erträge der Nachsaat-Parzellen gegenüber der Kontrolle wurden meist über zwei Jahre hinweg gemessen, dies war in Oberschwaben im zweiten und tendenziell im dritten Jahr nach der Nachsaat der Fall, während am Standort Schwäbische Alb dies schon im ersten und zweiten Jahr nach der Nachsaat gemessen wurde. Einzige Ausnahme waren die mit Luz nachgesäten Parzellen auf der Schwäbischen Alb, die vom zweiten bis fünften Jahr nach der Nachsaat nachhaltig verbesserte TM-Erträge gegenüber der Kontrolle lieferten.

Mit RK nachgesäte Parzellen lieferten die höchsten Trockenmasse-Erträge an beiden Standorten. Gegenüber der Kontrolle waren die Erträge um etwa 10 dt ha^{-1} im produktivsten Jahr erhöht. Dies zeigte sich nach einer frühen Nachsaat unabhängig von der Saatmenge, während bei einer späten Nachsaat nur durch eine hohe Saatmenge vergleichbare Trockenmasse-Erträge erzielt werden konnten. Rotklee war die einzige Leguminosen-Art, die nach einer späten Nachsaat die Erträge signifikant erhöhte, während bei Luz und WK-Nachsaaten dies nicht der Fall war. Bei WK-Nachsaaten (früh) blieben die Erträge auf ähnlichem Niveau wie die Erträge der Kontrolle und dies an beiden Standorten. Am Standort Oberschwaben war im zweiten Jahr eine positive Tendenz zu erkennen.

Eine Luz-Nachsaat bewirkte einen signifikanten Trockenmasse-Mehrertrag am Standort Schwäbische Alb, der im zweiten Jahr nach Nachsaat am höchsten und noch bis zum fünften Folgejahr signifikant messbar war. Am Standort Oberschwaben wurde der TM-Ertrag durch eine Luz-Nachsaat nicht beeinflusst. Die Erhöhung der Saatmenge hatte bei einer frühen Nachsaat aller drei Leguminosen keinen signifikanten Einfluss auf den TM-Ertrag.

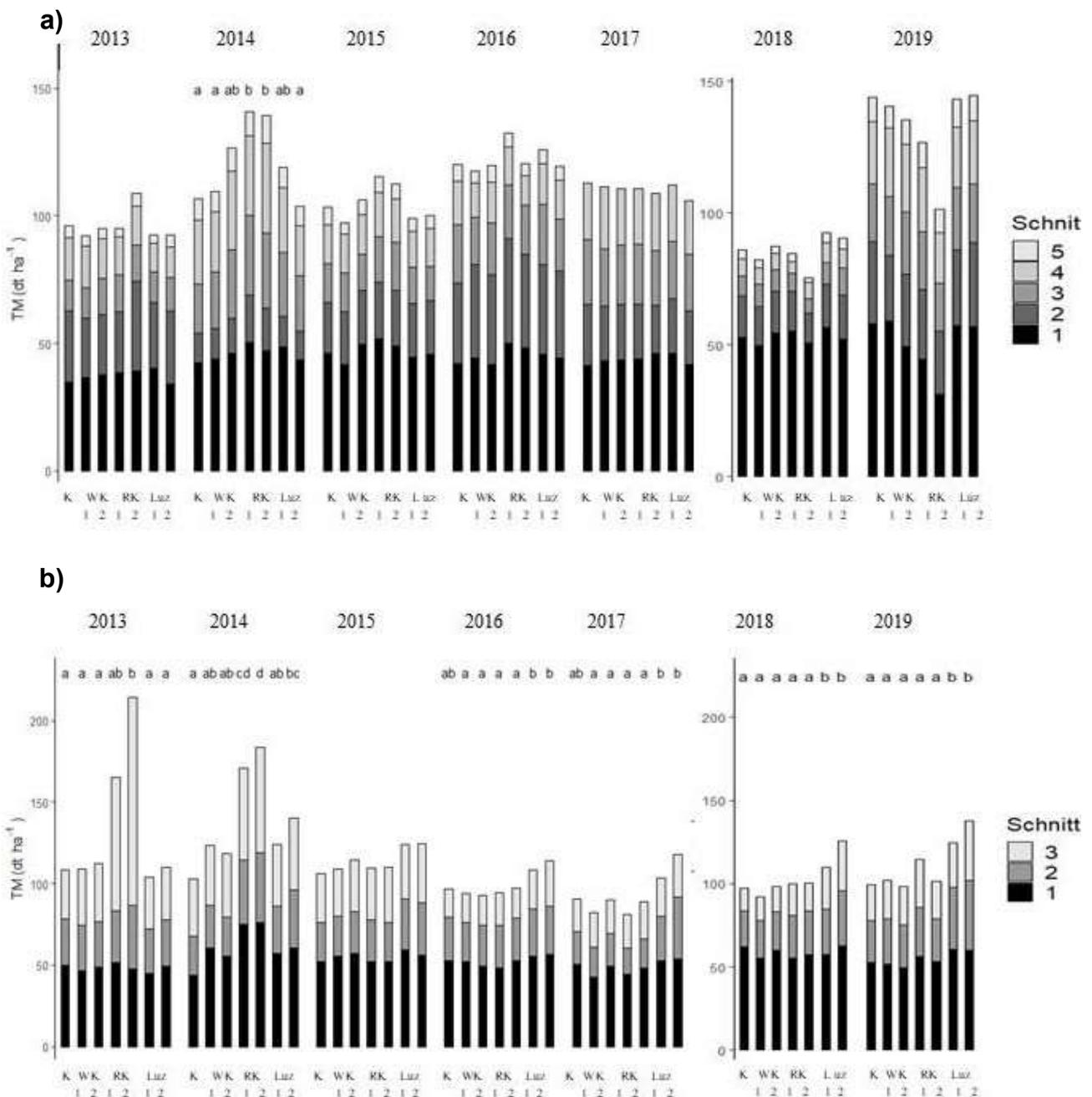


Abbildung 4: Jährliche Trockenmasse-Erträge über 7 Jahre nach Leguminosen-Nachsaat beeinflusst durch Leguminosen-Art und Saatmenge a) am Standort Oberschwaben und b) am Standort Schwäbische Alb.

(Kontrolle=K, Weißklee=WK, Rotklee=RK, Luzerne=Luz, Saatmenge niedrig=1 hoch=2).

(Behandlungen innerhalb eines Jahres mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich bei P<0,05)

Trockenmasse-Mehrerträge über drei Jahre nach einer Nachsaat, also Erträge die über den Ertrag der Kontrolle hinausgehen, sind in Tabelle 4 aufgelistet. Eine RK-Nachsaat bewirkte nach einer frühen oder späten Nachsaat drei-jährige TM-Mehrerträge von 40 und 43 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ am Standort Oberschwaben und von 159 und 59 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ am Standort Schwäbische Alb. Eine frühe Luz-Nachsaat erzielte drei-jährige TM-Mehrerträge von nur 46 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ aber fünf-jährige Mehrerträge von 80 dt ha⁻¹ 5 Jahre⁻¹ (Standort Schwäbische Alb). Die Saatmenge wurde bei diesen Berechnungen nicht berücksichtigt, da sie, wie erwähnt, meist keinen Einfluss auf den Ertrag zeigte, mit Ausnahme der späten Nachsaaten von RK. Die zweite Nachsaat in 2017 bewirkte bei einer frühen Nachsaat mit Luz signifikante Mehrerträge im zweiten Jahr nach der Maßnahme (Standort Schwäbische Alb). Im Gegensatz dazu zeigten sich in den früh nachgesäten RK-Parzellen in 2018 signifikante Ertragsminderungen im zweiten Jahr nach der Maßnahme (Standort Oberschwaben).

Tabelle 3:

Auswirkungen einer späten Leguminosen-Nachsaat auf den Trockenmasse-Ertrag (dt ha⁻¹) über 5 Jahre (2013-2017) beeinflusst durch Leguminosen-Art (Kontr. =Kontrolle, Weißklee=WK, Rotklee=RK, Luz=Luzerne) und Saatmenge (1=niedrig, 2=hoch) an den Standorten Oberschwaben und Schwäbischen Alb.

Behandlungen innerhalb eines Jahres und Standortes mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich bei P<0,05.

Jahr	Kontr.	WK		RK		Luz	
		1	2	1	2	1	2
TM (dt ha⁻¹)							
Oberschwaben							
2013	81,3	89,5	94,2	95,6	86,6	90	91,9
2014	103,5 ^{ab}	98,1 ^a	98,4 ^a	112,0 ^b	119,8 ^b	106,8 ^{ab}	102,8 ^{ab}
2015	90,8	82,2	87,7	97,0	120,5	99,3	85,6
2016	123,4	123,8	114,1	126,2	130,5	124,6	121,3
2017	110,9	107,0	99,2	113,3	113,3	112,1	93,6
2018	82,5	82,1	79,1	84,5	94,4	85,9	76,5
2019	117,0	118,9	129,1	115,7	132,7	127,1	104,3
Schwäbische Alb							
2013	136,6 ^{ab}	106,9 ^a	108,8 ^a	139,3 ^b	142,4 ^b	108,1 ^{ab}	116,0 ^{ab}
2014	122,0 ^{ab}	106,8 ^a	101,7 ^a	171,0 ^b	193,9 ^b	121,7 ^a	107,0 ^a
2015	106,0	102,8	102,1	105,3	96,5	111,6	111,7
2016	96,7	94,0	94,8	94,9	90,1	90,6	97,5
2017	87,1	76,1	78,8	77,4	76,5	79,0	91,1
2018	108,9	109,8	101,4	113,7	102,4	101,2	114,6
2019	110,5	99,3	104,8	117,5	103,6	102,3	120,4

Tabelle 4:

Summierte Trockenmasse- und Rohprotein-Mehr-Erträge über drei Jahre (2013-2015) beeinflusst durch Nachsaat von Rotklee (RK), Weißklee (WK) und Luzerne (Luz) abzüglich der Werte einer nicht nachgesäten Kontrolle (Kontr.) an den Standorten Oberschwaben (O.Schwaben) und Schwäbische Alb (Schw. Alb).

Behandlungen innerhalb eines Jahres und Standortes mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich bei $P < 0,05$.

Standort	Nachsaat	Jahre	Kontr.	WK	RK	Luz
<i>TM- Mehrertrag (dt ha⁻¹)</i>						
O.Schwaben	früh	3	0 ^a	7,6 ^a	43,4 ^b	-2,3 ^a
O.Schwaben	spät	3	0 ^{ab}	-0,6 ^a	40,2 ^b	12,6 ^{ab}
Schw. Alb	früh	3	0 ^a	25,7 ^a	159,6 ^b	46,1 ^a
Schw. Alb	spät	3	0 ^{ab}	-50,1 ^a	59,6 ^b	-26,6 ^a
<i>XP- Mehrertrag (dt ha⁻¹)</i>						
O.Schwaben	früh	3	0 ^a	0,7 ^a	9,8 ^b	-2,0 ^a
O.Schwaben	spät	3	0 ^a	0,9 ^a	9,4 ^b	2,9 ^a
Schw. Alb	früh	3	0 ^a	4,8 ^a	20,2 ^b	8,3 ^a
Schw. Alb	spät	3	0 ^a	-2,2 ^a	10,6 ^b	0,3 ^a

3.4 Protein-Ertrag

Durch Leguminosen-Nachsaaten wurden auch die Proteinerträge signifikant erhöht, was die aufsummierten Mehrerträge an Protein über drei Jahre zeigen (Tabelle 4). Proteinerträge über drei Jahre waren gegenüber der Kontrolle deutlich um 9,8 und 9,4 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ nach einer frühen oder späten RK-Nachsaat in Oberschwaben und um 20,2 und 10,6 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ nach einer frühen oder späten RK-Nachsaat auf der Schwäbischen Alb erhöht. Die Proteinerträge nach einer frühen Luz-Nachsaat auf der Schwäbischen Alb waren nach drei Jahren zwar nur um 8 dt ha⁻¹ 3 Jahre⁻¹ erhöht, mit weiteren Mehrerträgen in den folgenden Jahren summierten sich diese nach 5 Jahren allerdings auf 14,7 dt ha⁻¹ 5 Jahre⁻¹ gegenüber der Kontrolle. Die Saatmengen hatten an beiden Standorten keinen signifikanten Einfluss auf den Proteinertrag. Erzielte Proteinerträge spiegeln im großen Maße die Resultate der TM-Erträge wider, sind im Ausmaß aber etwas stärker, da die Proteinkonzentrationen des Erntegutes teilweise ebenfalls erhöht waren (Tabelle 5). Dargestellt sind die gewichteten Proteinkonzentrationen über alle Schnitte eines Jahres. Durch Nachsaat von RK oder Luz zu einem frühen Zeitpunkt konnten die Proteinkonzentrationen um etwa 1 % erhöht werden.

Tabelle 5:

Gewichtete Rohproteinkonzentration (gew. XP) über alle Schnitte eines Jahres, beeinflusst durch eine frühe Nachsaat von Rotklee (RK), Weißklee (WK), Luzerne (Luz) und einer nicht nachgesäten Kontrolle (Kontr.) an zwei Standorten.

Behandlungen innerhalb eines Jahres und Standortes mit den gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich bei $P < 0,05$.

Jahr	Nachsaat	Kontr.	WK	RK	Luz
gew. XP (%)					
Oberschwaben					
2013	früh	15,4	15,5	16,0	14,9
2014	früh	16,3 ^{ab}	16,2 ^a	17,4 ^b	15,9 ^a
2015	früh	16,2 ^{ab}	15,6 ^{ab}	16,7 ^b	15,2 ^a
2016	früh	15,7	13,8	14,1	13,7
2017	früh	14,6	14,1	13,8	14,2
Schwäbische Alb					
2013	früh	9,8	10,6	10,6	9,9
2014	früh	9,6 ^a	10,8 ^{ab}	11,9 ^b	11,2 ^{ab}
2015	früh	10,9 ^{ab}	10,8 ^a	10,7 ^a	12,1 ^b
2016	früh	10,0 ^a	10,3 ^a	10,8 ^a	11,9 ^b
2017	früh	9,5 ^a	9,9 ^{ab}	10,2 ^{bc}	10,4 ^c

4 Diskussion

In den durchgeführten Versuchen sollte geklärt werden, ob sich Leguminosen durch Nachsaat in einem bestehenden Grünlandbestand nachhaltig etablieren lassen und ob dabei die Saatmenge und der Saattermin einen relevanten Einfluss haben. Der Effekt einer Leguminosen-Nachsaat auf den Leguminosen-Anteil und die Gesamterträge wurde, im Gegensatz zu vielen anderen Studien, über einen langen Zeitraum von sieben Jahren untersucht. Dieser Zeitraum beinhaltete eine wiederholte Nachsaat nach fünf Jahren, weil die Ertragsanteile der Leguminosen innerhalb dieser Zeitspanne abgesunken waren. Tatsächlich konnte der Leguminosen-Anteil durch eine Nachsaat an zwei sehr unterschiedlichen Standorten über einen Zeitraum von zwei oder maximal drei Jahren erhöht werden. Durch eine Nachsaat mit RK konnte der Leguminosen-Anteil bis zu 40 %, mit Luz bis zu etwa 20 % und mit WK bis zu 10 % über das Niveau der Kontrolle gesteigert werden. Für den Erfolg der Maßnahme war der Nachsaattermin entscheidend, wohingegen die Saatmenge in den meisten Fällen keinen signifikanten Einfluss hatte.

Eine Nachsaat nach dem ersten Schnitt (früh) führte bei den unterschiedlichen Leguminosen-Arten meist zu deren erfolgreichen Etablierung, während sich der späte Saattermin nur in Ausnahmen bewährt hatte. Durch einen frühen Nachsaattermin konnten RK und Luz sowie bedingt auch WK an beiden Standorten etabliert werden, während bei einer späten Nachsaat nur RK und dieser nur bei hoher Saatmenge erfolgreich etabliert werden konnte. Die Entwicklung des spät nachgesäten RKs war etwa um ein Jahr verzögert im Vergleich zu dem früh nachgesäten. Eine verzögerte Entwicklung von im Herbst nachgesättem

Klee hatten auch Laidlaw und McBride (1992) beobachtet, allerdings für WK. Nach früher Herbstsaat wurde eine gute Etablierung von WK nur dann beobachtet, wenn die Bodentemperatur höher als 16°C (Moot et al., 2000) und die Konkurrenz von Gräsern gering war (Black et al., 2006). Eine Nachsaat im Herbst ist daher grundsätzlich möglich, erscheint allerdings in Bezug auf die klimatischen Bedürfnisse von Leguminosen eher risikobehaftet und führte in unseren Versuchen nur bei konkurrenzstarkem RK zum Erfolg. Erhöhte Temperaturen und verringerter Konkurrenzdruck von Gräsern sind nach dem ersten Schnitt, also dem „frühen“ Nachsaattermin gegeben und erhöhen die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Etablierung von Leguminosen, sind aber noch kein Garant dafür.

Bodengegebenheiten, N-Düngung und Schnittmanagement können die Etablierung von Leguminosen ebenfalls stark beeinflussen. Zum Beispiel ließ sich Luz nur am Standort Schwäbische Alb aber nicht am Standort Oberschwaben erfolgreich etablieren, was vermutlich an der sauren Bodenreaktion an diesem Standort von pH 5,3 gegenüber pH 6,2 am Standort Schwäbische Alb lag. Das entspricht durchaus allgemein Bekanntem, denn Luz ist wenig tolerant gegenüber hohen Bodensäuregehalten (Rechcigl et al., 1988, Su und Evans 1996) und im Anbau nur für Standorte mit moderat sauren oder alkalischen Böden geeignet.

Bei WK führten vermutlich die zu geringe Schnitthäufigkeit am Standort Schwäbische Alb (3 Schnitte) einerseits und das hohe N-Düngungsniveau am Standort Oberschwaben andererseits zu einer reduzierten Etablierung. Der WK-Anteil konnte zwar an beiden Standorten erhöht werden, aber die Anteile lagen nur wenig über den Werten der Kontrolle. Zwei Jahre nach Nachsaat (2014) war der mittlere WK-Anteil in nachgesäten Parzellen bei 15,5 % in Oberschwaben (Kontrolle 7,7 %) und bei 21,2 % auf der Schwäbischen Alb (Kontrolle 19,2 %). Die im ersten Jahr applizierten N-Düngergaben am Standort Oberschwaben (245 kg N ha⁻¹) hatten höchstwahrscheinlich einen negativen Einfluss auf die Etablierung von WK denn der WK-Anteil war in den Jahren mit reduzierter N-Düngung (2014, 2015) und ebenso nach der zweiten Nachsaat (2018, 2019) erhöht. Gerade während der Etablierungsphase reagieren Leguminosen deutlich empfindlicher auf N-Düngung als bei deren Ausbringung in den vorhandenen Bestand (Mallarino und Wedin 1990). Durch die N-Düngung wird zwar das Kleewachstum scheinbar nicht beeinträchtigt, doch sie erhöht die Konkurrenzkraft der Gräser (Black et al., 2009). Eine negative Auswirkung von hoher N-Düngung auf die Erträge von Leguminosen oder Mischbeständen wurde schon mehrfach beobachtet (Boller und Nosberger 1987, Mallarino und Wedin 1990, Ledgard et al., 2001, Rochon et al., 2004, Black et al., 2009, Soegard und Nielsen 2012, Weggler et al., 2019). Die im Versuch im Anlagejahr angewandte N-Düngerate (245 kg N ha⁻¹) entspricht zwar den allgemeinen Grünlandempfehlungen für produktive Fünf-Schnitt-Wiesen (Elsäßer 2008), sollte aber zumindest für Leguminosen-Nachsaaten und Leguminosen reiche Bestände verringert werden.

Nachsaaterfolge können auch durch die Witterung, insbesondere Trockenheit nach der Saat stark beeinflusst werden. Der teilweise mangelnde Nachsaaterfolg in 2012 (WK) und 2017 (RK, WK Schwäbische Alb) ist aber höchstwahrscheinlich nicht darauf zurückzuführen. Die Durchschnittstemperaturen in den drei Monaten nach Nachsaat (früh) in Oberschwaben waren zwar 1,6°C über dem langjährigen Durchschnitt aber die Niederschläge waren in demselben Zeitraum in 2012 und 2017 etwa 100 mm über dem langjährigen Durchschnitt. Am Standort Schwäbische Alb verhielt es sich ähnlich. Die Jahre 2018 und bedingt 2019 waren durch Trockenheit geprägt, was allerdings den Leguminosen-Anteil nicht reduzierte, sondern bei WK stark erhöhte. Der Anteil von *Poa trivialis*, einem verfilzenden Untergras, war nach der Trockenheit in 2018 fast eliminiert und WK stark verbreitet. Die Trockenheit hat somit vermutlich indirekt die starke Ausbreitung von WK ermöglicht.

Waren Leguminosen im Bestand etabliert, führte dies in der Regel zu signifikant erhöhten TM- und Protein-Erträgen meist innerhalb von zwei bis drei Jahren nach Nachsaat. Durch eine RK-Nachsaat konnte zum Beispiel der TM-Ertrag gegenüber der Kontrolle deutlich um bis zu 34 dt ha⁻¹ (31 %) am Standort Oberschwaben und bis 81 dt ha⁻¹ (78 %) am Standort Schwäbische Alb erhöht werden. Der Protein Ertrag war noch deutlicher, um bis zu 7,5 dt ha⁻¹ (41 %) am Standort Oberschwaben und bis zu 12,5 dt ha⁻¹ (126 %) am Standort Schwäbische Alb erhöht. Ertragssteigerungen in ähnlichem Ausmaß konnten auch in vergleichbaren Studien erzielt werden (Eriksen et al., 2012, Rietberg et al., 2015). Protein-Ertragssteigerungen basierten auf erhöhten Proteinkonzentrationen (etwa 1 %) und zu einem großen Maße auf erhöhten TM-Erträgen.

Die summierten Protein-Ertragssteigerungen über drei Jahre nach einer frühen RK-Nachsaat lagen bei 9,8 und 20,2 dt XP ha⁻¹*3 Jahre⁻¹ für die Standorte Oberschwaben und Schwäbische Alb. Eine RK-Nachsaat erzielte somit kurzzeitige, hohe Ertragssteigerungen, die etwa über 2 bis 3 Jahre währten, während Luz-Nachsaaten zwar geringere aber nachhaltigere Ertragssteigerungen (TM, Protein) zur Folge hatten, die über mindestens fünf Jahre hinweg andauerten. Nach 3 Jahren betrug der Proteinmehrertrag einer Luz-Nachsaat zwar nur 8,3 dt XP ha⁻¹*3 Jahre⁻¹, steigerte sich nach 5 Jahren aber auf 14,7 dt XP ha⁻¹*5 Jahre⁻¹ und war nach diesem Zeitraum auf ähnlichem Niveau wie die Ertragssteigerungen von RK-Nachsaaten. Die erhöhte Ausdauer von Luz und potentiell auch von WK im Vergleich zu RK kann ein Grund sein, sich auch für deren Nachsaat zu entscheiden.

Eine geringe RK-Persistenz von nur 1 bis 2 Jahren wurde schon mehrfach beobachtet (Frankow-Lindberg et al., 2009), was mit neueren Sorten zwar verbessert, aber bislang noch nicht hinreichend verändert wurde (Marshall et al., 2017; Conaghan 2018). Das mag physiologische Gründe haben, denn Black et al. (2009) bemerkten, dass die Pfahlwurzel des RKs selten länger als 3 oder 4 Jahre überlebt, nur in geringem Maße

Seitenwurzeln bildet und die Pflanze folglich abstirbt. Bei einer limitierten Persistenz von RK oder anderen Leguminosen ist eine wiederholte Nachsaat ein naheliegender Schritt.

Die wiederholte Nachsaat von RK in 2017 konnte allerdings RK nicht erneut im Bestand etablieren. Dies galt für die früh nachgesäten Parzellen an beiden Standorten, die in den Vorjahren einen hohen RK-Anteil zeigten. Im Feldfutterbau, in RK-Reinbeständen, ist eine Selbstunverträglichkeit von RK bekannt (Kahnt 2008). Die geringe Etablierung von RK in 2017/2018, nach einer frühen Nachsaat, könnte auf ähnliche Probleme in Mischbeständen im Dauergrünland hindeuten. Bei spät nachgesäten Parzellen, mit vorherig geringeren RK-Anteilen, war ein gewisser Erfolg bei der wiederholten Nachsaat zu verzeichnen. Möglicherweise ist der Erfolg einer wiederholten RK-Nachsaat vom RK-Anteil in den Vorjahren abhängig, was aber im Detail noch zu klären ist. Bei einer nur limitierten Persistenz von Leguminosen im Bestand sollte die Qualität des Folgebstandes durch die Maßnahme nicht negativ beeinflusst werden.

Rotklee und Luzerne-Nachsaaten haben in unseren Versuchen den Bestand temporär stark beeinflusst. Die Daten zu Vegetationsbeginn zeigen, dass sich vor allem RK und auch Luz auf Kosten der begleitenden Kräuter ausbreiten und der Grasanteil dagegen relativ stabil bleibt. Nur auf der Schwäbischen Alb breitete sich RK zu Ungunsten der Grasschicht aus. Bemerkenswert ist allerdings, dass nach RK-Rückgang der Kräuteranteil dezimiert blieb (Oberschwaben), während bei Luz der Kräuteranteil erhalten blieb. Nach RK-Rückgang breiteten sich vor allem geringwertige Lückenfüller im Bestand aus (Oberschwaben: *Poa trivialis*, Schwäbische Alb: *Galium album*), während der Anteil an nutzungselastischen Kräutern reduziert blieb. Selektive, allelopathische Wirkungen von RK-Grünmaterial auf bestimmte Arten wurden schon mehrfach beobachtet (Ohno et al., 2000, Conklin et al., 2002) und könnten ein Grund für den reduzierten Kräuteranteil sein. Diese Artenverschiebungen waren am artenärmeren Standort Oberschwaben stärker ausgeprägt als am artenreicheren Standort Schwäbische Alb und erfordern möglicherweise frühzeitig Gegenmaßnahmen zur Regulierung des Bestandes.

Die Leguminosen zeigen also artspezifisch unterschiedliche Vorteile: RK den Vorteil eines starken Ertragspotentials gepaart mit geringer Persistenz, während Luz ein mittleres Ertragsniveau mit guter Ausdauer zeigte. Bei WK würde man ebenfalls ein mittleres Ertragsniveau bei guter Persistenz erwarten und, ganz wichtig, WK würde eine Nutzung auf nicht kalkhaltigen Böden ermöglichen. Allerdings scheint dessen Etablierung gute Ausgangsbedingungen zu erfordern, wie z.B. reduzierte N-Gaben, möglicherweise P-Düngung, hohe Schnitthäufigkeit und einen geringen Anteil an *Poa trivialis* und anderen oberflächlich die Narbe verfilzenden Arten. Die Erfordernisse für eine Nachsaat von WK sollten in einer kurzen Maßnahmenliste formuliert werden, um auch diese persistente Art für landwirtschaftliche Betriebe besser nutzbar zu machen. Dennoch sind schon heute deutliche Protein- und TM-Ertragssteigerungen durch RK-Nachsaaten und standortangepasst auch durch Luz-Nachsaaten möglich.

5 Schlussfolgerungen

Durch Leguminosen Nachsaaten konnten TM-Mehrerträge von 31 bis 78 % und Protein-Mehrerträge von 41 bis über 126 % im produktivsten Jahr nach Nachsaat erwirtschaftet werden, die gleichzeitig erhöhte Proteinkonzentrationen aufweisen. Diese Mehrerträge wurden bei gleichzeitig verringertem N-Düngeaufwand erzielt. Eine Leguminosen-Nachsaatmaßnahme kann also auf mehreren Ebenen Einsparungen für den Landwirt bewirken, so eine erhöhte interne Proteinproduktion und Einsparungen bei mineralischen N-Düngern oder bei Gülle. Da die Höhe der Saatmengen im geprüften Rahmen keine Bedeutung auf den Erfolg der Nachsaat hatte, sind geringe Saatmengen ausreichend für den Erfolg der somit preisgünstigen Maßnahme.

Eine erfolgreiche Leguminosen-Nachsaat bietet also eine Reihe von Vorteilen, einzig die Etablierung ist nicht immer einfach. Dabei spielen die Leguminosen-Art, Standort und begleitende Maßnahmen eine große Rolle. Unterschiedlich waren die Arten bei ihren Standortsansprüchen, während sich RK auf beiden Standorten gut behaupten konnte, war WK auf einen häufigen Schnitt und geringen Konkurrenzdruck und Luz auf kalkhaltige Böden angewiesen. Mithin ist die erstmalige Nachsaat von RK unter vielen Bedingungen erfolgreich möglich, während Luz und WK sich nur eingeschränkt etablieren lassen. Allerdings bieten die zwei letzteren Arten den Vorteil einer erhöhten Ausdauer, die sich bei RK höchstwahrscheinlich nicht durch einen weiteren Nachsaattermin ausgleichen lässt. Betriebs- oder standortbedingt muss abgewogen werden, welche Ziele mit einer Nachsaat realisiert werden sollen. Überaus wichtig für den Nachsaaterfolg sind allerdings die begleitenden Maßnahmen, wie reduzierte N-Düngung, möglicherweise Schröpfungsschnitt und der richtige Nachsaatzeitpunkt (nach dem 1. Schnitt), die oft über den Erfolg oder Misserfolg einer Nachsaat entscheiden.

Zusammenfassung

Langzeitbeobachtung von Leguminosen Nachsaaten im Dauergrünland

Einfluss von Nachsaat-Zeitpunkt, Leguminosen-Art, Saatmenge und Wiederholung der Maßnahme

In Deutschland werden große Mengen an eiweißreichem Futtermittel importiert, da die lokale Produktion davon zur Tierernährung, unter anderem auch in der Rinderhaltung, nicht ausreicht. Diese großen Importmengen haben eine Reihe von negativen Auswirkungen und es gilt die lokale Eiweißproduktion zu erhöhen. Ein unzureichend ausgeschöpftes Potential, ist die Eiweißlieferung aus dem Grundfutter von Milchvieh, das im Feldfutterbau oder im Dauergrünland gewonnen werden kann. Leguminosen sind eiweißreiche Pflanzen, deren Anteil durch eine intensivere Nutzung und Düngung des Dauergrünlandes in den letzten Jahrzehnten stark abnahm und deren erneute Integrierung eine erhöhte Eiweißerte im Grundfutter verspricht. Die durchgeführten Versuche sollten klären, ob der Anteil von Leguminosen durch eine Nachsaat im Dauergrünland erhöht werden kann und ob der Nachsaattermin, die Leguminosen-Art oder Saatmenge den Erfolg der Maßnahme beeinflussen. Weiterhin sollte geklärt werden, ob die Nachsaat den Bestand nachhaltig verändert oder ob nach einer gewissen Zeit eine Wiederholung der Nachsaat notwendig wird. Die Versuche wurden an einem drei- und fünf-Schnitt-Standort angelegt und Ertragsparameter wurden von 2013 bis 2019 gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass sich Rotklee gut, aber Luzerne und Weißklee nur unter bestimmten Voraussetzungen im Bestand etablieren lassen. Die Nachsaat zu einem frühen Zeitpunkt, nach dem ersten Schnitt war, bis auf eine Ausnahme, der einzig erfolgreiche Saattermin, wobei die gering gewählten Saatmengen ausreichend waren. Eine Nachsaat zu einem späteren Zeitpunkt hatte nur mit Rotklee Erfolg. Der Rotklee-Anteil wurde durch eine Nachsaat für 2 bis 3 Jahre erhöht, der Luzerne-Anteil ließ sich je nach Standort für über 5 Jahre erhöhen und der Weißklee-Anteil konnte nur bei hoher Schnitthäufigkeit und reduziertem Konkurrenzdruck gesteigert werden. Eine Wiederholung der Maßnahme war bei Weißklee und Luzerne aber nur bedingt bei Rotklee möglich. Konnten die Leguminosen etabliert werden, resultierte dies in stark erhöhten Trockenmasse- und Proteinerträgen (Mehrertrag über 3 Jahre: 43-160 dt TM ha⁻¹ 3-Jahre⁻¹; 9-20 dt XP ha⁻¹ 3-Jahre⁻¹). Eine erfolgreiche Etablierung der Leguminosen erforderte allerdings zwingend einen, der jeweiligen Leguminosenart angepassten, Nachsaattermin und zusätzliche, flankierende Maßnahmen.

Abstract

Long-term observations of reseeded legumes in permanent grassland

Influence of time of reseeding, legume type, seeding rate and repetition of the measure

Germany imports significant amounts of protein-rich fodder, as the local production is not sufficient to sustain local animal production, including cattle, among others. These large imports have a number of negative effects, and thus, it is imperative to increase the local protein production. A so far underutilised source of protein is the protein in forage for dairy cows, which can be produced in the field or in permanent grassland. Legumes are rich in protein, but their percentage has declined over the last decades due to an intensified management of permanent grassland and the application of N-fertiliser. The renewed integration of legumes promises increased protein yields from permanent grassland. Our trials should clarify whether legume percentages in permanent grassland could be increased by reseeding, and whether seeding date, legume type, and seeding rate would affect the success of the measure. Furthermore, it should be clarified whether reseeding changes the grassland permanently or whether the reseeding has to be repeated after a certain amount of time. The trials were located at two sites, applying a three- and five-cut management, respectively, and yield-relevant parameters were measured between 2013 and 2019. The results showed that red clover could be integrated quite well into the grassland, whereas lucerne and white clover had special requirements. With one exception, reseeding early in the year, after the first cut, was the only effective date for reseeding, with the low reseeding rates chosen being sufficient. Reseeding later in the year was only successful with red clover. The percentage of red clover could be increased for two to three years, the percentage of lucerne was increased for more than five years, depending on the site, and white clover could only be increased under high cutting frequencies and low competition. A repetition of the measure was possible for white clover and lucerne, but only in a limited way for red clover. Where legumes were established successfully, the dry matter and protein yield was increased substantially (yield increase in three years: 43-160 dt DM ha⁻¹ 3-years⁻¹; 9-20 dt XP ha⁻¹ 3-years⁻¹). The successful establishment of legumes necessarily required a seeding date adapted to the particular legume and additional accompanying measures.

6 Literatur

1. Beuselinck, P. R., Bouton, J. H., Lamp, W. O., Matches, A. G., McCaslin, M. H., Nelson, C. J., Rhodes, L. H., Sheaffer, C. C., und Volenec, J. J. (1994). Improving legume persistence in forage crop systems. *Journal of Production Agriculture*, 7(3), S.311–322. <https://doi.org/10.2134/jpa1994.0311>
2. Boller, B. C., und Nösberger, J. (1987). Symbiotically fixed nitrogen from field- grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil*, 104 (2), S. 219–226. <https://doi.org/10.1007/BF02372535>
3. Carlsson, G., und Huss-Danell, K. (2003). Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil*, 253 (2), S. 353–372. <https://doi.org/10.1023/A:1024847017371>
4. Conaghan, P. (2018). Breeding red clover (*Trifolium pratense* L.) for improved yield and persistence. *Grassland Science*, 23, S. 139–141.
5. Conklin, A. E., Susan Erich, M., Liebman, M., Lambert, D., Gallandt, E. R., und Halteman, W. A. (2002). Effects of red clover (*Trifolium pratense*) green manure and compost soil amendments on wild mustard (*Brassica kaber*) growth and incidence of disease. *Plant and Soil*, 238 (2), S. 245–256. <https://doi.org/10.1023/A:1014448612066>
6. Elsaesser, M. (2008). Düngung von Wiesen und Weiden. In *Merkblätter für die umweltgerechte Landwirtschaft* (Vol. 13).
7. Elsaesser, M., Engel, S., Breunig, J., und Thumm, U. (2014). Increasing protein yields from grassland by reseeding of legumes. *Grassland Science in Europe*, Volume 19, 19, S. 880–883.
8. Elsaesser, M., Engel, S., und Thumm, U. (2016). Effects of legume establishment by slot-seeding on dry matter and protein yield. *Grassland Science in Europe*, Volume 21, S. 507–509.
9. Eriksen, J., Askegaard, M., und Sjøgaard, K. (2014). Complementary effects of red clover inclusion in ryegrass-white clover swards for grazing and cutting. *Grass and Forage Science*, 69 (2), S. 241–250. <https://doi.org/10.1111/gfs.12025>
10. Frame, J., und Laidlaw, A. S. (2011). *Improved grassland management (New Edition)*. Crowood Press Ltd.
11. Frankow-Lindberg, B. E., Halling, M., Höglind, M., und Forkman, J. (2009). Yield and stability of yield of single- and multi-clover grass-clover swards in two contrasting temperate environments. *Grass and Forage Science*, 64 (3), S. 236–245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00689.x>
12. Grace, C., Boland, T. M., Sheridan, H., Kirwan, L., und Lynch, M. B. (2018). Effect of nitrogen application rate on dry matter production of multispecies and perennial ryegrass swards. *Grassland Science in Europe*, 23, S. 200–202.
13. Hartmann, A. (2012). Dauergrünland in Baden-Württemberg. In *Statistisches Monatsheft* (Vol. 2).
14. Heine, L., Thumm, U., und Elsaesser, M. (2018). Development and persistence of reseeding legumes in permanent grassland under different cutting and fertilisation intensity. *Grassland Science in Europe*, 23 (23), S. 219–221.
15. IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel of Climate Change, Tokyo, Japan, available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html (Zugriff Sept. 2019).
16. Kahnt, G. (2008). *Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau*. DLG-Verlags-GmbH. www.dlg-verlag.de
17. Kuhn, G., Heinz, S., und Mayer, F. (2011). *Grünlandmonitoring Bayern - Ersterhebung der Vegetation 2002 - 2008*. In *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Schriftenr, Vol. 3)*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL).

18. Laidlaw, A. S., und McBride, J. (1992). The effect of time of sowing and sowing method on production of white clover in mixed swards. *Grass and Forage Science*, 47 (2), S. 203–210. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02264.x>
19. Marshall, A. H., Collins, R. P., Vale, J., und Lowe, M. (2017). Improved persistence of red clover (*Trifolium pratense* L.) increases the protein supplied by red clover/grass swards grown over four harvest years. *European Journal of Agronomy*, 89, S. 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.006>
20. Merou, T. P., und Papanastasis, V. P. (2009). Factors affecting the establishment and growth of annual legumes in semi-arid mediterranean grasslands. *Herbaceous Plant Ecology: Recent Advances in Plant Ecology*, 201, S. 127–136. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2798-6_11
21. MLR (Ministerium für Ländlichen Raum u. Verbraucherschutz). (2018). Hinweise des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg zum Vollzug der Düngeverordnung.
22. Moot, D. J., Scott, W. R., Roy, A. M., und Nicholls, A. C. (2000). Base temperature and thermal time requirements for germination and emergence of temperate pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 43 (1), S. 15–25. <https://doi.org/10.1080/00288233.2000.9513404>
23. Ohno, T., Doolan, K., Zibilske, L. M., Liebman, M., Gallandt, E. R., und Berube, C. (2000). Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78 (2), S. 187–192. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00120-6)
24. Rechcigl, J. E., Edmisten, K. L., Wolf, D. D., und Renau, R. B. (1988). Response of alfalfa grown on acid soil to different chemical amendments. *Agronomy Journal*, 80, S. 515–518.
25. Rietberg, P., De Wit, J., und Van Eekeren, N. (2015). Performance of red clover mixtures in high output dairy systems : an agro-economical comparison. *Grassland Science in Europe*, 20, S. 478-480.
26. Rochette, P., und Janzen, H. H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73 (2–3), S. 171–179. <https://doi.org/10.1007/s10705-005-0357-9>
27. Rochon, J. J., Doyle, C. J., Greef, J. M., Hopkins, A., Molle, G., Sitzia, M., Scholefield, D., und Smith, C. J. (2004). Grazing legumes in Europe: A review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, 59 (3), S. 197–214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2004.00423.x>
28. Roscher, C., Thein, S., Schmid, B., und Scherer-Lorenzen, M. (2008). Complementary nitrogen use among potentially dominant species in a biodiversity experiment varies between two years. *Journal of Ecology*, 96 (3), S. 477–488. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01353.x>
29. Stockinger, B., und Schätzl, R. (2012). Strategien zur Erhöhung des Anteils von heimischen Eiweißfuttermitteln in der deutschen Nutztierfütterung. http://www.gil-net.de/Publikationen/24_291.pdf
30. Su, C., und Evans, L. J. (1996). Soil solution chemistry and alfalfa response to CaCO₃ and MgCO₃ on an acidic gleysol. *Canadian Journal of Soil Science*, 76, S. 41–47.
31. Weggler, K., Thumm, U., und Elsaesser, M. (2019). Development of legumes after reseeding in permanent grassland, as affected by nitrogen fertilizer applications. *Agriculture* 9, 207. <https://doi.org/10.3390/agriculture9100207>
32. Woods, J., Williams, A., Hughes, J. K., Black, M., und Murphy, R. (2010). Energy and the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554), S. 2991–3006. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0172>

Anschrift der Autoren

Dr. Karin Weggler

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und

Fischerei Baden-Württemberg

Fachbereich Grünlandwirtschaft und Futterbau

Atzenberger Weg 99

88326 Aulendorf

E-Mail: karin.weggler@lazbw.bwl.de

Dr. Ulrich Thumm

Universität Hohenheim

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

Fachgebiet Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen

70593 Stuttgart

E-Mail: ulrich.thumm@uni-hohenheim.de

Prof. Dr. Martin Elsaßer

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und

Fischerei Baden-Württemberg

Fachbereich Grünlandwirtschaft und Futterbau

Atzenberger Weg 99

88326 Aulendorf

E-Mail: martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Danksagung

Das Projekt wurde gefördert durch Mittel der „Eiweißinitiative“ des Landes Baden-Württembergs. Die Autoren bedanken sich beim Feldversuchsteam des LAZBW, Fachbereich Grünlandwirtschaft und Futterbau sowie beim Feldversuchsteam der Versuchsstation Oberen Lindenhofs der Universität Hohenheim. Dank geht auch an die Mitarbeiter des chemischen Labors des LAZBW für deren zuverlässige analytische Arbeit. Die Autoren möchten sich beim LAZBW-Aulendorf und bei der Universität Hohenheim für die Überlassung der Versuchsflächen bedanken.