

Abschlussbericht BioSKG

Dafne Projekt 101145

Wirkung einer Schwefeldüngung auf Klee- und
Luzernegrasbestände im Biolandbau des oberösterreichischen
Alpenvorlandes

Abschlussbericht BioSKG

Dafne Projekt 101145

Wirkung einer Schwefeldüngung auf Klee- und Luzernegrasbestände im
Biolandbau des oberösterreichischen Alpenvorlandes

Irdning-Donnersbachtal, 2022

Impressum

Projektnehmer: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität für Nutztiere

Adresse: Raumberg 38, A-8952-Irdning-Donnersbachtal

Projektleiter: Daniel Lehner

Tel: +43 7245 20503 440

E-Mail: daniel.lehner@raumberg-gumpenstein.at

Projektmitarbeiter: Walter Starz, Rupert Pfister und Hannes Rohrer

Kooperationspartner: Bio Austria

Finanzierungsstellen: BMLRT

Projektlaufzeit: 2016-2021

Irdning-Donnersbachtal. Stand: 2. Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

Impressum	3
1. Zusammenfassung	5
2. Summary	6
3. Einleitung	7
3.1 Übersicht	7
3.2 Problemstellung und Ziele	9
4. Material und Methoden	10
4.1 Standort.....	10
4.2 Versuchsdesign.....	11
4.3 Pflanzenbestand.....	14
4.4 Ertrag und Inhaltsstoffe	15
4.5 Statistik.....	16
5. Ergebnisse und Diskussion	17
5.1 Klima.....	17
5.2 Pflanzenbestände.....	17
5.3 Mengen- und Qualitätserträge	21
5.3.1 Futterleguminosen.....	21
5.3.2 Winterweizen	26
6. Diskussion	28
7. Schlussfolgerung	30
8. Literatur	32

1. Zusammenfassung

Futterleguminosen stellen das zentrale Element einer Biologischen Fruchtfolge im Ackerbau dar. Damit sie die positiven Auswirkungen zur Bodenverbesserung, Nährstoffversorgung und Beikrautregulierung beitragen können, ist ein leistungsfähiger Bestand Voraussetzung. Schwefel erfüllt dabei wichtige Aufgaben im Kreislauf der Futterleguminosen. Einerseits, um die gewünschte Stickstofffixierung zu erbringen und andererseits zur Ausbildung von Protein. Neben den Leistungen in der Fruchtfolge ist Klee gras Eiweißlieferant für Wiederkäuer und kann so zum Schließen der Eiweißlücke beitragen. Da sich in den letzten Jahrzehnten die Schwefel-Immissionen aus Umweltschutzgründen stark reduzierten, tritt bei gewissen Kulturen wie Leguminosen teilweise Schwefelmangel auf. Um die Notwendigkeit einer Zusatzdüngung zu überprüfen, wurde in Versuchen von 2017-2019 im oberösterreichischen Alpenvorland die Auswirkung einer Düngung mit elementarem Schwefel auf Ertrag und Inhaltsstoffe untersucht. Überprüft wurden Dünge stufen mit 40 kg/ha und 80 kg/ha Schwefel bei Rotklee, Rotklee gras, Luzerne und Luzerne gras. Im ersten Jahr zeigte dabei Luzerne mit einem Ertrag von 7.692 kg TM/ha und Luzerne gras mit 7.921 kg TM/ha bei einer Düngung mit 40 kg S/ha die meiste Wirkung, ohne signifikante Unterschiede nachzuweisen zu den weiteren Dünge stufen. Bei Rotklee (10.213 kg TM/ha) sowie Rotklee gras (10.293 kg TM/ha) zeigte eine Düngung mit 80 kg S/ha die höchste Wirkung, ebenso nicht signifikant. Die niedrigen Erträge bei Luzerne im ersten Jahr sind auf deren arttypische, verlangsamte Jugendentwicklung zurückzuführen, steigerten sich aber im zweiten Jahr signifikant. Die Gesamtauswertung zeigte keine statistisch abzusichernden Mehrerträge, es wurden aber wiederum bei Luzerne mit 40 kg S/ha mit 12.039 kg TM/ha und 1.970 kg XP/ha die höchsten Werte erreicht. Auch bei Rotklee (9.297 kg TM/ha und 1.430 kg XP/ha) und Rotklee gras (9.519 kg TM/ha und 1.422 kg XP/ha) änderte sich die Reihenfolge nicht. Die Erträge bei Rotklee brachen im zweiten Jahr signifikant ein aufgrund von Trockenheit und Hitze, hiermit konnte die Luzerne durch ihre Pfahlwurzel besser umgehen. Die über längere Dauer fehlenden Niederschläge und zu hohe Temperaturen waren der Hauptgrund für das fehlen von signifikanten Unterschieden. Diese Ursachen wurden bereits in anderen Versuchen festgestellt. Ähnlich waren die Ergebnisse der Nachfrucht Winterweizen. Die getesteten Futterleguminosen hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Nachfrucht. Der höchste Ertrag wurde dabei nach Luzerne mit 4.510 kg TM/ha am Standort Lambach erreicht. Der Einfluss der Futterleguminosenmischung auf den XP-Ertrag bei Weizen war signifikant. Dieser betrug nach Luzerne 669 kg XP/ha, nach Luzerne gras 658 kg XP/ha. Nach Rotklee wurden 595 kg XP/ha erreicht und nach Rotklee gras 589 kg XP/ha.

2. Summary

Forage legumes are the central element of organic crop rotation in arable farming. In order for them to contribute to the positive effects on soil improvement, nutrient supply and weed control, a high-performing crop is a prerequisite. Sulphur fulfils important tasks in the cycle of forage legumes. On the one hand, to provide the desired nitrogen fixation and, on the other hand, for the formation of protein. In addition to its performance in crop rotation, clover-grass is a protein supplier for ruminants and can thus contribute to closing the protein gap. Since sulphur emissions have been greatly reduced in recent decades for environmental reasons, sulphur deficiency sometimes occurs in certain crops such as legumes. In order to test the necessity of supplementary fertilisation, the effect of fertilisation with elemental sulphur on yield and content was investigated in trials from 2017-2019 in the Alpine foothills of Upper Austria. Fertilisation levels of 40 kg/ha and 80 kg/ha sulphur were tested for red clover, red clover grass, lucerne and lucerne grass. In the first year, lucerne with a yield of 7,692 kg DM/ha and lucerne grass with 7,921 kg DM/ha showed the most effect with a fertilisation of 40 kg S/ha, without showing significant differences to the other fertilisation levels. For red clover (10,213 kg DM/ha) as well as red clover grass (10,293 kg DM/ha) a fertilisation with 80 kg S/ha showed the highest effect, also not significant. The low yields of lucerne in the first year were due to the slow juvenile development typical for the species, but increased significantly in the second year. The overall evaluation did not show any statistically reliable higher yields, but again the highest values were achieved with lucerne at 40 kg S/ha with 12,039 kg DM/ha and 1,970 kg XP/ha. The order did not change for red clover (9,297 kg DM/ha and 1,430 kg XP/ha) and red clover grass (9,519 kg DM/ha and 1,422 kg XP/ha) either. The yields of red clover dropped significantly in the second year due to drought and heat, which alfalfa was better able to cope with due to its taproot. The lack of rainfall over a longer period of time and too high temperatures were the main reasons for the lack of significant differences. These causes had already been found in other trials. The results for the subsequent crop winter wheat were similar. The tested forage legumes had no significant influence on the subsequent crop. The highest yield was achieved after lucerne with 4,510 kg DM/ha at the Lambach site. The influence of the forage legume mixture on the XP yield of wheat was significant. This was 669 kg XP/ha after lucerne and 658 kg XP/ha after lucerne grass. After red clover, 595 kg XP/ha were achieved and after red clover grass 589 kg XP/ha.

3. Einleitung

3.1 Übersicht

Das Klee gras ist das Rückgrat einer optimalen Fruchtfolge im Biologischen Landbau (Freyer, 2003). Auf viehlosen Ackerbaubetrieben ist der Anbau von Klee gras, neben der bodenverbessernden Wirkung, die Grundlage einer langfristigen organischen Düngung und trägt somit wesentlich zur Bodenverbesserung bei. Durch Fixierung von Stickstoff aus der Atmosphäre in Symbiose mit Rhizobien, wird so dieser Hauptnährstoff für das Bodenleben und die Folgefrüchte bereitgestellt. Viehhaltenden Betrieben liefert das Klee gras sehr Energie- und Eiweißreiches Grundfutter.

Ein Mangel an Schwefel beeinträchtigt den gesamten Stickstoffkreislauf der Pflanze. Schwefel spielt bei der symbiontischen Stickstofffixierung, der Proteinsynthese und hier bei der Bildung von Aminosäuren eine wichtige Rolle. Weiters trägt er ganz wesentlich zur Stickstoffeffizienz bei. Bei der Schwefelversorgung spielt die Nachlieferung aus dem Boden eine entscheidende Rolle. Humus enthält organisch gebundenen Schwefel. Dieser wird durch Mineralisation und durch Bakterien in Sulfatform umgewandelt und damit pflanzenverfügbar. Gerade Futterleguminosen sind sehr schwefelbedürftig und reagieren daher unter anderem mit höherem Proteingehalt auf eine Schwefeldüngung (Gruber, Titze et al. 2015).

In Österreich reduzierten sich die Immissionen an Schwefeldioxid (SO₂) im Zeitraum 1990 – 2016 um 81 % (Anderl et al. 2018). Dies ist im Wesentlichen durch die Absenkung des Schwefelanteils in Mineralölprodukten und Treibstoffen, den Einbau von Entschwefelungsanlagen in Kraftwerken sowie die verstärkte Nutzung schwefelärmerer Brennstoffe wie etwa Erdgas erzielt worden.

Daher ist es unabdingbar, gewisse Kulturen wieder mit Schwefel zu düngen. Untersuchungen in anderen Ländern haben bereits gezeigt, dass im Klee gras Ertrag und Futterqualität bei zusätzlicher Schwefelzufuhr gesteigert werden können. Da diese Versuche jedoch mit kurzfristig wirksamen Schwefeldüngern in Sulfatform durchgeführt wurden, wurde in diesem Versuch bewusst auf Elementarschwefel mit langfristiger Wirkung zurückgegriffen.

Im Feldfutterbau unter gemäßigten Klimabedingungen nehmen drei Leguminosen die Hauptrolle bei Kleegräsern ein. Es handelt sich dabei um Luzerne für trockene und tiefgründige Standorte, sowie um Rot- und Weißklee für feuchte und gemäßigte Standorte. Zusätzlich werden diese Arten der Leguminosen mit bedeutenden Gräsern wie Raygras, Knaulgras und anderen bedeutsamen gemischt angebaut. Einerseits um einen ausgewogenen Pflanzenbestand mit verschiedenen Ansprüchen zu erreichen, andererseits zur Gewährleistung eines optimalen Futterwerts für Wiederkäuer. Durch eine häufige Verwendung von Feldfutter mit Leguminosen als konserviertes Futter ist für den idealen Gärungserfolg ein gewisser Anteil an Gräsern in der Erntemischung nötig, da Futterleguminosen einen geringen Zuckergehalt besitzen (Pahlow, Rammer et al. 2002).

3.2 Problemstellung und Ziele

Bisher wurde der Schwefel-Düngung in der österreichischen Bio-Landwirtschaft wenig Beachtung geschenkt. Obwohl Untersuchungen aus Deutschland bereits positive Wirkungen zeigten, konnten diese unter den Klimabedingungen des Voralpenlandes noch nicht überprüft werden. Aus Sicht des Umweltschutzes nahm die Schwefel-Immission aus der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich ab, was aber auch Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen hat. Da die Leguminosen neben den Kreuzblütlern zu den schwefelbedürftigen Arten zählen, gewinnt dieses Element in der Ernährung der Bodenlebewesen und der Kulturpflanzen wieder an Bedeutung. Gerade die Fruchtfolgen in der Biologischen Landwirtschaft sind sehr leguminosenlastig, weshalb von einem erhöhten Schwefelbedarf ausgegangen werden kann.

Mit dieser Arbeit wurden die Ziele verfolgt, die Wirkung der Einflüsse einer elementaren Schwefel-Düngung auf Futterleguminosen in Reinsaat und Gemenge zu messen. Dabei gilt es zu bewerten, welche Effekte beim Mengen- und Qualitätsertrag feststellbar sind und welche Auswirkung die Schwefeldüngung zu Beginn des Kleegrasanbaues auf die Folgefrucht Winterweizen hat.

4. Material und Methoden

4.1 Standort

Der Versuch wurde auf zwei verschiedenen Flächen in den Gemeinden Lambach und Stadl-Paura angelegt. Diese beiden Flächen gehören zum Ackerbau-Standort des Institutes für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Der Standort zeigt im langjährigen Mittel (1971-2000) eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2 °C und Jahresniederschläge von 840 mm (ZAMG, 2010). Der Versuch auf der Fläche in Lambach befand sich auf einer Lockersedimentbraunerde (lehmgiger Schluff) auf 378 m.ü.A. mit guter Wasserversorgung und der Boden der Fläche in Stadl-Paura war eine Pararendsina (lehmgiger Sand) auf 358 m.ü.A. mit wechselfeuchter, jedoch überwiegend trockener Wasserversorgung (eBOD, 2018). Erst ab dem zweiten Versuchsjahr 2018 konnte auf Witterungsdaten einer eigenen Wetterstation zugegriffen werden. Daher wurde vergleichshalber noch das darauffolgende Jahr 2019 mit der Nachprüfung des Winterweizens in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Witterungsdaten der Versuchsjahre 2018-2019

Jahr	Temperatur	Niederschlag
2018	9,62	999,6
2019	9,15	1110,5

Tabelle 2: Witterungsdaten der Vegetationsperiode 2018

Bezeichnung	Beginn	Ende	Niederschlag	Temperatur
Bis Vegetationsbeginn	01.01.2018	28.03.2018	145	1,26
Marktfeld bis 1. Schnitt	29.03.2018	09.05.2018	34	13,89
Marktfeld bis 2. Schnitt	10.05.2018	12.06.2018	36	19,16
Marktfeld bis 3. Schnitt	13.06.2018	17.07.2018	170	18,31
Marktfeld bis 4. Schnitt	18.07.2018	05.09.2018	113	21,12
4. Schnitt bis Veg.-Ende	06.09.2018	16.11.2018	73	11,96
Versuchstation bis 1. S.	29.03.2018	14.05.2018	38	14,26
Versuchstation bis 2. S.	15.05.2018	17.07.2018	202	18,84
Versuchstation bis 3. S.	18.07.2018	05.09.2018	113	21,12
3. Schnitt bis Veg.-Ende	06.09.2018	16.11.2018	73	11,96

4.2 Versuchsdesign

Der Versuch wurde als zweifaktorielle, randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt (Abbildung 1). Auf beiden Flächen wurde die Varianten in den Wiederholungen neu randomisiert. Je Wiederholung kamen 12 Varianten zur Aussaat, die sich aus zwei reinen Leguminosenbeständen und zwei Mischungen mit Gräsern

zusammensetzten (siehe Für die Nachprüfung mit Winterweizen wurde die Sorte Capo verwendet).

Tabelle 3). Darüber hinaus wurden jeweils drei verschiedenen Düngungsstufen des Schwefels auf alle Saatgutvarianten gelegt. Eine Parzelle hatte eine Größe von 4,2 m² (1,4 x 3,0 m).



Abbildung 1: Versuchsdesign der zweifaktoriellen, randomisierten Blockanlage auf der Fläche in Stadl-Paura (R: Rotklee, RG: Rotkleeergras-Mischung, L: Luzerne, LG: Luzerneergras-Mischung, o: keine S-Düngung, 40: 40 kg S/ha, 80: 80 kg S/ha)

Im Rahmen dieses Versuches wurden die beiden wichtigsten Futterleguminosen für den Biologischen Landbau, Rotklee und Luzerne als Reinsaaten und in Mischung mit verschiedenen Gräsern angebaut. Die im Versuch verwendete Rotkleeergras-Mischung (RG, Tabelle 1) entsprach der am Markt erhältlichen ÖAG Mischung RR und die Luzerneergrasmischung (LG, Tabelle 1) der ÖAG Mischung LG. Für die Nachprüfung mit Winterweizen wurde die Sorte Capo verwendet.

Tabelle 3: Eingesetzte Varianten und Zusammensetzung der Mischungen

Variante Saatgut	Art	Botanischer Name	Sorte	Flächen-%	Saatstärke in kg je ha
R	Rotklee	Trifolium pratense	Gumpensteiner	100	30
L	Luzerne	Medicago sativa	Palava	100	40
RG	Rotklee	Trifolium pratense	Gumpensteiner	40	33
	Bastardraygras	Lolium boucheanum	Gumpensteiner	5	
	Englisches Raygras	Lolium perenne	Tivoli	15	
	Knautgras	Dactylis glomerata	Tandem	15	
	Timothe	Phleum pratense	Comer	15	
	Wiesenschwingel	Festuca pratensis	SW Minto	10	
LG	Luzerne	Medicago sativa	Palava	60	43
	Englisches Raygras	Lolium perenne	Tivoli	5	
	Timothe	Phleum pratense	Comer	5	
	Knautgras	Dactylis glomerata	Tandem	15	
	Glatthafer	Arrhenatherum elatius	Arone	15	

Nach Vorbereitung des Saatbetts und Kennzeichnung der einzelnen Parzellen wurde der Elementarschwefel in granulierter Form auf die entsprechenden Varianten ausgebracht.

Dazu wurden die S-Düngervarianten zuvor in Säcke eingewogen. Die im Variantencode angegebene Zahl (0, 40 und 80) bezieht sich auf die ausgebrachte S-Menge in kg je ha Reinschwefel (Tabelle 2). Der verwendete S-Dünger war Sulfogran, ein in der Biologischen Landwirtschaft zugelassener Dünger der Firma BvG.

Damit der Dünger seine Wirkung entfalten konnte, wurde dieser seicht eingearbeitet. Erst dadurch konnte sichergestellt werden, dass der noch nicht pflanzenverfügbare elementare S von im Boden vorhandenen Bakterien in eine pflanzenverfügbare Form umgewandelt wurde. Anschließend wurde das Saatgut der jeweiligen Varianten ausgesät.

Tabelle 4: Eingesetzte Düngungsvarianten und Mengen an elementarem S (Angabe als Reinschwefel)

Variante Saatgut	Düngerstufe 0 kg S/ha	Düngerstufe 40 kg S/ha	Düngerstufe 80 kg S/ha
R	Ro	R40	R80
L	Lo	L40	L80
RG	RGo	RG40	RG80
LG	LGo	LG40	LG80

4.3 Pflanzenbestand

Die Entwicklung der Pflanzenbestände wurde mit Hilfe der Flächenprozentschätzung erhoben. Es wurde dafür die wahre Deckung (Schechtner, 1957) herangezogen. Die wahre Deckung beschreibt jene Fläche, welche von der Pflanzenbasis eingenommen wird. Zu diesem Zweck wurden die Lücken sowie die Verhältnisse der Artengruppen (Kräuter, Leguminosen und Gräser) prozentmäßig geschätzt. Dementsprechend teilte sich dabei die Gesamtfläche auf die einzelnen Artengruppen sowie den offenen Boden (Lücken) auf. Darüber hinaus wurde der Blattflächenindex LAI (Leaf Area Index) vor allen Schnitten erhoben. Hierzu wurde das Gerät AccuPAR LP-80 verwendet. An fünf verschiedenen Messpunkten pro Parzelle wurden die Werte erhoben, woraus anschließend durch das Gerät der LAI-Wert berechnet wurde. Dies geschah direkt über der Bodenoberfläche.

4.4 Ertrag und Inhaltsstoffe

Bei Erreichen des Ähren-Rispen-Schiebens erfolgte die Ernte aller Varianten. Zu diesem Zweck wurde mit einem Motormäher die gesamte Parzelle bei einer Schnitthöhe von 7 cm gemäht und die Frischmasse umgehend vor Ort eingewogen. Von der Frischmasse wurde ein Teil für die weitere Bearbeitung entnommen. Die Proben wurden mit Hilfe eines Probenhäckslers zerkleinert und vom Häckselgut wurde aus einer Doppelprobe der Trockenmassegehalt (TM) bestimmt. Dazu wurde das frische Material bei 105 °C über 48 Stunden getrocknet. Im Anschluss erfolgte die Rückwaage der Proben und somit die Feststellung der TM-Ernteerträge. Im Versuch wurde standardmäßig der Ernteertrag erhoben. Dabei handelt es sich um den auf der Fläche stehenden Ertrag, abzüglich der Schnitthöhe. Bei der versuchstechnischen Ernte entstehen keine Veratmungs-, Bröckel- oder Lagerverluste, weshalb diese Erträge nicht den Erträgen der Praxis entsprechen. Für die Versuchsfragestellungen spielen diese Ertragsunterschiede jedoch keine Rolle, da die Varianten zueinander betrachtet werden und die Behandlungen sich untereinander nicht unterscheiden.

Tabelle 5: Schnittzeitpunkte der beiden Standorte

Standort	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
Lambach	31.05.2017	12.07.2017	23.08.2017	18.10.2017
	14.05.2018	12.06.2018	16.07.2018	05.09.2018
Stadl-Paura	02.06.2017	20.07.2017	23.08.2017	18.10.2017
	14.05.2018	16.07.2018	05.09.2018	

Zur Bestimmung des Futterwertes wurde vom Erntegut aus einer Doppelprobe der Trockenmassegehalt (TM) bestimmt. Dazu wurde die Frischmasse bei 105 °C über 48 Stunden getrocknet. Der restliche Teil der Frischprobe kam zur schonenden Trocknung (50 °C) in das hauseigene Chemische Labor. Dort erfolgte die Analyse der Rohnährstoffe nach Weender.

4.5 Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SAS 9.4 nach der MIXED Prozedur (Fixe Effekte: Fläche, Reinsaat bzw. Mischung, S-Düngung und deren Wechselwirkungen, die Spalten und Wiederholungszeilen der Versuchsanlage wurden als zufällig (random) angenommen), auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden die Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) angegeben. Signifikante Unterschiede wurden mit Hilfe des paarweisen Vergleiches der LSMEANS (Tukey-Test) durchgeführt und bei Vorhandensein von sich unterscheidenden Werten sind mit Buchstaben (A, B, C usw.) gekennzeichnet.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Klima

Die Temperatur im Jahr 2017 während der Vegetationsperiode war um etwa 2 °C über dem langjährigen Mittel von 1981 – 2010. Sehr ungleich verhielten sich die Niederschläge. Während im ersten Jahr von Beginn der Vegetation bis Anfang Juni etwas überdurchschnittliche Niederschläge vorherrschten, wiesen weite Strecken des Sommers ein ausgeprägtes Defizit an Niederschlägen aus. Dies führte in Kombination mit den überdurchschnittlichen Temperaturen zu Wachstumsdepressionen und teilweisen Stillstand der Vegetation. Im zweiten Versuchsjahr fielen bis zum Vegetationsbeginn Ende März nur moderate Niederschläge, anschließend herrschte bis zum zweiten Schnitt am 12. Juni ein ausgeprägtes Niederschlagsdefizit. Erst danach wurden angemessene, teils überdurchschnittliche Regenfälle verzeichnet (Tabelle 1 und 2). Aus diesem Grund fiel der zweite Schnitt am Standort Stadl-Paura aufgrund der niedrigen Feldkapazität aus und wurde anschließend gemeinsam mit dem dritten Schnitt in Lambach durchgeführt.

5.2 Pflanzenbestände

Sämtliche Varianten zeichneten sich zu Vegetationsbeginn im Frühjahr 2017 durch einen teils lückigen und vor allem verkrauteten Pflanzenbestand aus. Deshalb wurde am 24.04.2017 ein Reinigungsschnitt auf allen Parzellen durchgeführt, wodurch so die hauptsächlich einjährigen Ackerunkräuter wie Vogelmiere, Hirtentäschel, teilweise Taubnessel und andere in ihrer Entwicklung gehindert wurden.

Bereits ab dem ersten regulären Schnitt konnte jedoch eine Abnahme des Krautanteils festgestellt werden. Diese Tatsache führte zu einem dichteren Pflanzenbestand, wodurch sich auch der Lückenanteil entsprechend reduzierte (Abbildung 2). Gut zu erkennen ist dabei auch die verzögerte Jugendentwicklung der Luzerne, hier speziell am Standort Lambach dargestellt. Ab dem zweiten Schnitt war sie jedoch voll im Bestand etabliert und nahm den größten Flächenanteil unter den Mischungspartnern ein. Dies hatte aber auch zur Folge, dass der Anteil an Gräsern abnahm. Durch die zeitweilige Trockenheit konnte sich der Bestand in Stadl-Paura nicht so rasch entwickeln, daher werden die grafischen

Ergebnisse auf die Fläche in Lambach bezogen. Nach Etablierung des Bestandes zeigte die Luzerne gute Leistungen über beide Jahre. Dementsprechend war in allen Varianten bei der Trockenmasse außer der Variante LG in Stadl-Paura eine Steigerung der Ergebnisse festzustellen. Diese steigerte sich von 9.661 kg TM/ha im ersten Jahr auf 12.308 kg TM/ha in Lambach bei Luzerne, bei Luzernegras von 9.237 kg TM/ha auf 11.585 kg TM/ha. In Stadl-Paura stieg die Variante L geringfügig von 4.586 kg TM/ha auf 4.923 kg TM/ha, während die Variante LG von 6.138 kg TM/ha auf 4.738 kg TM/ha sich reduzierte. In den XP-Erträgen war die Steigerung durchgängig vorhanden. So stieg dieser beispielsweise in Lambach bei Luzerne von 1.396 kg/ha XP auf 2.206 kg/ha XP. Luzernegras erhöhte sich von 1.287 kg/ha XP auf 2.009 kg/ha XP.

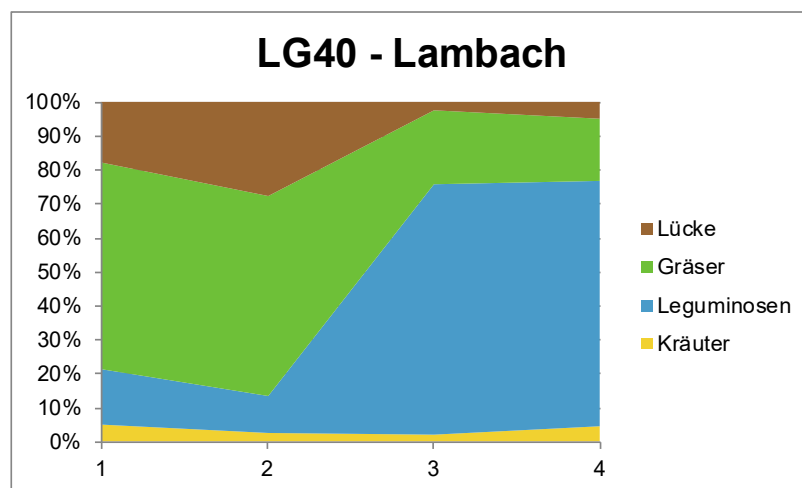


Abbildung 2: Entwicklung der Pflanzenbestände zu den vier Ernteterminen der Variante Luzernegras mit 40 kg S/ha am Standort Lambach im Untersuchungsjahr 2017, angegeben in Flächenprozent

Obwohl die Varianten R und L als Leguminosen-Reinbestände angelegt wurden, traten von Anfang an auch Gräser im Bestand auf. Durch die bereits oben erwähnte verzögerte Jugendentwicklung der Luzerne war daher bis zum zweiten Schnitt ein wesentlicher Anteil an nicht eingesäten Gräsern vorhanden. Ab dem zweiten Schnitt konnte sich die Luzerne jedoch gut behaupten und drängte die Gräser zurück (Abbildung 3).

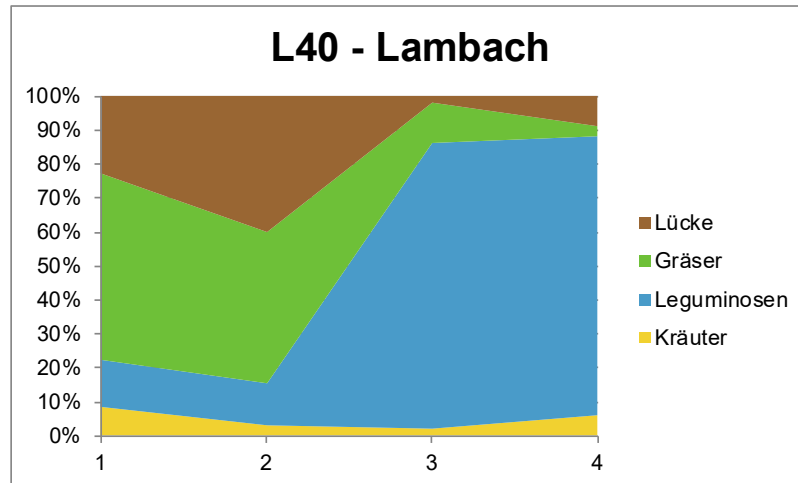


Abbildung 3: Entwicklung der Pflanzenbestände zu den vier Ernteterminen der Variante Luzerne mit 40 kg S/ha am Standort Lambach im Untersuchungsjahr 2017, angegeben in Flächenprozent

Bei den reinen Rotklee-Varianten ist dieser Effekt weniger zu beobachten, da die Entwicklung nach der Saat relativ schnell verläuft. Hier wurde ein relativ gleichbleibender Anteil an nicht eingesäten Gräsern über die Vegetationsperiode festgestellt. Bei den Varianten mit bereits eingesäter Grasmischung waren die Anteile der Gräser über alle Varianten sehr konstant und unterschieden sich nicht wesentlich voneinander. Ein direkter Zusammenhang von zunehmender Schwefeldüngung mit abnehmenden Gräseranteil wie bei anderen Versuchen konnte aber nicht festgestellt werden (vgl. Urbatzka et al. 2014). Jedoch kam auch in diesem Versuch eine wesentliche Eigenschaft des Rotklees zum Vorschein. Die in der Praxis sehr positiv nutzbare Ertragsstärke war bis zum dritten Schnitttermin festzustellen. Anschließend reduzierte sich der Anteil des Rotklees in den verschiedenen Varianten um bis zu 50 % (Abbildung 4). Im Gegensatz dazu ist beispielsweise der Weißklee bei mehreren Nutzungen wesentlich stabiler und ausdauernder. Der Ertragsrückgang in den Rotklee und Rotklee-grasvarianten zeigte sich deutlicher im zweiten Versuchsjahr. Die R-Variante in Lambach nahm von 11.772 kg TM/ha im ersten Jahr auf 6.097 kg TM/ha ab. Bei der Mischung RG wurde ein noch stärkerer Rückgang von 11.829 kg TM/ha auf 5.683 kg TM/ha beobachtet (Tabelle 6). Ähnliche Ergebnisse durch Rückgänge im Trockenmasseertrag auf sogar unter die Hälfte vom ersten Jahr wurden im Standort Stadl-Paura festgestellt. Rotklee reduzierte sich von 7.779 kg TM/ha im ersten Jahr auf 3.340 kg TM/ha im zweiten Jahr. Die Variante RG zeigte verminderten Ertrag von 8.526 kg TM/ha ausgehend auf 3.424 kg TM/ja. Noch

umfassender fiel der Rückgang im Schwefel-Ertrag aus. Rotklee fiel von 13,8 kg S/ha auf 4,15 kg S/ha, Rotklee gras von 15,2 kg S/ha auf 4,93 kg S/ha im zweiten Versuchsjahr.

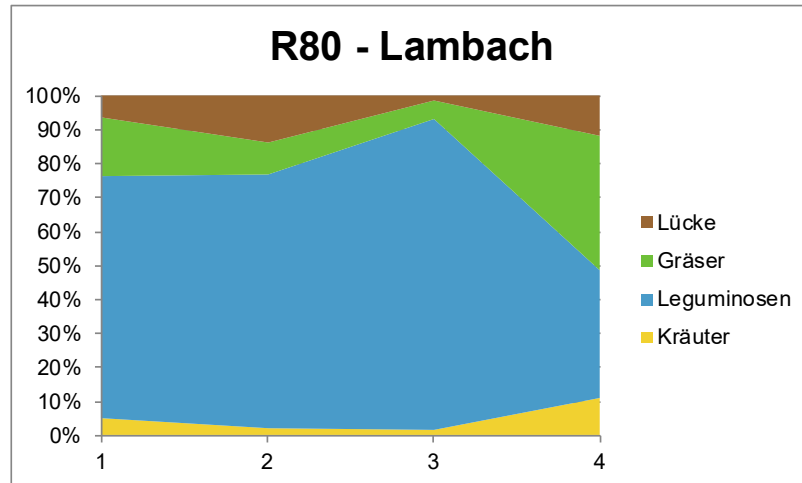


Abbildung 4: Entwicklung der Pflanzenbestände zu den vier Ernteterminen der Variante Rotklee mit 80 kg S/ha am Standort Lambach im Untersuchungsjahr 2017, angegeben in Flächenprozent

In den Varianten mit Gräsern entwickelte sich bald das Bastardraygras als dominierende Gräserart, und das obwohl es in der Saatmischung den geringsten Anteil hatte. Dies stellt jedoch eine wenig gewünschte Tatsache dar, da Bastardraygras eine intensive Düngung und in weiterer Folge hohe Schnittintensität bedingt. Daher ist diese Grasart für viele Bio-Betriebe wenig geeignet, da sie schlichtweg zu frühreif ist und zu viel an Nährstoffen benötigt.

Tabelle 6: Entwicklung der Erträge in Lambach in beiden Jahren je Mischungs-Variante

Parameter	Einheit	2017				2018			
		Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras	Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras
TM-Ertrag	kg/ha	9.661	9.237	11.772	11.829	12.308	11.585	6.097	5.683
	SEM	492	489	499	496	492	489	499	496
XP-Ertrag	kg/ha	1.396	1.287	1.770	1.681	2.206	2.009	950	867
	SEM	81,87	81,2	83,9	83,2	81,87	81,2	83,9	83,2
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha	59.067	56.935	71.460	72.834	72.061	68.286	38.220	36.097
	SEM	3102	3088	3136	3124	3102	3088	3136	3124
S-Ertrag	kg/ha	18,8	18,7	18,6	18,7	12,6	13,4	6,2	6,7
	SEM	0,83	0,82	0,84	0,84	0,83	0,82	0,84	0,84
P-Ertrag	kg/ha	36,0	37,2	39,4	40,6	52,0	49,8	24,6	22,9
	SEM	1,76	1,76	1,78	1,77	1,76	1,76	1,78	1,77

Abkürzungen:
SEM: Standardfehler, se: Residualstandardabweichung, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein, S: Schwefel, P: Phosphor

5.3 Mengen- und Qualitätserträge

5.3.1 Futterleguminosen

Grundsätzlich weisen die beiden Standorte durch die in 4.1 bereits beschriebenen Bodenverhältnisse signifikant unterschiedliche Erträge auf. Während im ersten Jahr der gesamte Durchschnittsertrag aller vier Schnitte auf der Fläche in Lambach 10.625 kg TM/ha betrug, erreichte die zweite Fläche in Stadl-Paura bei gleicher Schnitanzahl nur 6.757 kg TM/ha, einen um 36,4 % geringeren Mengenertrag (Tabelle 7 und 8). Das Ertragsniveau im zweiten Jahr reduzierte sich einerseits durch die in 5.1 angeführten klimatischen Hintergründe und andererseits durch die fortschreitende Kulturdauer signifikant auf 8.918 kg TM/ha in Lambach und 4.121 kg TM/ha in Stadl-Paura.

Tabelle 7: Erträge und und Düngungswirkung über beide Versuchsjahre in Lambach

Parameter	Einheit	Mischung (M)				S-Düngung (S)			Jahr (J)		s _e	p-Wert					
		Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras	0 kg	40 kg	80 kg	2017	2018		M	S	J	M*S	S*J	M*J
TM-Ertrag	kg/ha	10.985	10.411	8.935	8.756	9.365	10.025	9.924	10.625	8.918	759,00	<0,001	0,181	<0,001	0,037	0,452	<0,001
	SEM	467	464	474	472	437	439	441	388	388							
XP-Ertrag	kg/ha	1.801	1.648	1.360	1.274	1.436	1.558	1.569	1.533	1.508	167,08	<0,001	0,138	0,466	0,143	0,964	<0,001
	SEM	74	74	77	76	68	68	68	56,03	56,03							
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha	65.564	62.611	54.840	54.466	57.064	60.902	60.144	65.074	53.666	4.389,72	0,000	0,242	<0,001	0,039	0,405	<0,001
	SEM	2970	2955	3006	2992	2787	2798	2805	2.472	2.472							
S-Ertrag	kg/ha	15,7	16,1	12,4	12,7	13,6	14,9	14,2	18,7	9,7	1,38	<0,001	0,100	<0,001	0,065	0,461	<0,001
	SEM	0,78	0,77	0,79	0,79	0,73	0,74	0,74	0,67	0,67							
P-Ertrag	kg/ha	44,0	43,5	32,0	31,8	36,6	38,9	38,0	38,3	37,3	2,90	<0,001	0,258	0,112	0,014	0,304	<0,001
	SEM	1,66	1,65	1,68	1,67	1,55	1,56	1,56	1,37	1,37							

Abkürzungen:
p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, se: Residualstandardabweichung, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein, S: Schwefel, P: Phosphor

Tabelle 8: Erträge und und Düngungswirkung über beide Versuchsjahre in Stadl-Paura

Parameter	Einheit	Mischung (M)				S-Düngung (S)			Jahr (J)		s _e	p-Wert					
		Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras	0 kg	40 kg	80 kg	2017	2018		M	S	J	M*S	S*J	M*J
TM-Ertrag	kg/ha	4.754	5.468	5.560	5.975	5.946	5.525	5.447	6.757	4.121	513,27	<0,001	0,425	<0,001	0,510	0,789	<0,001
	SEM	155	158	152	151	142	143	143	139	139							
XP-Ertrag	kg/ha	158	153	153	148	151	152	156	142	164	9,13	0,026	0,097	<0,001	0,930	0,513	<0,001
	SEM	2,27	2,24	2,31	2,29	1,97	1,98	1,99	1,57	1,57							
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha	2.881	33.107	35.094	37.423	33.082	34.205	33.499	41.652	25.539	3.358,85	<0,001	0,406	<0,001	0,486	0,907	<0,001
	SEM	914	914	914	914	847	847	847	775	775							
S-Ertrag	kg/ha	8,79	10,7	8,96	10,1	9,6	9,8	9,6	13,0	6,30	1,23	<0,001	0,824	<0,001	0,855	0,808	<0,001
	SEM	0,32	0,32	0,32	0,32	0,29	0,29	0,29	0,26	0,26							
P-Ertrag	kg/ha	19,3	23,0	18,5	20,4	20,1	20,3	20,5	24,0	16,6	2,10	<0,001	0,809	<0,001	0,834	0,866	<0,001
	SEM	0,61	0,61	0,60	0,59	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50							

p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, se: Residualstandardabweichung, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein, S: Schwefel, P: Phosphor

Im ersten Jahr waren im Rotklee mit 9.765 kg TM/ha in Reinsaat und 10.187 kg TM/ha in Mischung die höchsten Erträge zu verzeichnen (Tabelle 9). Wie unter Punkt 5.2 bereits erläutert, sank durch die Umstände des zweiten Jahres der Gesamtertrag über die Versuchsdauer auf 7.237 kg TM/ha bzw. 7.380 kg TM/ha. Die Luzerneerträge im ersten Jahr mit 7.122 kg TM/ha beziehungsweise 7.690 kg TM/ha sind für die vorherrschenden Klimaverhältnisse als durchschnittlich zu bewerten (Tabelle 9). Es muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass dies die ersten Aufwüchse nach der Saat waren und Luzerne grundsätzlich durch eine verzögerte Jugendentwicklung etwas länger benötigt um sich zu

etablieren und damit das volle Ertragspotential zu erreichen. Durch Phasen mit sehr unzureichender Wasserversorgung verzögerte sich die Entwicklung noch mehr als erwünscht. Letztendlich lag hier der Durchschnittsertrag beider Jahre bei 7.863 kg TM/ha im Reinbestand und bei 7.942 kg TM/ha in Mischung mit den Gräsern (Abbildung 5). Wie bereits unter 5.2 beschrieben, stieg das Ertragsniveau von Luzerne im zweiten Jahr wesentlich an. Ebenso in dieser Abbildung sichtbar ist der geringfügig erhöhte Ertrag bei Rotkleeergras mit 7.380 kg TM/ha im Vergleich zu Rotklee mit 7.237 kg TM/ha. Somit ergab sich nur eine leichte Steigerung des Ertragsniveaus. In der Wirkung der Schwefeldüngung zeigte sich in diesem Zusammenhang kein signifikanter Unterschied. In Betrachtung der einzelnen Wechselwirkungen von Schwefeldüngung, Mischung und Jahr war auch keine signifikante Abhängigkeit festgestellt worden (Tabelle 7 und 8).

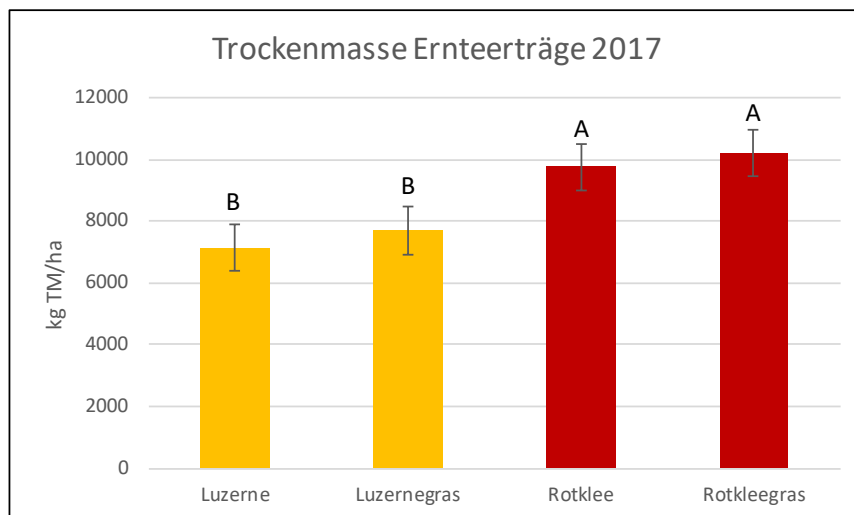


Abbildung 5: TM-Ernteerträge 2017 der vier Leguminosen-Varianten über alle Standorte

Der Rohproteinерtrag im ersten Jahr war bei den Rotkleevarianten in Reinsaat mit 1.555 kg/ha und Rotkleeergras mit 1.523 kg/ha signifikant höher gegenüber den Luzernevarianten (Tabelle 8). Diese Feststellung wurde auch im zweiten Jahr gemacht.

Tabelle 9: Mengen- und Qualitätserträge und Gehalt an XP über alle Kulturen, Düngungsstufen auf beiden Standorten 2017

Parameter	Einheit	Kultur (K)				Düngung (D)			Standort (S)		p-Wert			
		Luzerne	Luzernegras	Rotklee	Rotklee gras	ohne	40 kg S	80 kg S	Lambach	StadlPaura	K	D	S	K*D
Ertrag	kg TM/ha	7.122 ^B	7.690 ^B	9.765 ^A	10.187 ^A	8.468	8.912	8.693	10.625	6.757	<0,001	0,160	<0,001	0,164
	SEM	241	241	241	241	221	221	222	199	199				
XP-Ertrag	kg/ha	1.125 ^B	1.130 ^B	1.555 ^A	1.523 ^A	1.291	1.357	1.351	1.533	1.133	<0,001	0,280	<0,001	0,230
	SEM	38,3	38,3	38,4	38,2	33,22	33,29	33,49	27,32	27,32				
XP-Gehalt	g/kg TM	171 ^A	155 ^C	164 ^{AB}	156 ^{BC}	161	161	163	142	181	<0,001	0,561	<0,001	0,364
	SEM	2,28	2,28	2,28	2,28	1,97	1,97	1,97	1,61	1,61				

Abkürzungen: p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, abc: Post-hoc-Test Tukey-Kramer, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein

Bei den einzelnen Varianten der S-Düngungsstufen zeigte sich im ersten Jahr der Trend, dass die S-Düngung zu numerisch höheren Erträgen führte, ohne statistische Absicherung. Die Luzernevariante mit 40 kg Schwefel (L40) lag mit 7.692 kg TM/ha numerisch höher als die beiden anderen Varianten. Bei den Luzernegrasvarianten lagen die ungedüngte Variante (Lo) und die L40 gleich auf, die L80 zeigte dagegen einen geringeren Ertrag (Tabelle 10).

Tabelle 10: Mengen- und Qualitätserträge sowie Gehalt an XP über alle Kulturen und Düngungsstufen 2017

Parameter	Einheit	Luzerne			Luzernegras			Rotklee			Rotklee gras		
		ohne	40 kg S	80 kg S	ohne	40 kg S	80 kg S	ohne	40 kg S	80 kg S	ohne	40 kg S	80 kg S
Ertrag	kg TM/ha	6639	7692	7036	7918	7921	7229	9248	9834	10213	10067	10202	10293
	SEM	360	362	362	359	357	357	357	362	360	357	362	357
XP-Ertrag	kg/ha	1001	1208	1164	1168	1168	1054	1490	1555	1619	1506	1496	1567
	SEM	65,02	65,60	65,57	65,00	64,47	64,47	64,47	65,58	65,03	64,48	65,55	64,47
XP-Gehalt	g/kg TM	164	172	177	156	155	153	166	162	164	157	153	159
	SEM	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95

Abkürzungen: SEM: Standardfehler, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein

Die Rotkleevarianten reagierten auf die S-Düngung deutlicher. Bei der höchsten Düngungsstufe (R80) zeigte sich auch der höchste TM-Ertrag (10.213 kg TM/ha) und auch die maximalen Gehalte an Rohprotein (XP), was in Summe zu den höchsten erreichten XP-Ernteerträgen führte (Abbildung 6).

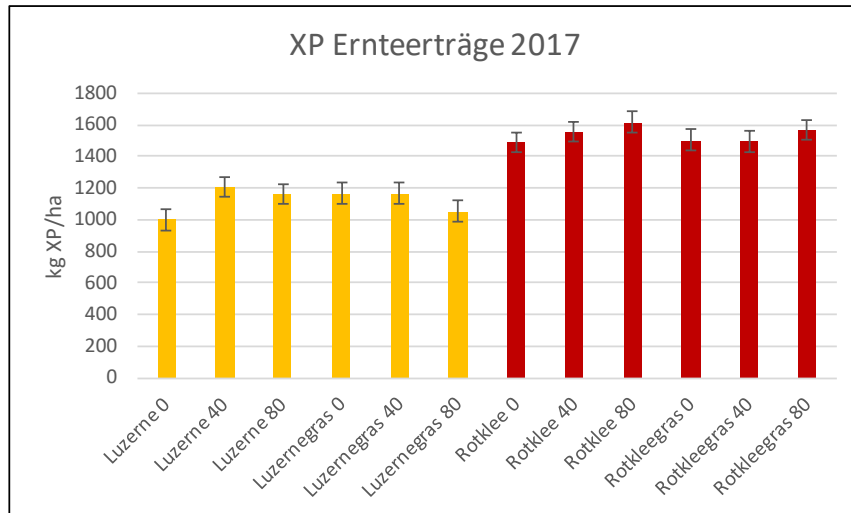


Abbildung 6: XP-Ernteerträge aller Varianten im ersten Jahr über alle Standorte

Zwischen den einzelnen Ernteterminen der beiden Versuchsjahre zeigten sich keine signifikanten Auswirkungen in der Schwefeldüngung. Auch die Messungen des Blattflächenindex zeigten keine statistischen Unterschiede.

In der Gesamtauswertung der Düngestufen über beide Jahre wurde keine Signifikanz festgestellt. Die höchsten TM-Erträge wurden jeweils bei der Düngung mit 40 kg/ha S erreicht. Am Standort Lambach wurden 10.025 kg TM/ha verzeichnet, in Stadl-Paura 5.525 kg TM/ha. Es folgte die Variante 80 kg/ha S mit 9.924 kg TM/ha in Lambach und 5.445 kg TM/ha in Stadl-Paura. Die geringsten Erträge verzeichnete die Nullvariante. Im Rohproteintrag wurden jedoch knapp höhere Werte bei der Düngung mit 80 kg/ha S erreicht. Am Beispiel Lambach sind das 1.569 kg/ha XP gegenüber 1.558 kg/ha XP (Tabelle 7 und 8). Im Jahresvergleich lag 2017 die Düngungsstufe mit 40 kg/ha S an erster Stelle mit 10.949 kg TM/ha, im Jahr 2018 die Variante mit 80 kg/ha S mit 9.211 kg TM/ha (Tabelle 11). Die Werte für den zweiten Standort werden hier aufgrund des niedrigen Ertragsniveaus nicht erläutert.

Tabelle 11: Mengen- und Qualitätserträge über alle Mischungen und Düngungsstufen im jahresweisen Vergleich

Parameter	Einheit	0 kg S		40 kg S		80 kg S	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018
TM-Ertrag	kg/ha	10.287	8.443	10.949	9.102	10.638	9.211
	SEM	457	457	459	459	461	461
XP-Ertrag	kg/ha	1.455	1.417	1.569	1.546	1.576	1.561
	SEM	73,7	73,7	74,1	74,1	74,5	74,5
Energie-Ertrag	MJ NEL/ha	62.991	51.138	67.215	54.589	65.017	55.271
	SEM	2893	2893	2904	2904	2911	2911

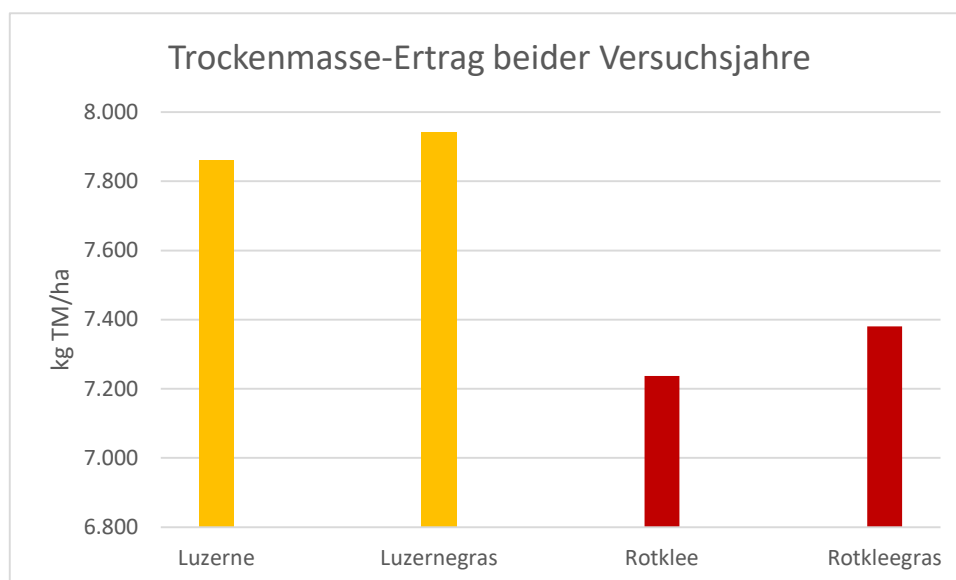


Abbildung 7: TM-Erträge der Mischungsvarianten über die Jahre 2017 und 2018

Bei der Reaktion der Mischungen auf die Düngungsstufen setzten sich die Beobachtungen vom ersten Jahr in der Gesamtauswertung fort. Luzerne zeigte in Lambach mit 12.039 kg TM/ha den höchsten Ertrag in der Variante L40. Bei Luzernegras manifestierte sich die Variante L0 als führend mit 11.194 kg TM/ha, darauf folgende L40 und L80. Bei beiden Rotkleevarianten waren auch hier gesamt gesehen die Varianten R80 mit 9.297 kg TM/ha

und RG80 mit 9.519 kg TM/ha jene, die am meisten von der Düngung profitierten (Tabelle 12).

Tabelle 12: Mengen- und Qualitätserträge über alle Mischungen und Düngungsstufen überjährig am Standort Lambach

Parameter	Einheit	Luzerne			Luzerne-Gras			Rotklee			Rotklee-Gras		
		0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg
TM-Ertrag	kg/ha	9.603	12.039	11.311	11.194	10.469	9.570	8.532	8.975	9.297	8.131	8.618	9.519
	SEM	655	655	638	638	638	638	638	655	638	637	637	638
XP-Ertrag	kg/ha	1.550	1.970	1.883	1.728	1.676	1.540	1.301	1.348	1.430	1.164	1.236	1.422
	SEM	116	116	111	111	111	111	111	116	112	112	112	111

Am Standort Stadl-Paura war einzig bei Rotklee gras abweichende der höchste Effekt der Düngung in der ungedüngten Variante mit 6.031 kg TM/ha zu finden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Mengen- und Qualitätserträge über alle Mischungen und Düngungsstufen überjährig am Standort Stadl-Paura

Parameter	Einheit	Luzerne			Luzerne-Gras			Rotklee			Rotklee-Gras		
		0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg	0 kg	40 kg	80 kg
TM-Ertrag	kg/ha	4.774	4.899	4.590	5.338	5.547	5.518	5.239	5.623	5.816	6.031	6.029	5.864
	SEM	219	226	225	224	224	220	220	220	225	219	226	219
XP-Ertrag	kg/ha	154	158	163	151	154	154	152	149	158	146	147	151
	SEM	3,88	3,88	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,87	3,77	3,76	3,76	3,78

5.3.2 Winterweizen

In der Nachfrucht Winterweizen wurden im Trockenmasseertrag keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Jedoch zeigte die Zusammensetzung der Futterleguminosen-Mischung einen höheren Einfluss als die Schwefeldüngung an. Dabei waren die Varianten mit Luzerne im Ertrag um knapp zehn Prozent höher gelegen als die Varianten mit Rotklee. Nach dem Umbruch von Luzerne konnten am Standort Marktfeld 4.510 kg TM/ha erreicht werden, nach Luzernegras 4.440 kg TM/ha. Nach Rotklee wurden 4.180 kg TM/ha erreicht, nach Rotklee gras 4.130 kg TM/ha. Die Ergebnisse dazu sind in Tabelle 14 ersichtlich, wobei die Erträge in Dezitonnen aus technischen Gründen angegeben sind. Am zweiten Standort Stadl-Paura (Tabelle 15) lagen die Erträge in den Varianten in einem Bereich zwischen 2.400 kg TM/ha nach Luzerne und 2.630 kg TM/ha nach Luzernegras. Die Varianten nach Rotklee und Rotklee gras lagen in diesem Fall innerhalb der Bandbreite bei Luzerne und waren somit nicht wesentlich niedriger als im Vergleich zum Standort Lambach.

Tabelle 14: Statistische Daten der Mengen- und Qualitätserträge bei Winterweizen als Nachfrucht am Standort Lambach

Parameter	Einheit	Mischung (M)				S-Düngung (S)			S _e	p-Wert		
		Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras	0 kg	40 kg	80 kg		M	S	M*S
TM-Ertrag	dt/ha	45,1	44,4	41,8	41,3	43,0	43,3	43,2	0,97	0,147	0,982	0,574
	SEM	2,26	2,26	2,26	2,26	2,15	2,15	2,15				
XP-Ertrag	dt/ha	6,69	6,58	5,95	5,89	6,26	6,28	6,29	0,86	0,054	0,997	0,660
	SEM	0,40	0,40	0,40	0,40	0,38	0,38	0,38				

Abkürzungen:
p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, se: Residualstandardabweichung, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein

Im XP-Ertrag konnte jedoch ein signifikanter Einfluss der jeweiligen Mischungen festgestellt werden, nicht aber in der Wirkung der Schwefeldüngung. Mit 669 kg/ha XP in Lambach und 391 kg/ha XP in Stadl-Paura wurden die höchsten Werte nach Luzerne erreicht. Nachfolgend lagen die Varianten mit Luzernegras bei 658 kg/ha XP und 362 kg/ha XP auf beiden Standorten. Dementsprechend lagen anschließend sämtliche Varianten mit Rotklee- und der Grasbeimischung analog zu den Trockenmasseerträgen wieder dahinter zwischen 595 kg/ha XP und 339 kg/ha XP.

Tabelle 15: Statistische Daten der Mengen- und Qualitätserträge bei Winterweizen als Nachfrucht am Standort Stadl-Paura

Parameter	Einheit	Mischung (M)				S-Düngung (S)			S _e	p-Wert		
		Luzerne	Luz.-Gras	Rotklee	Rot.-Gras	0 kg	40 kg	80 kg		M	S	M*S
TM-Ertrag	dt/ha	26,3	24,0	25,0	24,4	24,7	25,0	25,0	0,92	0,125	0,924	0,344
	SEM	0,79	0,79	0,79	0,79	0,70	0,70	0,70				
XP-Ertrag	dt/ha	3,91	3,62	3,42	3,39	3,56	3,57	3,61	0,34	0,002	0,896	0,522
	SEM	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10				

Abkürzungen:
p-Wert: Signifikanzwert, SEM: Standardfehler, se: Residualstandardabweichung, TM: Trockenmasse, XP: Rohprotein

Die Trockenmasse- und Rohproteinерträge der jeweiligen Düngungsstufen und Mischungen verhielten sich ähnlich zu den TM-Erträgen der Futternutzungen. So erreichte beispielsweise die Variante L40 mit 4.440 kg TM/ha und 669 kg/ha XP die höchsten Werte. Nach Rotklee war die Variante R80 mit 4.420 kg TM/ha und 639 kg/ha XP führend. Bei den Grasmischungsvarianten wurde in der RG40 jeweils 4.240 kg TM/ha und 603 kg/ha XP erreicht.

6. Diskussion

Durch im Boden verfügbaren Schwefel wird der Mechanismus, der für Leguminosen bedeutenden Stickstofffixierung und auch der Proteinsynthese begünstigt und ermöglicht somit in weiterer Folge höhere Proteingehalte. Grundsätzlich ist Elementarschwefel langfristig wirksam, weshalb der Versuch überjähig angelegt wurde. Aufgrund der ungünstigen Witterungsbedingungen mit überdurchschnittlich warmen und trockenen Abschnitten (ZAMG, 2018) konnten jedoch keine statistisch absicherbaren Ergebnisse abgeleitet werden, obwohl eindeutige Tendenzen vorhanden waren. Daher konnte ein deutlicher Effekt im zweiten Nutzungsjahr nicht gezeigt werden, welcher nicht nur bei Elementarschwefel, sondern auch bei schneller wirksamen Sulfatdüngern auftreten kann (Böhm, 2016). Entgegen den Erwartungswerten aus vorangegangenen Versuchen (Starz, 2013) erzielte der Rotklee im ersten Jahr die höchsten Erträge und befindet sich damit auf einer Ebene mit Dauergrünland (Starz et al. 2017). Im nachfolgenden Jahr jedoch sank die Ertragsleistung stark ab. Dies stellt eine für den Rotklee typische, bereits in früheren Versuchen (Starz, 2013) konstatierte Eigenschaft dar. Die ungünstigen Witterungsbedingungen verstärkten diese Entwicklung noch dazu. Die Luzerneerträge im ersten Jahr sind für die vorherrschenden Klimaverhältnisse als durchschnittlich zu bewerten. Im pannonischen Klimaraum Österreichs (450 mm Jahresniederschlag) wurden in Luzerne-Versuchen Ernteerträge von 4.150-8.000 kg TM/ha (Freyer et al., 2006) erreicht. Dem gegenüber stehen überdurchschnittlich hohe Kleeerträge aus einer bayrischen Untersuchung (Braun et al., 2009), was auch von den Autoren angemerkt wurde. Die Gesamterträge reduzierten sich im zweiten Jahr aufgrund der unterdurchschnittlichen Ergebnisse bei Rotklee. Die verzeichnete Steigerung des Ertragsniveaus bei Luzerne konnte dies nicht auffangen. Die uneinheitlichen Ergebnisse der Düngewirkung beim Luzernegras über beide Jahre betrachtet am Standort Lambach ließen sich auch nach Analyse der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes nicht aufklären.

In den Trockenmasse- und auch Schwefelerträgen zwischen beiden Jahren gab es signifikante Unterschiede am Standort Lambach. Entgegen den Erfahrungen anderer Versuche (Urbatzka, Eckl et al. 2019) wurde kein Zusammenhang mit der Schwefeldüngung festgestellt. Hier wirkte die trockene Witterung über weite Strecken negativ auf die Umsetzung des Elementarschwefels. Ebenso bei der Entwicklung respektive des Rückgangs im Ertrag zwischen dem ersten und zweiten Jahr spielt war die Witterung der Hauptgrund für den Ertragsabfall. Da die klimatische Komponente aber weder wissenschaftlich noch statistisch genau herauszufiltern ist, kann die Abnahme der

Leistung des Futterleguminosenbestandes nicht exakt beurteilt werden. Verstärkt treffen diese Rückgänge in den gemessenen Parametern auf den Standort Stadl-Paura zu, wo aus vorhin angeführten Gründen ein Schnitt komplett ausfiel. Hier traten in allen untersuchten Parametern signifikante Unterschiede auf. Dies ist auf die geringe Feldkapazität des Standorts zurückzuführen, welche sich unter den gegebenen Witterungsbedingungen stark auswirkte. Ähnliche Beobachtungen wurden in der Nachfrucht Winterweizen festgestellt. Dass generell keine signifikante Düngewirkung bei den trockenen Witterungsumständen festgestellt wurde, deckt sich mit den Beobachtungen von (Vocking 2016) in Schwefeldüngungsversuchen zu Luzerne in Gebieten mit weniger Niederschlag als am Versuchsstandort. Speziell am Standort Marktfeld sind die Unterschiede zwischen den Düngungsstufen ausgeprägt, wenn auch ohne Signifikanz. Uneinheitliche Ergebnisse in der Düngerwirkung auf die Nachfrucht wurden teilweise auch von (Riffel, Hornischer et al. 2013) festgestellt. Dies untermauert die These, dass in Jahren mit ausgeglichener Wasserversorgung ein statistischer Unterschied gegeben sein kann, da der Standort Marktfeld wesentlich länger mit Bodenfeuchte versorgt wird im Vergleich zu Stadl-Paura.

In der Nachfrucht Winterweizen wurde nur eine Wirkung der Mischungszusammensetzung der Vorfrucht beobachtet, nicht jedoch eine signifikante Steigerung des Ertrags und der Inhaltsstoffe. Der Standort Stadl-Paura erreichte hierbei ein äußerst niedriges Ertragsniveau, welches auf knapp der Hälfte vom zweiten Standort lag und auch nicht üblichen Erträgen im biologischen Ackerbau entspricht (Bryzinski and Hülsbergen 2014). Dies ist auf der geringen Wasserspeicherfähigkeit begründet und zeigte sich hier fortgesetzt analog zu den Ergebnissen der Futterleguminosen. Da insbesondere die Phasen zur Ertragsbildung eine ausreichend nutzbare Feldkapazität voraussetzen, konnte auf diesem Standort nur sehr unterdurchschnittliche Erträge erreicht werden und die Variation zum Standort Marktfeld war entsprechend groß, mehr noch wie in dezidierten Versuchen dazu festgestellt wurde (Simon, Nätscher et al. 2019). Die höchsten TM-Erträge nach Luzerne sind auf deren höhere Fixierleistung zurückzuführen. Diese Tatsache stützt die Bedeutung von Luzerne nicht nur als hervorragende Futterpflanze, sondern auch als wichtiges Fruchfolgeinstrument. Die jedoch signifikant messbaren Auswirkungen im XP Gehalt wurden teilweise auch in anderen Versuchen festgestellt (Urbatzka 2016).

7. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres zeigten einen Trend, was die Schwefeldüngung betrifft. Rotklee und die Rotklee-gras-Mischungen erreichten die numerisch höchsten Werte in den mit Schwefel gedüngten Varianten. Durch ungünstige Wachstumsbedingungen für Futterleguminosen aufgrund negativer Witterungseinflüsse konnten keine statistisch abgesicherte Ergebnisse über beide Jahre abgeleitet werden, auch wenn sich der Trend aus dem ersten Jahr fortsetzte und eine eindeutige Richtung anzeigte. Da Schwefel zentral im Fixierungsprozess der Leguminosen und in weiterer Folge wichtig für den Proteinaufbau in den Leguminosen ist, ist davon auszugehen, dass dieser Nährstoff vermehrt Thema in der Pflanzenernährung wird. Gerade in der Biologischen Landwirtschaft haben sowohl die Futter- als auch die Körnerleguminosen eine bedeutende Stellung. Die Optimierung des Anbaus dieser für die Bio-Landwirtschaft wesentlichen Kulturen ist zentral für eine erfolgreiche Bio-Fruchtfolge. Hierzu ist festzuhalten, dass die im Versuch gestiegenen, aber nicht signifikant erhöhten Mengen- und Qualitätserträge zwar grundsätzlich Vorteile mit sich bringen. Jedoch ist auch die wirtschaftliche Komponente in Abhängigkeit des jeweiligen Futterpreises und der Düngerkosten wesentlich zu berücksichtigen. Durch die in letzter Zeit sehr volatilen Preise kann daher keine generelle Aussage getroffen werden. Im Rahmen dieser Optimierung wird aber zukünftig auch die Düngung mit Schwefel einen Teil einnehmen und bedarf dazu weiterer Versuche, damit endgültige Empfehlung für die Betriebe daraus abgeleitet werden können. An dieses Projekt knüpft ein nachfolgendes DaFNE Projekt mit der Nummer 101524 an, welches noch im Laufen ist und weitere, diverser gestreute Fragen im Bereich der Düngung von Futterleguminosen behandelt.

Weiträumige Untersuchungen zu den Schwefelgehalten im Boden liegen für Österreich leider nicht vor. Jedoch zeigen neue, langjährige Untersuchungen in Süddeutschland, welche stichprobenartig in Österreich zum gleichen Ergebnis kamen, dass ein großflächiger Schwefelmangel nicht vorherrscht. Insbesondere in Gemischbetrieben und bei organischer Düngung am Betrieb beziehungsweise im Rahmen der Fruchtfolge kommen in der Regel ausreichende Gehalte an Schwefel vor. Obwohl diese Untersuchungen vorwiegend im Grünland stattfanden, ist ein ähnliches Bild im Ackerbau anzunehmen. Lediglich auf leichten Böden kann besonders im Frühjahr bei unzureichender Mineralisation ein eher kurzfristiger Schwefelmangel auftreten. Solche Zustände können aber nur durch Einsatz von Sulfatdüngern geändert werden, nicht mit elementarem Schwefel wie in diesen Versuchen eingesetzt.

In weiteren, internen DaFNE Projekten zu diesem Thema im Grünland wurden zwar ertragssteigernde Effekte festgestellt. Diese waren eher gering und der ökonomische Gewinn ist unwesentlich beziehungsweise nicht vorhanden. Ein besseres Bild zur Schwefeldüngung- und Versorgung in Mitteleuropa wird eine momentan durchgeführte Auswertung von über 1000 Versuchsvarianten in Deutschland ergeben. Ein Abschluss dabei ist im Jahr 2023 zu erwarten. Daher können diese Ergebnisse in das oben zitierte Folgeprojekt eingearbeitet werden.

Darüberhinaus sind aktuelle Entwicklungen und Anforderungen im biologischen Ackerbau von großer Bedeutung. Einerseits wird durch eine steigende Anzahl an viehlosen Ackerbaubetrieben die Notwendigkeit von Feldfutter in der Fruchtfolge zunehmen, welche das Futter in Rahmen von Betriebskooperationen an viehhaltende Betriebe weitergeben können. Im Sinnen des möglichst geschlossenen Kreislaufs in der biologischen Landwirtschaft könnte hier mit dem organischen Dünger ein Teil der Nährstoffe wieder auf die Ackerfläche rückgeführt werden. Gerade auch in Anbetracht der sich mehrenden Perioden von fehlendem Grundfutter aus dem Grünland für Viehbetriebe aufgrund von Hitze- und Trockenphasen durch den Klimawandel sind Futterleguminosen ein wichtiger Aspekt. Dies hat auch in der Bilanz von klimawirksamen Gasen wie Lachgas einen bedeutenden Effekt. Durch den Abtransport für die Futternutzung werden diese Emissionen entsprechend reduziert (Stumm and Köpke 2016).

8. Literatur

Anderl, M., Gangl, M., Haider, S., Poupá, S., Purzner, M., Schieder, W., Titz, M., Tista, M., Stranner, G. & Zechmeister, A. (2018): Emissionstrends 1990-2015. Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich. Wien, Umweltbundesamt

Böhm, H. (2016): Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Klee-Gras im Ökologischen Landbau. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. Gießen, Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. 28: 297.

Braun, M., Schmid, H. und Grundler, T. (2009): Vergleich verschiedener Klee-Gras-Mischungen anhand der Wurzel- und Sprossleistung. In: Wiesinger, K. und Cais, K. (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband, Schriftenreihe der LfL 7, S 35-42.

Bryzinski, T. and K. Hülsbergen (2014). "Analyse von Ertragseffekten ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf Grundlage eines Dauerfeldversuchs in Süddeutschland." Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.(26): 234-235.

Dietl, W. und Lehmann, W. (2004): Ökologischer Wiesenbau – Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, S 76-90.

eBOD(2018):
http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD
(11.12.2018)

Freyer, B. (2003). Fruchtfolgen - konventionell, integriert, biologisch. Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH & Co.

Freyer, B., Pietsch, G., Hrbek, R. und Winter, S. (2005): Futter- und Körnerleguminosen im Biologischen Landbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.

Freyer, B., Pietsch, G., Friedel, J., Starz, W., Kikuta, S., Loiskandl, W. und Strauss-Sieberth, A. (2006a): Biological Nitrogen Fixation of different Legume Species under

Water Stress – BIOfix Project. Abschlussbericht, Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau.

Gruber, H., A. Titze and C. Wegner (2015). "Schwefeldüngung von Leguminosen im Öko-Landbau." Beiträge zum ökologischen Landbau. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 56: 62-70.

Pahlow, G., C. Rammer, D. Slottner and M. Tuori (2002). "Silierung traditioneller sowie neuer Futterleguminosen." Mitt. AG Grünland und Futterbau: 142-145.

Riffel, A., H. Hornischer, S. A. Fischinger, G. Leithold and K. Becker (2013). Wirkung einer Schwefeldüngung zu einem Luzerne-Klee gras-Bestand auf den Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen. 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau. D. Neuhoff, C. Stumm and S. Ziegler. Bonn: 214-215.

Simon, R., L. Nätscher and H. J. Reents (2019). "Standort- und Ertragsvariabilität eines ökologischen Winterweizenbestands im bayerischen Tertiärhügelland." Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019.

Starz, W., Pfister, R., Rohrer, H., Hein, W., Waschl, H. & Steinwider A. (2013). Eignung unterschiedlicher Klee gras-Bestände für den biologischen Landbau im oberösterreichischen Alpenvorland und deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen. Abschlussbericht.

Stumm, C. and U. Köpke (2016). "Ertragswirkung und Klimarelevanz alternativer Nutzungsformen von Futterleguminosen im viehlosen Acker- und Gemüsebau." Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. 28: 72-73.

Urbatzka, P. (2016). Einfluss der Art und Höhe einer Schwefeldüngung im zweijährigen Klee gras und Auswirkung auf die Nachfrucht Winterweizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. Gießen, Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. 28: 297.

Urbatzka, P., T. Eckl, W. Miederer, A. Urgibl and J. Uhl (2019). "Ertrag des Klee grasses im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr in Abhängigkeit des Schwefeldüngers und der Düngungshöhe." Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019.

Vockinger, F. (2016). Effect of sulphur fertilisation on yield, nodulation and N₂ fixation of lucerne and yield of winter wheat on organically managed fields in the Pannonian region of North-East Austria Masterthesis, Universität für Bodenkultur Wien.

HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

ZAMG, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2018):
https://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_frame1.htm (11.12.2018) 1971

ZAMG, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2018):
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/daten-download/klimamittel> (11.12.2018)



HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Raumberg 38, 8952 Irdning

raumberg-gumpenstein.at