



On-Farm Gips-Kalk Folgeversuch im Grünland und Feldfutterbau (Gips-Kalk Power 2.0)

Stand / Dezember 2023

Ein Projekt des Institut fir Biologesch Landwirtschaft an Agrarkultur Luxemburg a.s.b.l. (IBLA) in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftlichen Kooperation Uewersauer (LAKU), finanziert durch das Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural.

> Herausgeber

IBLA | 1, Wantergaass | L-7664 Medernach | www.ibla.lu

LAKU | 15, Rue de Lultzhausen | L- 9650 Esch-sur-Sûre | www.naturpark-sure.lu

> Autoren: Ben Mangen, Paul Nickels



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Agriculture,
de l'Alimentation et de la Viticulture

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Zielsetzung.....	4
1.1.	Kurzbeschreibung der Problematik mit Zielsetzung.....	4
1.2.	Rückblick auf Versuchsjahr 2022	5
2.	Material & Methoden	6
2.1.	Standorte.....	6
2.2.	Düngungsvarianten und Düngung.....	7
2.3.	Bestimmung der Leguminosenanteile	8
2.4.	Ertragserhebungen	9
2.5.	Nährstoffanalysen	10
2.6.	Bodenproben.....	10
3.	Ergebnisse und Diskussion.....	11
3.1.	Standort Kalborn.....	11
3.1.1.	Bonituren.....	11
3.1.2.	Ertragserhebungen.....	12
3.1.3.	Rohproteinanalysen	15
3.1.4.	Bodenproben.....	16
3.2.	Standort Kahler.....	18
3.2.1.	Bonituren.....	18
3.2.2.	Ertragserhebungen.....	19
3.2.3.	Rohproteinanalysen	19
3.2.4.	Bodenproben.....	20
3.3.	Standort Eschdorf Feldfutterparzelle.....	22
3.3.1.	Bonituren.....	22
3.3.2.	Ertragserhebungen.....	23
3.3.3.	Rohproteinanalysen	23
3.3.4.	Bodenproben.....	24
3.4.	Standort Eschdorf Grünlandparzelle.....	26
3.4.1.	Bonituren.....	26
3.4.2.	Ertragserhebungen.....	27
3.4.3.	Rohproteinanalysen	27
3.4.4.	Bodenproben.....	28
3.5.	Standort Toodlermillen.....	30
3.5.1.	Bonituren.....	30
3.5.2.	Ertragserhebungen.....	31
3.5.3.	Rohproteinanalysen	32
3.5.4.	Bodenproben.....	33
3.6.	Vergleich der Standorte	34

4. Wissenstransfer	36
5. Fazit.....	37
Literatur.....	38
Anhang.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untere Ansicht des Kastenstreuers mit Lochscheibe	7
Abbildung 2: Hintere Ansicht des Kastenstreuers bei der Ausbringung des Kalkes.	8
Abbildung 3: Boniturrahmen mit elektrischer Handschere für die Erhebungen.....	9
Abbildung 4: Kleeanteile aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.	11
Abbildung 5: Erträge aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.....	12
Abbildung 6: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 2. Schnitt 2022 am Standort Kalborn.	13
Abbildung 7: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 3. Schnitt 2022 am Standort Kalborn.	14
Abbildung 8: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 1. Schnitt 2023 am Standort Kalborn	14
Abbildung 9: Rohproteingehalte aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.	15
Abbildung 10: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.....	18
Abbildung 11: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.	19
Abbildung 12: Rohproteingehalte der zwei Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.	20
Abbildung 13: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf der Feldfutterparzelle in Eschdorf.	22
Abbildung 14: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf der Feldfutterparzelle in Eschdorf.	23
Abbildung 15: Rohproteingehalte der beiden Versuchsjahre der Feldfutterparzelle in Eschdorf.	24
Abbildung 16: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.	26
Abbildung 17: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf dem Grünlandstandort in Eschdorf.	27
Abbildung 18: Rohproteingehalte der beiden Versuchsjahre auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standorteigenschaften der Versuchsflächen.....	6
Tabelle 2: Düngungsvarianten der Versuchspartellen.	7
Tabelle 3: Bestimmungstermine des Leguminosenanteil auf allen Standorten.	8
Tabelle 4: Termine der Ertragserhebungen auf allen Standorten.....	9
Tabelle 5: Termine der Nährstoffanalysen auf allen Standorten.	10
Tabelle 6: Bodenanalyseresultate auf dem Standort Kalborn.....	17
Tabelle 7: Bodenprobenergebnisse auf dem Standort Kahler.	21
Tabelle 8: Bodenprobenresultate der Feldfutterparzelle in Eschdorf.....	25
Tabelle 9: Bodenprobenresultate auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.....	29

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1. Kurzbeschreibung der Problematik mit Zielsetzung

Neben niedrigen pH-Werten, liegt auf vielen landwirtschaftlichen Flächen aufgrund unzureichender Kalkung oder unangepasster Düngung eine mangelnde Calcium-Verfügbarkeit für Pflanzen, ein unausgewogenes Verhältnis von Ca zu Mg auf dem Ton-Humus-Komplex und ein wenig stabiles Bodengefüge vor. Zudem sind viele landwirtschaftliche Kulturen, vorwiegend in ihrer Jugendentwicklung, einem möglicherweise starken Mangel an Schwefel ausgesetzt. Dies spiegelt sich oftmals in einer verminderten Ertragsqualität sowie -quantität wider (bspw. bei Leguminosen, Feldfutter, Mais). Letztlich können in den sehr stark sauren Bereichen des Unterbodens freie Al^{3+} -Kationen freigesetzt werden, die aufgrund ihrer Phytotoxizität das Wurzelwachstum behindern. Dies hat ein vermindertes Pflanzenwachstum und daraus resultierende verringerte Ernteerträge zur Folge. Doch auch wenn die pH-Werte in einem akzeptablen Bereich liegen, spielt die ausreichende Verfügbarkeit von Calcium und Schwefel sowie die Bindung phytotoxischer Aluminium-Ionen im Untergrund im Hinblick auf eine angestrebte Ertragsstabilisierung eine entscheidende Rolle.

In vielen landwirtschaftlichen Betrieben gehört die Kalkung aufgrund ihrer nur sehr langsam ersichtlichen Wirkung nicht zur routinemäßigen Praxis, sondern wird nur unzureichend durchgeführt. Dabei kommen oft gröbere und billigere Kalke mit langsamer Wirkung zum Einsatz. Anders als von den landwirtschaftlichen Beratungsstellen seit Jahrzehnten mit Nachdruck gefordert und als gute fachliche Praxis angesehen, spielt die Kalkung bei einer Vielzahl der landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet des Obersauer-Stausees und über dessen Grenzen hinaus nur eine untergeordnete Rolle. Die Ausbringung von reinem Gips hat hierzulande aufgrund mangelnder Aufklärung bisher noch keinen Einzug in die landwirtschaftliche Praxis erhalten. Gips kann, im Gegensatz zum Carbonat, wesentlich leichter in den Untergrund der Böden eingewaschen werden und dort die Aluminiumtoxizität neutralisieren. Carbonat hat eher eine Wirkung auf die Neutralisierung der H_3O^+ -Kationen im Oberboden.

Der Nährstoff Schwefel ist in der Pflanze Bestandteil von essenziellen Aminosäuren wie Cystin, Methionin u.v.a., welche wiederum für eine optimale Proteinsynthese sowie Pflanzenentwicklung benötigt werden (Becker et al, 2016). Die Schwefeldüngung soll den Protein- aber auch den Energiegehalt im Futter erhöhen, was wiederum die Tierernährung und die Eiweißautarkie des Betriebes verbessert (Feichtinger, ohne Datum). Zusätzlich ist Schwefel ein wichtiger Baustein für die Stickstoff (N)-Fixierung bei Leguminosen (Gruber et al, 2019). Als N-Fixierer weisen Leguminosen daher einen höheren Schwefelbedarf auf als beispielsweise Getreide oder reine Gräserbestände.

Schwefel wurde durch die industrielle Verbrennung in hohen Mengen in die Luft emittiert und hierüber in den Boden eingetragen. Dies hob den Bodenvorrat an und half, den Bedarf der Kulturpflanzen zu decken (Becker et al, 2016). Jedoch sind die Schwefeleinträge in den Boden durch die Modernisierung der Industrie (Rauchgasentschwefelung) bis heute stark gesunken, wodurch in vielen Ackerböden ein Mangel an Schwefel herrscht (Becker et al, 2016). Im Gegensatz zu anderen Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor oder Kalium wird dem Schwefel bis heute jedoch wenig Aufmerksamkeit geschenkt (Becker et al, 2016).

Aufgrund der klimatischen Bedingungen der vergangenen Jahre und den daraus resultierenden Trockenperioden herrschte auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben in Luxemburg Futterknappheit, welche möglicherweise auch durch einen Mangel an Schwefel zusätzlich verstärkt wurde. Es ist daher unabdingbar, sowohl im konventionellen Feldfutteranbau als auch in besonderem Maße im biologischen Landbau die Klee- und Luzernegrassbestände mit ausreichend Schwefel zu versorgen, um die Erträge aufrecht zu erhalten und genügend Stickstoff für die Folgekulturen zu binden. Durch die Futterknappheit auf einem Großteil der luxemburgischen Betriebe ist die Adaptation des Feldfutteranbaus in den Fokus gerückt und stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung Anpassung an den Klimawandel dar.

In der organischen Substanz des Bodens ist dieser Nährstoff zwar vorhanden, doch er muss durch Boden-Mikroorganismen pflanzenverfügbar gemacht werden (Gruber et al, 2019). Diese Schwefelmobilisierung geschieht erst ab einer gewissen Temperatur sowie Bodenfeuchte und benötigt vor allem Zeit (Gruber et al, 2019). Diese beiden Faktoren sind jedoch vor allem bei trockenen Phasen während der Vegetationsperiode, wo Schwefel am dringendsten benötigt wird, nicht immer gegeben.

Im konventionellen Landbau kann dem Schwefelmangel mit mineralischen Harnstoffdüngern, welche teilweise einen hohen Anteil an leicht verfügbarem Sulfat haben, entgegengewirkt werden. Im Einzugsgebiet des Obersauer Stausees ist die Ausbringung mineralischer Dünger teilweise begrenzt. Im Biolandbau, bei dem auf die Ausbringung von mineralischen Düngern komplett verzichtet wird, muss auf natürliche Stoffe wie Naturgips (Calciumsulfat) zurückgegriffen werden, welcher einen Anteil von rund 20 % direkt pflanzenverfügbarem Sulfat aufweist.

Die Verfügbarkeit, aber auch der Gehalt vom Schwefel ist nicht in allen (biologisch) zugelassenen Düngern gleich. Naturgips hat mit einem Gehalt von rund 22% Schwefel in Form von Sulfat zwar einen deutlich niedrigeren Schwefelgehalt als Schwefellinsen mit rund 90% Schwefel, doch bei den Schwefellinsen liegt der Nährstoff als elementarer Schwefel vor (Gruber et al, 2019). Das Problem beim elementaren Schwefel im Dünger ist, dass dieser in der organischen Substanz im Boden zuerst verfügbar gemacht werden muss (Gruber et al, 2019). Das Sulfat des Gipses ist hingegen direkt pflanzenverfügbar und daher für die praktische Anwendung weitaus interessanter.

Die Ziele des Projektes *Gips-Kalk-Power* waren es die Auswirkungen der Düngung mit Kalk sowie granuliertem Naturgips sowie deren Kombination auf:

- Leguminosenanteil
- Ertrag
- Protein- und Energiegehalte
- Bodenparameter

im Grünland sowie im Feldfutterbau zu untersuchen und zu bewerten.

1.2. Rückblick auf Versuchsjahr 2022

Nach den ersten Erfahrungen mit Schwefeldüngung durch Gips und der kombinierten Kalkdüngung im Gips-Kalk Power Projekt 2022 wurde eine Projektverlängerung angefragt und bewilligt. Die bestehenden vier Standorte wurden im Versuchsjahr 2023 nicht mehr gedüngt. Es sollte vielmehr beurteilt werden, ob auf dem Standort in Kalborn, auf welchem man im ersten Projektjahr sehr positive Effekte hatte, auch im zweiten Jahr nach der Düngung die Effekte noch anhalten oder ob der Dünger zum größten Teil ausgewaschen resp. durch die Pflanzen aufgenommen wurden. Außerdem sollte beurteilt werden, ob auf den Standorten mit geringen Effekten in 2022, diese vielleicht durch eine verlangsamte Nährstofffreisetzung im Versuchsjahr 2023 sichtbar werden.

Neben den gleichbleibenden, ungedüngten Standorten wurde im Versuchsjahr 2023 noch ein Versuchsstandort mit biologischer Bewirtschaftung im Raum Eschdorf hinzugefügt, um zum Ersten in diesem geografischen Bereich die Effekte unter Voraussetzungen der biologischen Bewirtschaftung zu testen, da diese bei den konventionell gedüngten Flächen 2022 ausblieben. Zum Zweiten sollten die Effekte auch auf einer biologische bewirtschafteten Grünlandparzelle getestet werden, welche im Versuchsjahr 2022 noch nicht im Versuch enthalten war.

2. Material & Methoden

2.1. Standorte

Der On-Farm Versuch wurde im Versuchsjahr 2023 von zwei auf drei Standorte innerhalb des LAKU-Gebiets erweitert und die beiden Standorte außerhalb des LAKU-Gebiets wurden beibehalten. Bei den beiden Standorten außerhalb des LAKU-Gebietes handelte es sich um zwei Bioparzellen mit Feldfutterbeständen, eine im nördlichen Teil Luxemburgs in der Gemeinde Heinerscheid, in Kalborn und eine im süd-westlichen Ort Kahler (Gemeinde Garnich). Somit handelte es sich um zwei geografisch entfernte Standorte mit unterschiedlichen Klimabedingungen, wie in Tabelle 1 dargestellt. Beide Standorte sind durch schwere Böden charakterisiert. Innerhalb des LAKU-Gebiets standen zwei Parzellen zur Verfügung, die auch schon im Jahr 2022 beprobt wurden, darunter eine Dauergrünlandparzelle und eine Feldfutterparzelle (siehe Tabelle1).

Bei der dazukommenden Fläche handelt es sich zwar um eine Ackerparzelle in welcher der Gräser-/Kleebestand aber schon seit 5 Jahren etabliert war, wodurch sich eine dauergrünland-ähnlicher Bestand entwickelt hatte im Gegensatz zu den anderen Feldfutterparzellen, wo die Mischung erst seit zwei Jahren angesät war. Die Fläche befindet sich im Sauertal an einem Biobetrieb in Tadler. Wie in Tabelle 1 ersichtlich wird, kommen die Standortbedingungen der Fläche nahe an jene der konventionellen Flächen in Eschdorf ran.

Tabelle 1: Standorteigenschaften der Versuchsflächen.

Betrieb	Kahler	Kalborn	Eschdorf		Toodlermillen
Lage	Süd-Westen	Norden	Nord-Westen		Nord-Westen
Boden¹	Tonig bis lehmige Parabraunerden, mässig vergleyt.	Steinig-lehmige Braunerden aus Schiefer und Sandsteinen, nicht vergleyt.	Steinig-lehmige Braunerden aus Schiefer und Phylladen, nicht vergleyt.	Steinig-lehmige Braunerden aus Schiefer und Phylladen, nicht vergleyt.	Steinig-lehmige Braunerden aus Schiefer und Phylladen, nicht vergleyt.
Höhe ü. NN. ²	262 m	525 m	510 m	510 m	510 m
Niederschlag²	799 mm	838 mm	896 mm	896 mm	896 mm
Temperatur²	9,7 °C	9,9 °C	8,8 °C	8,8 °C	8,8 °C
Vegetationstage²	268 Tage	248 Tage	247 Tage	247 Tage	247 Tage

¹geoportail.lu; ²agrimeteo.lu, Station Koerich für Kahler (Jahresmittelwerte von 2009 bis 2020), Station Heinerscheid für Kalborn (Jahresmittelwerte von 2015 bis 2020) Station Eschdorf für Eschdorf und Toodlermillen (Jahresmittelwerte von 2011 bis 2021)

2.2. Düngungsvarianten und Düngung

Der On-Farm Versuch wurde in einem Streifenversuch angelegt und auf jedem der fünf Standorte wurden 4 Varianten in jeweils einer Wiederholung geprüft (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Düngungsvarianten der Versuchspartellen.

Variante	Düngermenge pro Hektar
1. Kontrollvariante	Keine Applikation
2. Gips	200 kg Naturgips/ha
3. Gips + Kalk	200 kg Naturgips/ha + 1200 kg kohlenaurer Kalk/ha
4. Kalk	1200 kg kohlenaurer Kalk/ha

Die vier Standorte aus dem Versuchsjahr 2022 wurden 2023 nicht nochmal gedüngt.

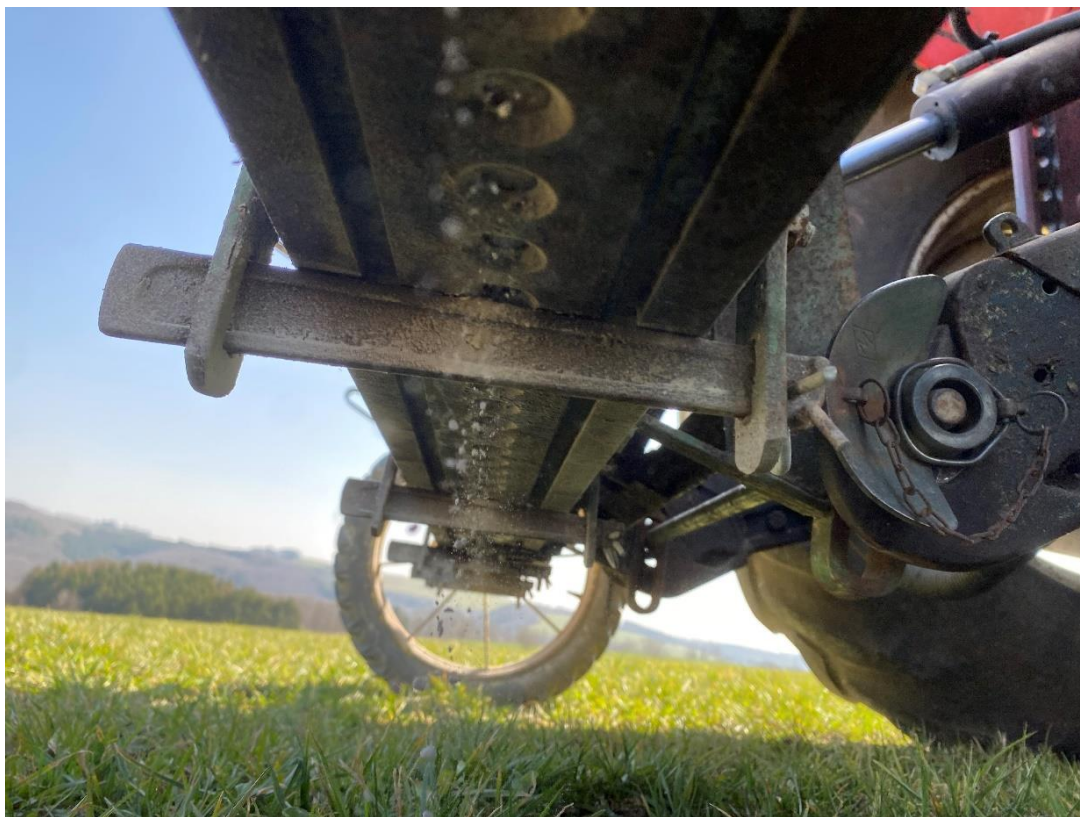


Abbildung 1: Untere Ansicht des Kastenstreuers mit Lochscheibe.

Auf der 2023 dazugekommenen Fläche an der Toodlermillen wurden der Gips- und Kalkdünger am 29. März 2023 mit einem zwei Meter breiten Kastenstreuer (Abbildung 2) ausgebracht. Beim Kalkdünger handelte es sich um denselben wie im Jahr 2022. Beim Gipsdünger handelte es sich um ein Anhydrit- Calciumsulfat der Firma „CASEA“ aus Deutschland. Bei diesem Dünger handelt es sich ebenfalls um einen Calciumsulfat-Gipsdünger, wie aus dem Jahr 2022, jedoch ohne Kristallwasser mit 22,5% Schwefel in Form von Sulfat. Die Firma Müller Kalk, welche den Kalk zur Verfügung gestellt haben, wollten diesen Gipsdünger wegen der Körnung in der Gips-Kalk Mischung verwenden. Aus diesem Grund wurde der Dünger auch auf der Versuchsfläche angewendet. Leider war die Körnung des Gipsdünger der Firma Engel-Bergbau aus Ralingen nicht geeignet um sie mit dem Kalkdünger zu mischen.

Wie in Abbildung 2 sichtbar erzielt man mit dieser Ausbringmethode eine gleichmäßige Verteilung der Dünger über die gesamte Maschinebreite und somit auch über die ganze

Versuchsvariante. Um die Ausbringmenge pro Hektar einzustellen können die Öffnungen der Lochscheibe an der unteren Seite des Streuers grösser oder kleiner gestellt werden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 2: Hintere Ansicht des Kastenstreuers bei der Ausbringung des Kalkes.

2.3. Bestimmung der Leguminosenanteile

Alle Bonituren wurden mithilfe des Boniturrahmen aus Abbildung 3 in einer Schnitthöhe von 7-8 cm durchgeführt, wie dies auch in der landwirtschaftlichen Praxis üblich ist.

Während der Projektdauer wurden auf vier Standorten zu zwei Zeitpunkten der Leguminosenanteil am Bestand erhoben. Auf dem fünften Standort in Kahler war nur eine Erhebung möglich. Die Termine befinden sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Termine der Bestimmung des Leguminosenanteil auf allen Standorten.

	1. Termin	2. Termin
Kalbhorn	16.05.2023	04.09.2023
Kahler	03.05.2023	/
Eschdorf Feldfutterparzelle	27.04.2023	14.09.2023
Eschdorf Grünland	27.04.2023	14.09.2023
Toodlermillen	27.04.2023	04.09.2023

Zur Bonitur resp. Bestimmung des Leguminosenanteils wurde mit dem Boniturrahmen eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Fläche von 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) in jeder Düngungsvariante mit einer elektrischen Handschere abgeschnitten (siehe Abbildung 8). Anschließend wurden die Leguminosen von restlichen Gräsern und Beikräutern getrennt und in perforierte Tüten verpackt.

Im Aufbereitungsraum des IBLA wurde jede Tüte abgewogen und anschließend für 24 Stunden bei 105°C im Trockenschrank getrocknet. Nach der Trocknung wurde jede Tüte nochmals abgewogen. Aus der Differenz zwischen den zwei Wägungen konnte der Trockenmasseanteil der Leguminosen und anderer Bestandteile der Vegetationsdecke errechnet werden.



Abbildung 3: Boniturrahmen mit elektrischer Handschere für die Erhebungen.

2.4. Ertragshebungen

Zu den gleichen Terminen wie im vorherigen Kapitel der Bonituren wurde in jeder Düngungsvariante eine Ertragshebung durchgeführt, um den Einfluss der Düngung auf den gesamten Ertrag zu beurteilen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Termine der Ertragshebungen auf allen Standorten.

	1. Termin	2. Termin
Kalbhorn	16.05.2023	04.09.2023
Kahler	03.05.2023	/
Eschdorf Feldfutterparzelle	27.04.2023	14.09.2023
Eschdorf Grünland	27.04.2023	14.09.2023
Toodlermillen	27.04.2023	04.09.2023

Wie auch bei der Bonitur wurde mithilfe des angefertigten Rahmens und einer elektrischen Handschere zweimal pro Erhebung eine, nach dem Zufallsprinzip ausgewählte, Fläche von 0,5 m² abgeschnitten und anschließend direkt im Feld mit einer Standwaage abgewogen. Aus den zwei erhobenen Werten im Feld wurde anschließend ein Mittelwert errechnet, welcher anschließend zur Berechnung des Frischmasseertrags pro Hektar genutzt wurde.

Der Trockenmasseertrag pro Hektar wurde aus dem Frischmasseertrag und dem Trockenmassegehalt der Analysresultate der ASTA ermittelt.

2.5. Nährstoffanalysen

Ein Teil der Pflanzenbiomasse der abgewogenen Ertragserhebungen im Feld wurde in eine perforierte Tüte gepackt und im ASTA-Labor hinsichtlich Nährstoffgehalte untersucht. Die durchgeführten Analysetermine sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Termine der Nährstoffanalysen auf allen Standorten.

	1. Termin	2. Termin
Kalborn	16.05.2023	04.09.2023
Kahler	03.05.2023	/
Eschdorf Feldfutterparzelle	27.04.2023	14.09.2023
Eschdorf Grünland	27.04.2023	14.09.2023
Toodlermillen	27.04.2023	04.09.2023

Es wurde eine Nährstoffanalyse in den Laboren der ASTA durchgeführt, um vor allem den Proteingehalt zu ermitteln.

2.6. Bodenproben

Vor jeglichen Arbeiten auf den Versuchspartellen wurden Bodenproben von den verschiedenen Teilflächen gezogen, um die Homogenität innerhalb der Partellen zu überprüfen, damit dies die Ergebnisse nicht beeinflusst. Der Humusgehalt wurde hierbei mitbestimmt. Zeitgleich wurden N_{\min} -/Ammonium-/ S_{\min} - Analysen von den vier Varianten je Fläche gezogen, um auch die leicht verfügbaren Nährstoffe im Boden zu kennen. Die N_{\min} -/Ammonium-/ S_{\min} - Analysen wurden nach dem ersten Schnitt wiederholt, um den Einfluss der Stickstoff- sowie der Schwefeldüngung zu erfassen. Diese Proben wurden alle im Oberboden gezogen (0-25cm)

Am Ende der Vegetationsperiode im November wurden alle Proben wiederholt, mit dem Unterschied, dass Sie diesmal im Ober- (0-25cm) sowie Unterboden (25-60cm) entnommen wurden. Dies wurde getan, um einen Einfluss der Düngung auf den Unterboden und mögliche Nährstoffverlagerung (N_{\min}/S_{\min}) in den Unterboden zu erfassen.

Im zweiten Versuchsjahr wurden am Anfang der Vegetationsperiode (22.03.2023) nochmals Bodenproben in den Tiefen 0-25cm und 25-60cm auf allen Standorten gezogen, um zu sehen, inwieweit sich die Düngung aus dem Vorjahr noch auf die Bodenparameter nach dem Winter auswirkt.

Am Ende der Vegetationsperiode 2023 (28.12.2023) wurde noch eine Probennahme auf allen Standorten nach dem letzten Schnitt bzw. zu Ende des Jahres gemacht außer in Kahler, wo die Befahrbarkeit der Fläche nicht gegeben war. An der Toodlermillen wurde die letzte Probe nach dem letzten Schnitt im September gemacht, da diese danach umgebrochen wurde.

Zum Zeitpunkt der Verfassung des Bericht waren jedoch nicht alle Resultate der letzten Probenahmen aus Dezember 2023 verfügbar, wodurch im Ergebnissteil nicht alle Resultate angesprochen werden können.

3. Ergebnisse und Diskussion

In den folgenden Kapiteln werden die Resultate der erhobenen Parameter aufgeführt, zusammengefasst und beurteilt. Da es sich um einen On-Farm Versuch mit einfacher Wiederholung handelt, können die erhobenen Parameter lediglich deskriptiv ausgewertet werden.

3.1. Standort Kalborn

3.1.1. Bonituren

In Abbildung 4 sind die Boniturergebnisse der Versuchsjahre 2022 und 2023 vom Standort Kalborn aufgeführt, welche aufzeigen wie sich die Leguminosen- resp. Kleeanteile im Verlauf der zwei Versuchsjahre entwickelt haben.

Bei der 1. Bonitur im Jahr 2022 gut einen Monat nach der Ausbringung vom Gips- und Kalkdünger waren die Anteile in allen vier Varianten noch unter 50 %. Die *Kontrollvariante* hatte zu dem Zeitpunkt noch den höchsten Kleeanteil. Zur zweiten Bonitur am 14. Juni 2022 gab es jedoch vor allem in den gedüngten Varianten einen starken Anstieg der Leguminosenanteile. Der höchste Anstieg zwischen der ersten und zweiten Bonitur war bei der *Gipsvariante* zu verzeichnen, wo der Anteil um 32 % auf 73 % Klee stieg. Bei der *Kontrollvariante* ohne jegliche Düngung mit Gips oder/und Kalk zeigte sich der geringste Anstieg um 3 %. Somit war erst zum zweiten Schnitt des Landwirts ein Effekt beider Dünger zu erkennen. Ab der 3. Bonitur am 15. Juli 2022 wurde der Effekt der Schwefeldüngung aber noch sichtbarer mit Höchstwerten von 70 % in der *Gipsvariante* und 76 % in der *Gips-Kalk Variante*. Auch die *Kalkvariante* lag weiterhin über dem errechnete Kleeanteil der *Kontrollvariante*.

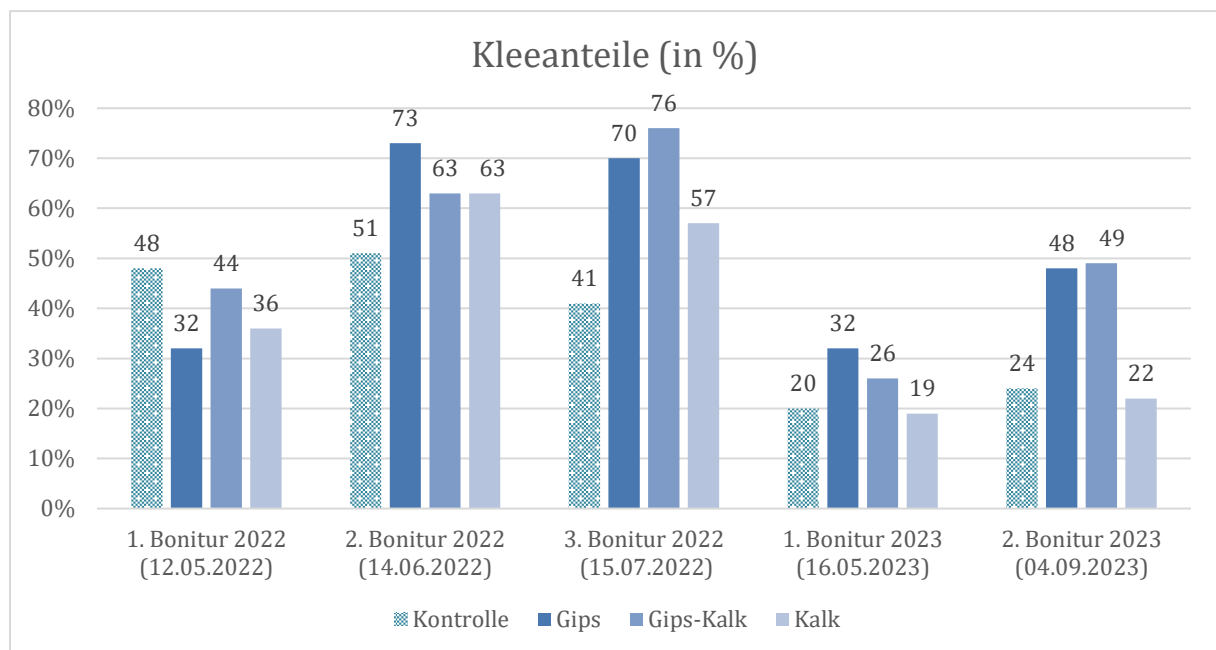


Abbildung 4: Kleeanteile aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.

Der Effekt der Schwefeldüngung zog sich dann ab der dritten Bonitur im Jahr 2022 (15. Juli 2022), auch im Versuchsjahr 2023 so durch. An den beiden Erhebungen vom 16. Mai 2023 und 4. September 2023 lagen die Kleeanteile in den mit Gips gedüngten Varianten am höchsten (siehe Abbildung 4). Die *Kalkvariante* lag im Jahr 2023 mit jeweils 2 % Unterschied fast auf der gleichen Höhe wie die *Kontrollvariante*.

Einen Unterschied zwischen den *Varianten Gips und Gips-Kalk* konnte 2023 nicht festgestellt werden, da zur ersten Erhebung 2023 die *Gipsvariante* höher lag (32%) als die *Gips-Kalk Variante* (26%), wogegen an der zweiten Erhebung am 4. September 2023 die *Gips-Kalk Variante* 2 % höher lag.

Bereits bei der Betrachtung der Bestandszusammensetzung im ersten Versuchsjahr 2022 fiel auf, dass der Weißkleeanteil sehr hoch war und dieser auch über die gesamte Vegetationsperiode hoch blieb. Der Rotkleeanteil war dagegen gering. Dies wurde auch auf Nachfrage des Betriebsleiters hin so bestätigt, dass der Weißkleeanteil in der Mischung höher war als der vom Rotklee da es sich um eine Mähweidemischung handele.

Der hohe Weißkleeanteil und niedrige Rotkleeanteil war auch im Versuchsjahr 2023 zu beobachten. Der Rotklee konnte sich also auch im zweiten Jahr nach der Düngung nicht durchsetzen. Daher kann angenommen werden, dass der Weißklee auf dem Standort stärker von der Schwefeldüngung in Form von Gips profitiert hat als der Rotklee.

3.1.2. Ertragserhebungen

Bei den errechneten Erträgen in Abbildung 5 fällt auf, dass die mit Schwefel gedüngten *Varianten Gips und Gips-Kalk* über die gesamten Erhebungen im Jahr 2022 und 2023 hinweg die höchsten Erträge erreicht haben im Gegensatz zur *Kontroll-* und reinen *Kalkvariante*.

Wie auch bei den Bonituren aus Abbildung 4 erkennt man bei den Erträgen eine Tendenz der mit *Gips gedüngten Varianten*. Schaut man sich die Balkendiagramme in Abbildung 5 zu den verschiedenen Terminen an, sieht man, dass die Unterschiede zur zweiten und dritten Erhebung im Jahr 2022 am größten waren. Dies vor allem wenn man die mit *Gips gedüngten Varianten* mit der *Kalkvariante* vergleicht mit 9,4 dt.TM/ha zur zweiten Erhebung und 3,5 dt.TM/ha zur dritten Erhebung. Zum ersten Schnitt am 12. Mai 2022 wurde der geringere Unterschied auf die späte Ausbringung der Dünger und das trockene Frühjahr 2022 zurückgeführt. Aber auch zwischen den mit *Gips gedüngten Varianten* und der *Kontrollvariante* hatte man zum zweiten Schnitt 2022 einen Unterschied von 5,0 dt.TM/ha und 5,3 dt.TM/ha zum dritten Schnitt.

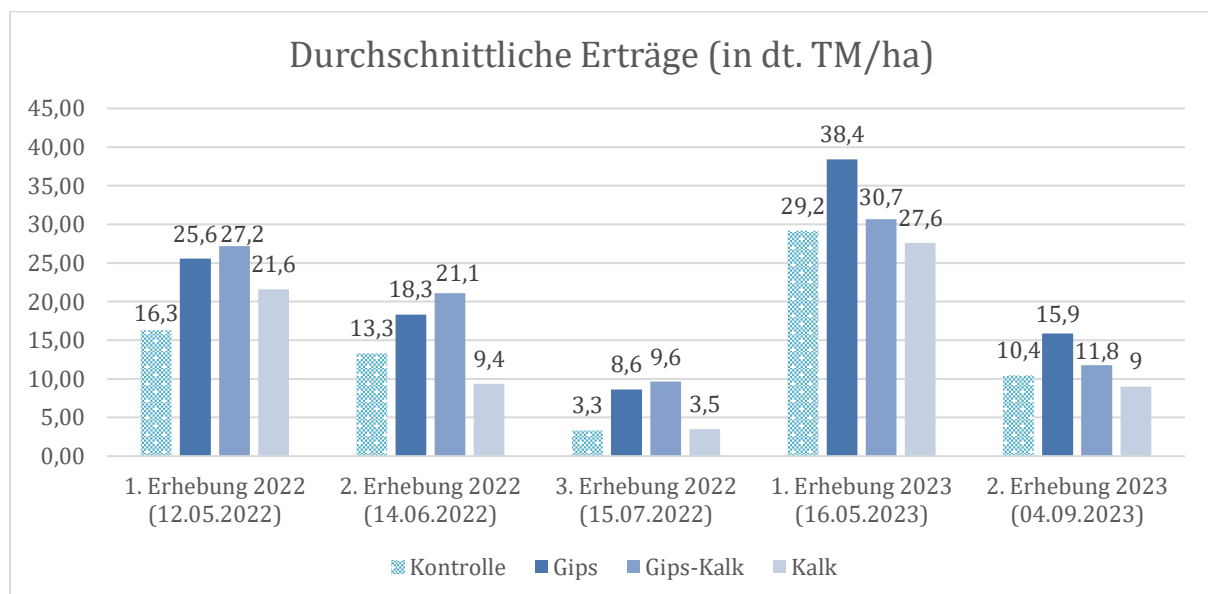


Abbildung 5: Erträge aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.

Im Versuchsjahr 2023 blieben die Unterschiede in Abbildung 5 noch erhalten, nur sind die Unterschiede zwischen den *Gips-Kalk* und *Kalk* Varianten geringer geworden und die *Gips Varianten* erzielten mit 38,4 dt. TM/ha zum ersten Schnitt und 15,9 dt. TM/ha zum zweiten Schnitt die höchsten Erträge, was 2022 nicht der Fall war.

In dem Jahr 2022 hatte die *Gips-Kalk Variante* durchweg den höheren Ertrag erzielt. Die Ertragsänderung zwischen den beiden Varianten kann eventuell auf den Nährstoffentzug zurückgeführt werden, sodass die *Gips-Kalk Variante* im Jahr 2022 durch die höheren Erträge bereits mehr Schwefel entzogen hatte im Gegensatz zur *Gips Variante*.

In Abbildung 6, 7 und 8 zeigen sich auch nochmal visuell die Ertragsunterschiede in den Jahren 2022 und 2023. Sowohl in der 2. als auch bei der 3. Erhebung im Jahr 2022 war bereits im Feld offensichtlich, dass die mit *Gips gedüngte Variante* (in den Abbildungen 6-8 auf der linken Seite der Abbildungen) ertragsreicher ausfällt als beispielsweise die *Kontrollvariante* (in den Abbildungen 6-8 auf der rechten Seite der Abbildungen). In den mit *Gips und Gips-Kalk gedüngten Varianten* war der Klee besser entwickelt was sich sowohl in der Wuchshöhe als auch in der Intensität der Farbe der Pflanzen und Dichte des Bestandes widerspiegelte. Abbildung 8 zeigt den ersten Schnitt im Jahr 2023, wo auffällt, dass vor allem die Gräser sich zu dem Zeitpunkt durchgesetzt hatten, bei der zweiten Erhebung hatte der Klee aber wieder im Bestand zugenommen.



Abbildung 6: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 2. Schnitt 2022 am Standort Kalborn.



Abbildung 7: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 3. Schnitt 2022 am Standort Kalborn.



Abbildung 8: Unterschied der Bestände Gips (links) zur Kontrolle (rechts) zum 1. Schnitt 2023 am Standort Kalborn

3.1.3. Rohproteinanalysen

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse der Nährstoffanalysen über die Versuchsjahre 2022 und 2023. Die gesamten Analysenergebnisse aller Standorte sind dem Bericht separat beigelegt.

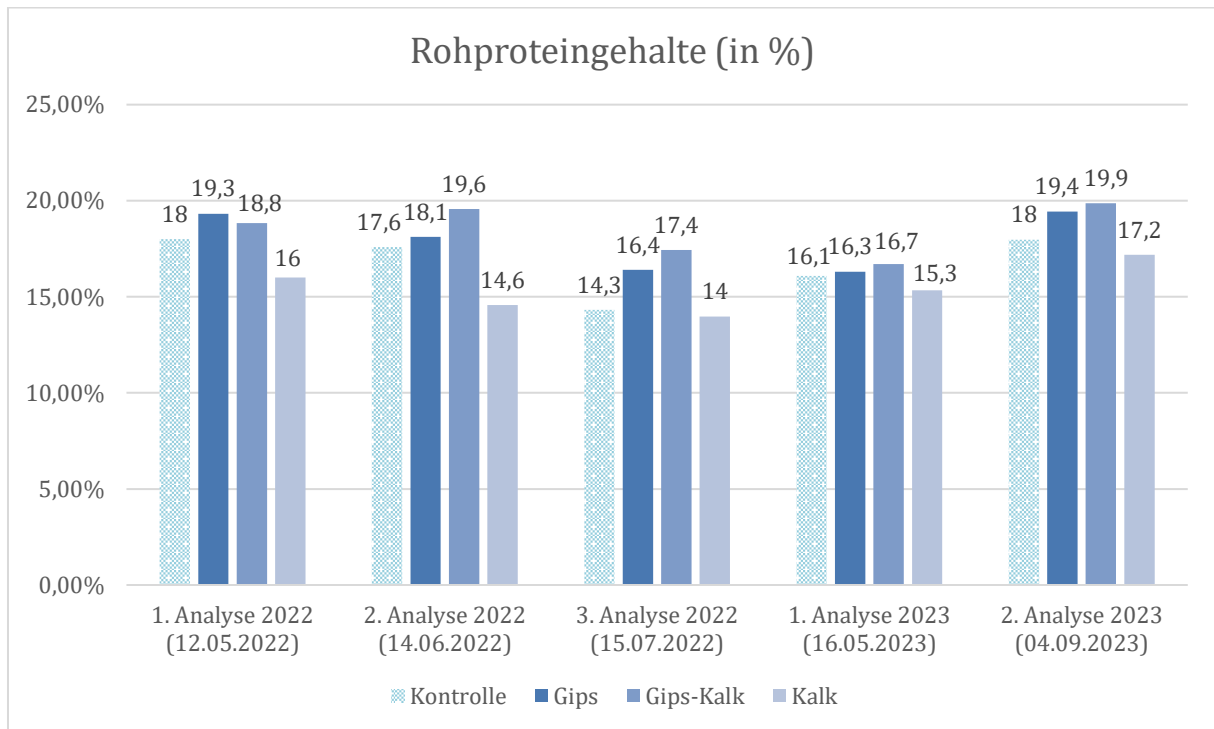


Abbildung 9: Rohproteingehalte aus den Versuchsjahren 2022 und 2023 am Standort Kalborn.

Am Standort in Kalborn konnte die Vermutung, dass sich eine Schwefeldüngung positiv auf die Proteingehalte auswirkt, mit Blick auf Abbildung 9 bestätigt werden. Wie bereits in den vorherigen Diagrammen des Standortes zeigten die mit *Gips gedüngten Varianten* durchweg die höchsten Werte. Ein Unterschied zwischen der *Gips- und Gips-Kalkvariante* ist nicht sofort erkennbar. Im zweiten Versuchsjahr nach der Düngung bemerkte man aber, wie auch bereits bei den Erträgen, dass die Unterschiede zwischen der *Gips-Kalk* und *Kalkvariante* kleiner wurden. Dies war auch bei dem Unterschied zwischen der *Kontroll- und Gipsvariante* erkennbar. Auch diese Entwicklung lässt sich auf den Nährstoffentzug aus dem Jahr 2022 schließen. Die *Kalkvariante* (15,3% und 17,2%) bewegt sich zum größten Teil um den Gehalt der *Kontrollvariante* (16,1% und 18%) oder liegt sogar etwas unter dem Wert der *Kontrollvariante*.

3.1.4. Bodenproben

Die Standardanalyse vor Versuchsbeginn belegt die Homogenität der Teilflächen. Die pH-Werte lagen zwischen 5,7 und 5,9, welches eine natürliche Schwankung zwischen den Proben repräsentiert und nicht auf eine inhomogene Fläche hinweist. Der Phosphor(P)-Gehalt lag zwischen 7 und 10 mg/100gr. Trockener Boden, wodurch ein Einfluss durch diesen Parameter auszuschließen war.

Der pH-Wert im Oberboden veränderte sich wie erwartet in den *Varianten mit Kalkausbringung* hin zu höheren Werten. Im Unterboden wurde der pH-Wert durch die Kalkung in diesem kurzen Zeitraum nicht beeinflusst.

Betrachtet man die mineralischen Schwefelgehalte in Form von Sulfat der Varianten in Tabelle 6 fällt auf, dass der Wert der *Kontrollvariante* nach der Düngung am höchsten angestiegen war. Bei dieser Variante, wo kein Schwefel ausgefahren wurde, hätte man sich keine resp. einen geringeren Anstieg erwartet als auf den *Gips und Gips-Kalk Varianten*. Auf diesen beiden Varianten war der Schwefelgehalt nicht angestiegen. Der geringe Anstieg in den mit *Gips gedüngten Varianten* würde aber dann auch den fehlenden Effekt der ersten Erhebungen im Jahr 2023 erklären. Trotzdem sind die Resultate durch den Anstieg in der *Kontrollvariante* mit Vorsicht zu betrachten, da es sich hier um einen Messfehler resp. Ausreißer handeln kann.

Zur Probennahme am Vegetationsende im Dezember 2023 sah man noch eine geringe Wirkung der Gipsdüngung in den beiden *Varianten, wo Gips ausgebracht wurde*. Sowohl im Ober- wie im Unterboden waren die Werte an S_{\min} noch höher als in den beiden *Varianten ohne Gips*.

Hier sah man aber auch, dass der noch vorhandene mineralische Schwefel, genau wie der mineralische Stickstoff im Herbst langsam nach unten ausgewaschen wurde, wodurch dieser im folgenden Jahr nicht mehr verfügbar sein wird.

Die N_{\min} Werte waren bei jeder Beprobung sehr niedrig, welches auf die biologische Bewirtschaftung der Parzellen zurückzuführen ist mit geringem Input an N_{org} , wodurch der meiste Stickstoff aus dem Bodenvorrat mineralisieren muss und direkt von der Pflanze aufgenommen wird. Somit waren fast keine Stickstoffüberschüsse zu erwarten. Auffallend ist nur der hohe N_{\min} Wert in der *Kalkvariante* zum Vegetationsende im Ober- wie auch im Unterboden.

Der einzige Parameter, welcher im zweiten Jahr noch Auswirkungen der Düngung aufwies, war der pH-Wert der *Kalkvariante*. Dieser war im Ober- sowie im Unterboden im Vergleich zu den anderen Varianten angestiegen und hatte sich auf diesem Niveau gehalten. Die restlichen Parameter wiesen keine Unterschiede mehr auf.

Tabelle 6: Bodenanalyseresultate auf dem Standort Kalborn.

	Kontrolle	Gips	Gips-Kalk	Kalk
pH				
23.3.2022	5,9	5,8	5,8	5,7
01.12.2022 0-25 cm	6,1	5,8	5,9	6
01.12.2022 25-60 cm	6	5,6	5,7	5,7
22.03.2023 0-25 cm	5,9	6	5,9	6,2
22.03.2023 25-60 cm	5,7	5,8	5,6	5,9
28.12.2023 0-25 cm	5,8	5,7	5,8	6
28.12.2023 25-65 cm	5,6	5,7	5,7	5,7
N_{min} in kg/ha				
23.3.2022	22	17	11	13
23.5.2022	5	15	8	9
01.12.2022 0-25 cm	10	12	8	21
01.12.2022 25-60 cm	9	11	5	33
22.03.2023 0-25 cm	22	20	23	20
22.03.2023 25-60 cm	14	15	17	20
28.12.2023 0-25 cm	9	9	7	5
28.12.2023 25-60 cm	11	14	5	5
S_{min} in kg/ha				
23.3.2022	5	4	3	3
23.5.2022	13	5	5	4
01.12.2022 0-25 cm	3	9	9	6
01.12.2022 25-60 cm	4	6	8	4
22.03.2023 0-25 cm	2	3	2	4
22.03.2023 25-60 cm	3	2	4	1

3.2. Standort Kahler

3.2.1. Bonituren

Abbildung 10 zeigt die erhobenen Kleeanteile auf dem Standort in Kahler über die beiden Versuchsjahre.

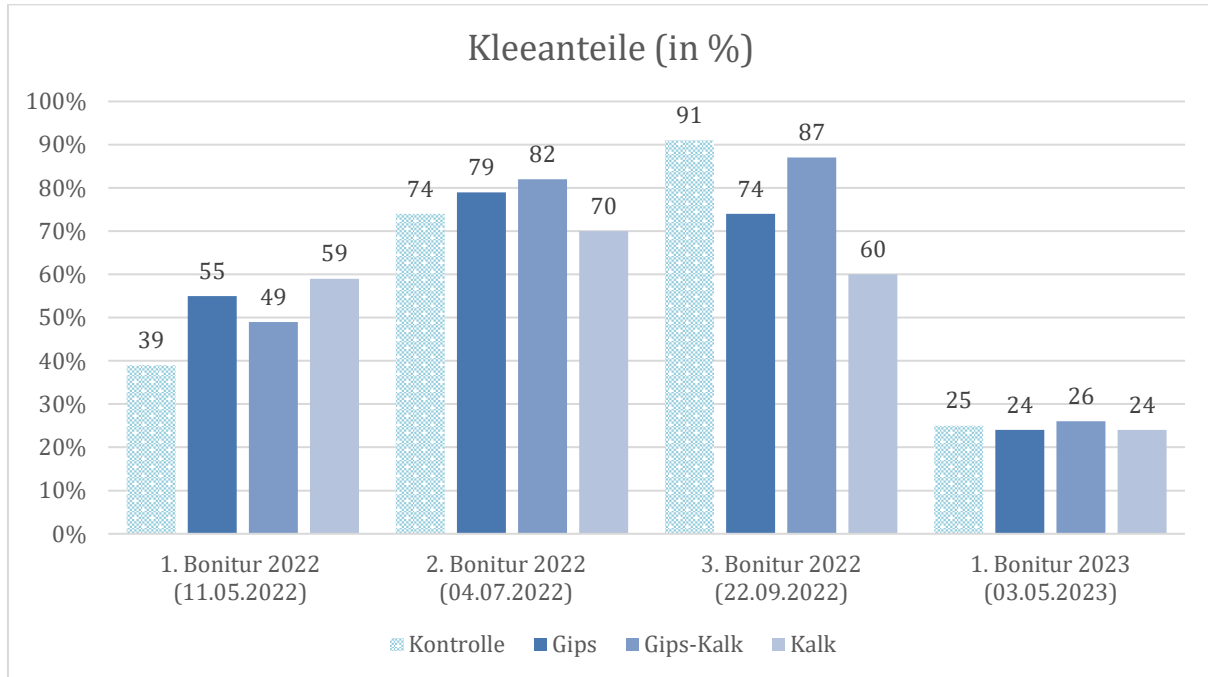


Abbildung 10: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.

Bereits im Bericht vom Jahr 2022 wurde geschlussfolgert, dass auf dem Standort Kahler bei der Betrachtung der Bonituren kein direkter Einfluss des Schwefel- und Kalkdüngers, wie auf dem Standort in Kalborn, zu vermerken war. Auf diesem Standort hatte man einen eher rotkleebetonten Bestand im zweiten Hauptnutzungsjahr, welcher gut etabliert war.

Aus diesem Grund wurde der Standort auch nochmals im zweiten Frühjahr nach der Düngung beprobt um zu beurteilen, ob vielleicht die Nährstofffreisetzung in dem eher schwereren Boden zu dem Zeitpunkt stärker eingesetzt hätte und man ebenfalls einen Effekt in den mit *Gips gedüngten Varianten* erkennen könnte. Doch zu dem Zeitpunkt lagen die Werte *aller vier Varianten* zwischen 24 % und 26 %, was nicht auf einen markanten Unterschied hinwies (siehe Abbildung 10). Auch bei einer visuellen Beurteilung der Streifen im Winter 2023 konnte kein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden. Zu diesem Zeitpunkt war der Bestand so schwach entwickelt, dass eine Erhebung wegen der niedrigen Wuchshöhe nicht möglich war.

Der starke Rückgang der Leguminosenanteile vom letzten Schnitt 2022 auf den ersten Schnitt 2023 in Abbildung 10 war auf den hohen Grasertrag zum ersten Schnitt zurückzuführen. Wie bereits bei den Kleeanteilen auf dem Standort Kalborn zu erkennen (Abbildung 4), sind die Kleeanteile im Frühjahr zum ersten Schnitt meist etwas konkurrenzschwächer, weil die Gräser im Bestand meist besser von der Frühjahrsfeuchtigkeit profitieren und somit konkurrenzstärker werden. Zudem stand das Kleegemenge im Jahr 2023 im dritten Hauptnutzungsjahr, also kurz vor dem Umbruch der Flächen wodurch die Kleeanteile in der Regel zurückgehen.

3.2.2. Ertragserhebungen

Wie bereits im vorherigen Kapitel zu den Bonituren auf dem Standort Kahler, hatte man auch bei den Ertragserfassungen keinen Einfluss der Gips- und/oder Kalkdünger auf den Ertrag vermerken können.

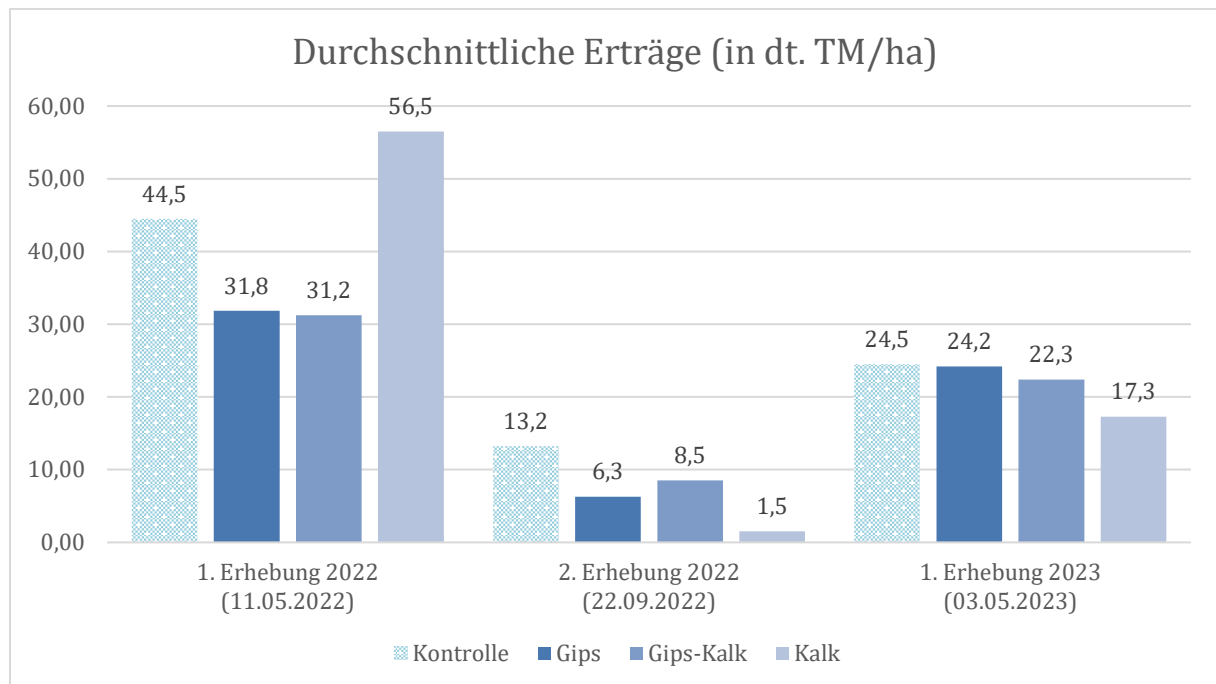


Abbildung 11: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.

Zur 1. Ertragserhebung im Jahr 2022 hatte die reine *Kalkvariante* zwar den höchsten Wert mit 56,5 dt. TM/ha erreicht, wogegen diese zur zweiten Ertragserfassung am 22. September 2022 mit 1,5 dt. TM/ha den geringsten Ertrag von allen Varianten erzielte. Genauso sah es auch bei der Erhebung im Jahr 2023 aus, wo die *Kalkvariante* mit 17,3 dt. TM/ha den geringsten Ertrag erzielte. Der Ertrag der *Kontrollvariante* lag bei allen Erhebungszeitpunkten über denen der Gips und Gips-Kalk Varianten. Die *beiden Varianten*, in welchen der *Gipsdünger ausgebracht* wurde, bewegten sich an beiden Terminen auf dem gleichen Niveau (siehe Abbildung 11).

3.2.3. Rohproteinanalysen

In Abbildung 12 hatte die reine *Gipsvariante* an den ersten beiden Erhebungen am 11. Mai und 4. Juli 2022 die höchsten Proteinwerte mit 19,3 % zum ersten Termin und 17,4 % zum zweiten Termin erreicht. Die zweithöchsten Werte an den ersten beiden Erhebungen erzielte die *Gips-Kalk Variante* mit 16,3 % und 15,3 %. Die Werte der *Kontroll-* sowie der reinen *Kalkvariante* lagen an beiden Schnitten jeweils unter 15 % Rohprotein, von welcher die reine *Kalkvariante* am ersten Termin den niedrigsten Wert mit 12,2 % hatte. Jedoch erkennt man in Abbildung 12, dass die reine *Kalkvariante* zur dritten und letzten Erhebung am 22. September 2022 einen Höchstwert von 22,4 % Rohprotein erreichte und die Werte der *Gipsvariante* (19,4 %) und *Gips-Kalk Variante* (18,7%) übertraf. Dabei konnte es sich jedoch auch um einen Messfehler resp. einen Ausreißer handeln. Wobei sich dieses Bild auch in der Erhebung von Jahr 2023 bestätigte, wo die *Kalkvariante* ebenfalls den höchsten Proteingehalt mit 13,7 % erzielte. Der Proteingehalt der *Gips-Kalk Variante* lag bei der Erhebung am 3. Mai 2023 am tiefsten mit 9,7 % (siehe Abbildung 12).

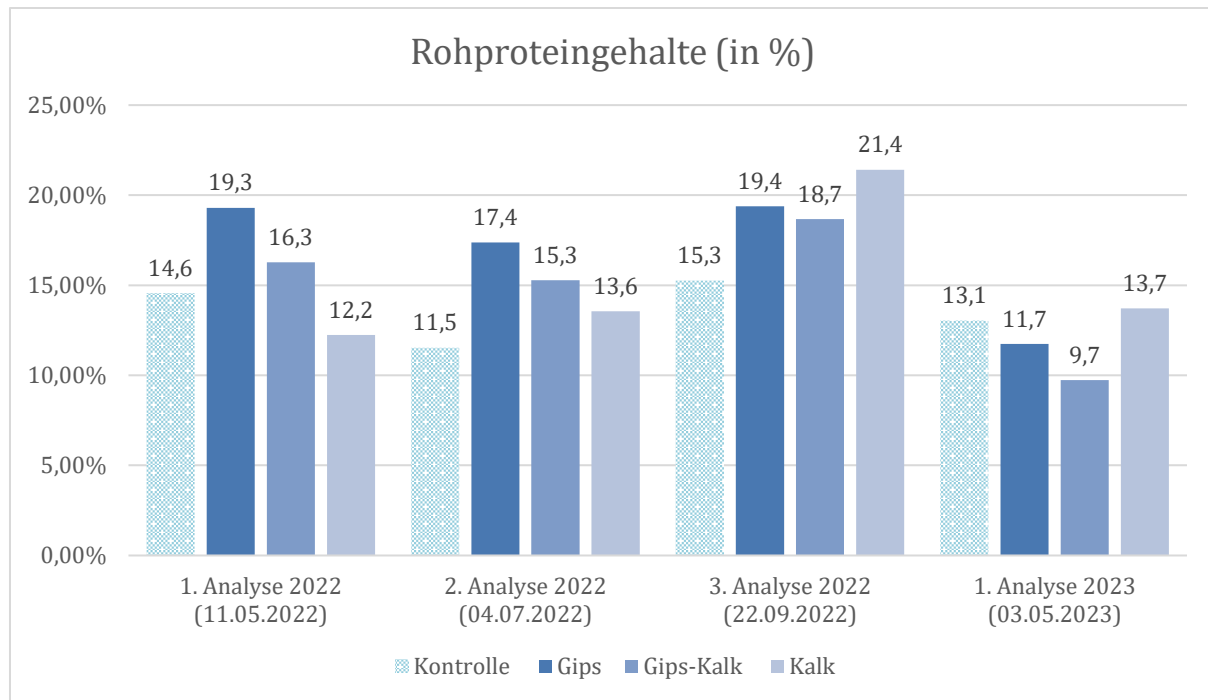


Abbildung 12: Rohproteingehalte der zwei Versuchsjahre auf dem Standort Kahler.

Durch die Werte aus den ersten beiden Erhebungen und zum Teil auch aus der dritten Erhebung im Jahr 2022 lässt sich ein geringer Effekt der Schwefeldüngung auf den Proteingehalt schlussfolgern. Dieser zieht sich aber nicht durch bis ins Jahr 2023, wo die mit Schwefel gedüngten Varianten unter der Kontroll- und der reinen Kalkvariante lagen. Im Jahr 2023 konnte es aber auch durchaus sein, dass der Schwefel bereits zum großen Teil im Jahr 2022 mineralisiert und aufgenommen wurde. Jedoch zeigen die Bodenprobenresultate der mit Gips gedüngten Varianten in Tabelle 7 sowohl im Winter 2022 als auch im Frühjahr 2023 erhöhte mineralische Schwefelgehalte.

3.2.4. Bodenproben

Der pH-Wert vor Versuchsbeginn am 28. März 2022 war fast identisch für alle Teilflächen bei 5,5 (siehe Tabelle 7).

Auch hier ist die Wirkung vom Kalk deutlich in den *gekalkten Varianten* zu sehen. Der pH-Wert stieg von 5,5 auf 6,0, was einen hohen Anstieg angesichts der eingesetzten Menge Kalk darstellt. Diese pH-Wert Erhöhung begrenzte sich auf den Oberboden. Anders als am Standort in Kalborn ist bei diesem jedoch zu erkennen, dass in den *nicht gekalkten Varianten*, der Unterboden einen höheren pH-Wert aufweist als der Oberboden. Dies kann auf ein eher basisches Ausgangsgestein zurückgeführt werden. Durch die Bewirtschaftung des Oberbodens unterliegt dieser einer natürlichen Versauerung, welche sich nur langsam auf die unteren Bodenschichten auswirkt.

Bei den N_{\min} Gehalten zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Standort in Kalborn. In Kahler war nach dem ersten Schnitt am 23. Juni 2022 bei drei von vier Varianten kein N_{\min} nachweisbar, welches durch die bereits zu diesem Augenblick anhaltende Trockenheit und dadurch verzögerte Mineralisation erklärt werden kann. Auch zum Vegetationsende waren die Werte in beiden Schichten noch sehr niedrig und eine Auswaschung war nicht zu erwarten.

Tabelle 7: Bodenprobenergebnisse auf dem Standort Kahler.

	Kontrolle	Gips	Gips-Kalk	Kalk
pH				
28.03.2022	5,5	5,5	5,5	5,6
01.12.2022 (0-25 cm)	5,5	5,7	6	5,9
01.12.2022 (25-60 cm)	5,9	5,9	5,9	5,8
22.03.2023 (0-25 cm)	5,7	5,7	5,8	5,9
22.03.2023 (25-60 cm)	5,7	5,8	5,8	5,8
N_{min} in kg/ha				
28.03.2022	3	2	2	2
23.05.2022	< 2	4	< 2	< 2
01.12.2022 (0-25 cm)	5	3	3	4
01.12.2022 (25-60 cm)	3	3	3	3
22.03.2023 (0-25 cm)	11	8	9	7
22.03.2023 (25-60 cm)	12	11	12	9
S_{min} in kg/ha				
28.03.2022	6	4	6	5
23.05.2022	6	45	7	19
01.12.2022 (0-25 cm)	3	10	10	3
01.12.2022 (25-60 cm)	3	9	7	3
22.03.2023 (0-25 cm)	4	11	11	6
22.03.2023 (25-60 cm)	4	9	9	4

Durch die Düngung stieg der Sulfatgehalt zum 23. Juni 2022 im Boden in der *Gipsvariante* zwar stark an, doch denselben Anstieg hätte man sich auch bei der *Gips-Kalk Variante* erwartet, wo die gleiche Menge an Schwefeldünger ausgebracht wurde (siehe Tabelle 7). Der Kleeanteil, der Ertrag und der Proteingehalt der *Gips-Kalk Variante* waren alle zur ersten Erhebung niedrigerer als die der *Gipsvariante*, wodurch man den geringen Anstieg in der *Gips-Kalk Variante* nicht auf einen höheren und direkten Entzug zurückführen kann. Zudem hatte sich der Gehalt in der *Kalkvariante* ebenfalls vervielfacht, wo jedoch kein Gipsdünger ausgebracht wurde. Die Resultate sind also wie bereits auf dem Standort in Kalborn mit Vorsicht zu betrachten und schwierig mit den ausbleibenden Effekten der Bonitur und den Ertragsfassung zum ersten Schnitt zu vergleichen.

Zum Vegetationsende am 1. Dezember 2022 sah man durchaus eine geringe Wirkung der Gipsdüngung auf die S_{min} Gehalte, wie das auch auf dem Standort Kalborn der Fall war. Der restliche S_{min} war aber ebenfalls auf diesem Standort dabei sich in den Unterboden zu verlagern und ist im nächsten Jahr wahrscheinlich nicht mehr verfügbar.

Im zweiten Versuchsjahr konnte man sowohl bei den pH-Werten wie auch bei den S_{min}-Gehalten noch Effekte der Düngung aus dem ersten Jahr sehen. Die pH-Werte auf den mit *Kalk gedüngten Varianten* waren um 0,2 Einheiten höher als die anderen. Beim S_{min}-Gehalt konnte man die Wirkung noch erahnen, es waren 5-7 kg Sulfat mehr auf den mit *Gips gedüngten Varianten* verfügbar als auf den anderen. Dies sowohl im Ober- wie auch im Unterboden.

3.3. Standort Eschdorf Feldfutterparzelle

3.3.1. Bonituren

Abbildung 13 zeigt die Kleeanteile aus den Erhebungsterminen des Leguminosenanteils der beiden Versuchsjahre 2022 und 2023, welche über den Versuchsverlauf durchgeführt wurden.

Zur ersten Erhebung am 12. Mai 2022 befanden sich die vier Varianten auf dem fast gleichen Niveau. Die *Kontrollvariante* hatte mit 13 % Klee den gleichen Anteil wie die *Gips-Kalk Variante*. Die *Gips-* und *Kalkvariante* lagen mit 12 % leicht drunter.

Zur zweiten Erhebung am 12. Juli 2022 stiegen jedoch die mit *Gips gedüngten Varianten* am stärksten auf jeweils 21 % an. Die *Kalkvariante* hatte den geringsten Anstieg mit 2 % auf 15 %. Die *Kontrollvariante* stieg um 5 % auf 17% an. Einen leichten Effekt der Schwefeldüngung konnte man im Versuchsjahr jedoch erkennen, da die mit *Gips gedüngten Varianten* beide mit 21 % zur zweiten Erhebung am höchsten waren gegenüber der *Kontroll-* und reinen *Kalkvariante*.

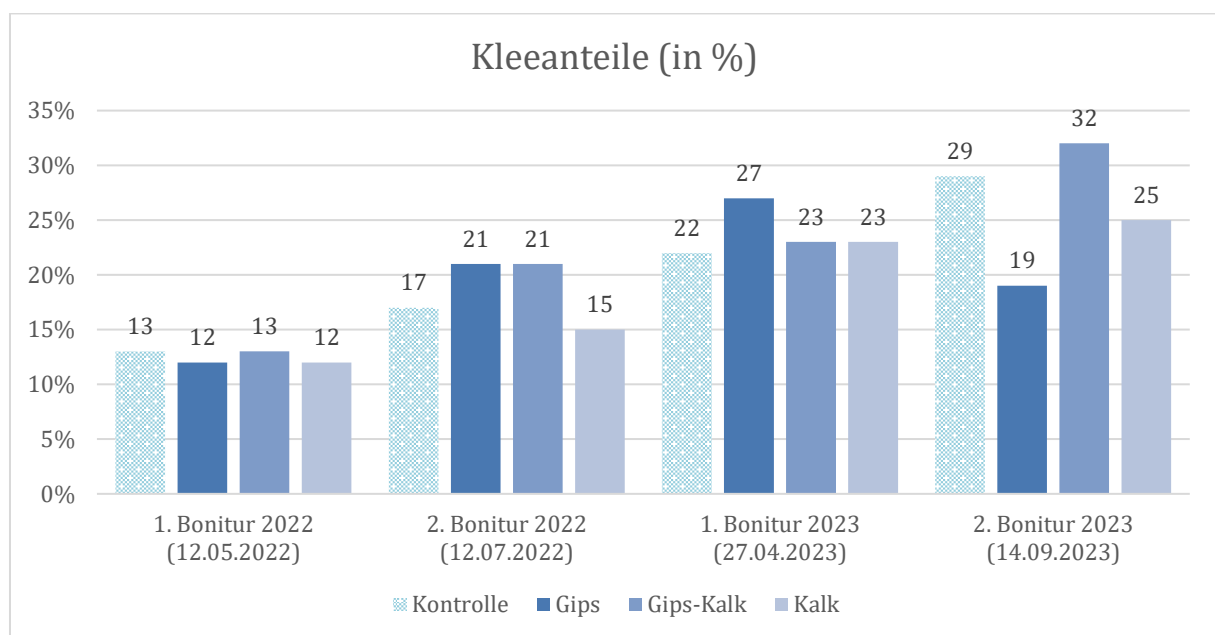


Abbildung 13: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf der Feldfutterparzelle in Eschdorf.

Zur ersten Erhebung am 27. April 2023 hatte man etwa das gleiche Bild wie zur ersten Erhebung im Jahr 2022. Die Leguminosenanteile lagen fast alle auf dem gleichen Niveau von 22 bis 23 %. Nur die *Gipsvariante* war mit 27 % leicht angestiegen. Diese Variante erzielte zur zweiten Erhebung am 14. September 2023 aber den niedrigsten Wert mit 19 %. Zur zweiten Erhebung 2023 im September lag der Wert der *Gips-Kalk Variante* am höchsten mit 32 % Klee im Bestand (siehe Abbildung 13). Im zweiten Versuchsjahr nach der Schwefeldüngung war ein Effekt schwieriger zu erkennen, da die Werte der beiden mit *Gips gedüngten Varianten* sehr weit auseinander lagen und nicht beide die höchsten Werte erreichten. Auch ein Effekt des Kalkdüngers ist nicht direkt zu erkennen.

In Abbildung 13 erkennt man im Vergleich der beiden Versuchsjahre, dass die Kleeanteile in allen Varianten über den Verlauf der Versuchsjahre angestiegen sind. Dies war auf den anderen Standorten nicht der Fall. Dies kann daraus resultieren, dass es sich beim Bestand um einen relativ neu angesäten Klee grasbestand handelt (Ansaat Herbst 2021) und der Klee etwas Zeit zur Etablierung brauchte. Die anderen Feldfutterbestände wurde bereits im Jahr 2020 angesät.

3.3.2. Ertragserhebungen

In Abbildung 14 sind die Resultate der durchgeführten Ertragserhebungen aus 2022 und 2023 aufgeführt. Zur ersten Erhebung waren die errechneten Erträge der vier Varianten, wie bereits die Bonituren, relativ einheitlich mit einem Minimalertrag von 19,3 dt. TM/ha in der *Kontrollvariante* und einem Maximalertrag von 21,7 dt. TM/ha in der *Gipsvariante*. In den beiden folgenden Erhebungen vom 12. Juli 2022 und 27. April 2023, also im Frühjahr vom Folgejahr, erzielten die mit *Kalk gedüngten Varianten* die höchsten Erträge zwischen 21,0 und 23,2 dt. TM/ha im Herbst 2022 sowie 8,2 und 8,3 dt. TM/ha im Frühjahr 2023.

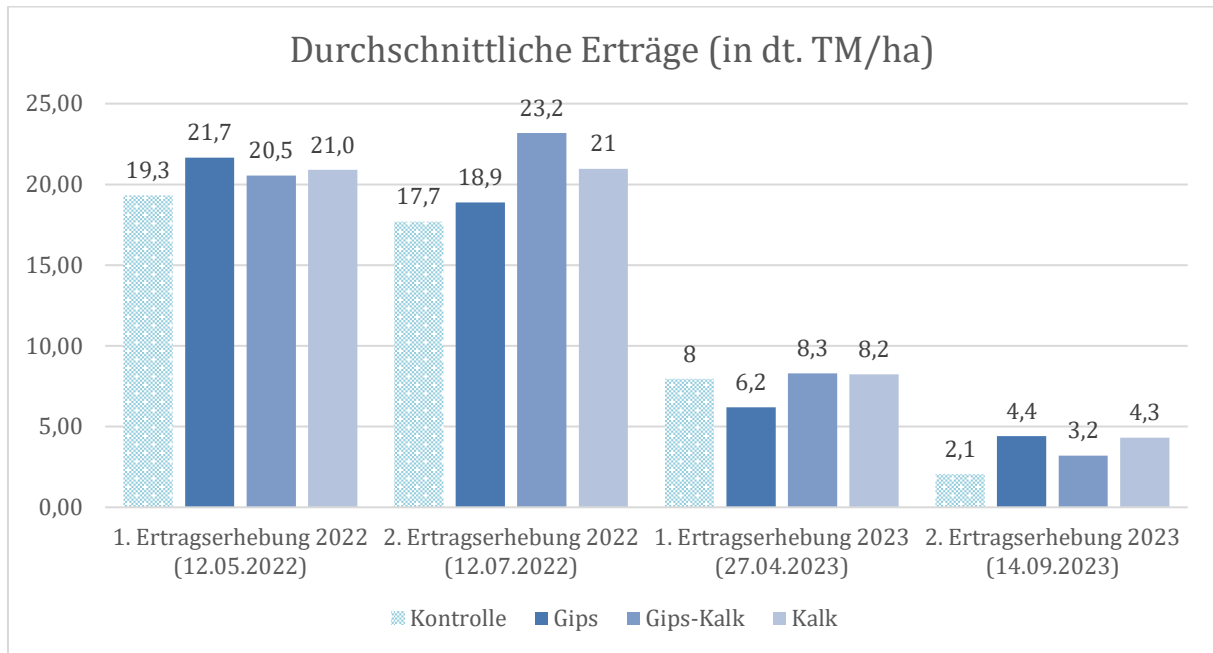


Abbildung 14: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf der Feldfutterparzelle in Eschdorf.

Im September 2023 hat sich das Bild in Abbildung 13 etwas geändert, die Kalkvariante erzielte zwar noch den höchsten Ertrag mit 4,3 dt. TM/ha, doch die Gips-Kalk Variante war ertraglich mit 1,1 dt. TM/ha unter die Gipsvariante gefallen. Die Kontrollvariante erzielte bis auf die erste Erhebung 2023 jeweils den niedrigsten Ertrag gefolgt von der Gipsvariante.

Der eher geringere Effekt des Gipsdünger kann auf der konventionell geführten Fläche auch durchaus am eingesetzten Mineraldünger liegen, welcher zum Teil einen höheren Schwefelgehalt hat als z.B. die organischen Dünger im Biolandbau. Es kann aber durchaus ein leichter Effekt des Kalkdüngers auf dem Standort festgestellt werden.

3.3.3. Rohproteinanalysen

Wie bereits bei den Bestimmungen der Leguminosenanteile und den Ertragserhebungen auf diesem Standort, bewegten sich ebenfalls die Rohproteingehalte zur ersten Erhebung im Jahr 2022 auf einem relativ gleichmäßigen Niveau (siehe Abbildung 15). Die Werte variierten sehr gering zwischen 11,7 % und 12,7 %.

Zur zweiten Erhebung, am 12. Juli 2022, blieben die Werte der vier Varianten weiterhin auf einem relativ gleichen Niveau, wobei die *Gipsvariante* den höchsten Proteingehalt mit 17 % erreichte. Diese wurde gefolgt von der *Kalkvariante* mit 16,4 %. Den niedrigsten Gehalt hatte man in der *Kontrollvariante* mit 14,8 % (siehe Abbildung 15). Durch diese starke Ungleichheit zwischen der *Gips* und *Gips-Kalk Variante* im Jahr 2022 konnte kein Effekt der Schwefeldüngung festgestellt werden. Genauso beim Effekt der Kalkdüngung, wobei der Rohproteingehalt der reinen *Kalkvariante* im Juli 2022 an zweiter Stelle steht.

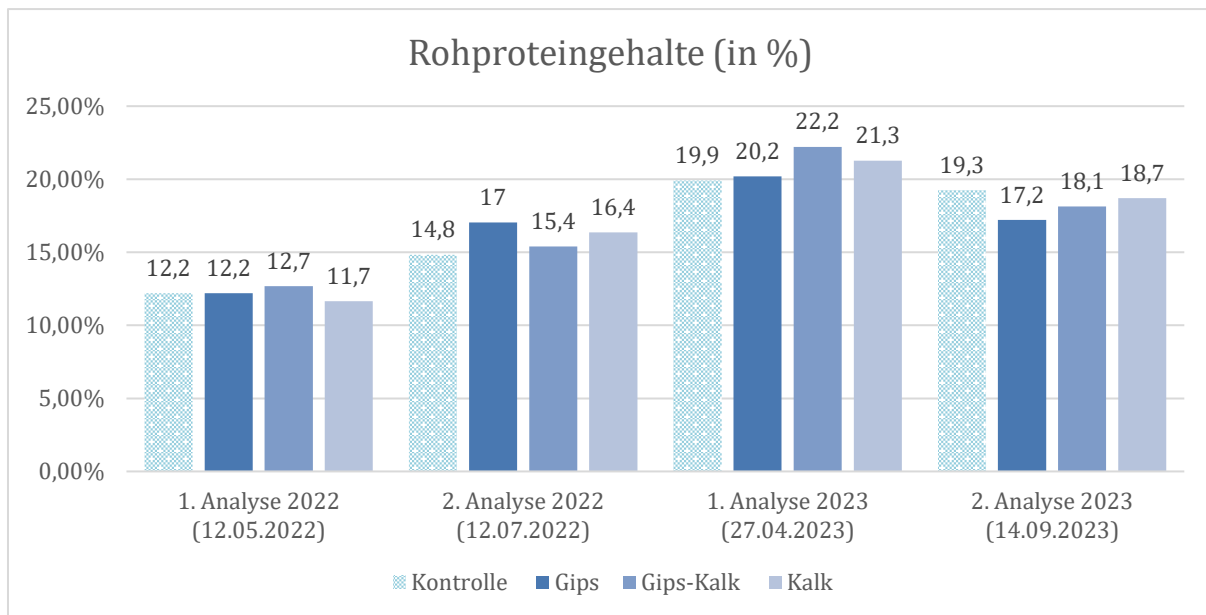


Abbildung 15: Rohproteingehalte der beiden Versuchsjahre der Feldfutterparzelle in Eschdorf.

Im Jahr 2023 lagen die Rohproteingehalte der mit *Kalk gedüngten Varianten* in den zwei Erhebungen höher als die reine *Gipsvariante*. Man kann dieses Bild vergleichen mit den Erträgen auf der Versuchsfläche im Jahr 2023 (siehe Abbildung 15). Zur letzten Erhebung erreichte die *Kontrollvariante* den höchsten Wert mit 19,3 % wobei der Unterschied zur reinen *Kalkvariante* mit 18,7 % nicht groß ist. Wie bereits beim Ertrag kann man auch beim Proteingehalt einen leichten Effekt des Kalkdüngers vermuten.

3.3.4. Bodenproben

Die Grundnährstoffanalysen zu Beginn des Versuchs 2022 zeigen pH-Werte zwischen 5,6 und 5,7. Dies bestätigt wieder einmal die Homogenität der Teilflächen in der Parzelle. Zum Vegetationsende 2022 hatte sich der pH-Wert auf den beiden gekalkten Teilflächen um 0,1 respektiv 0,2 erhöht, von 5,6 respektiv 5,7 auf 5,8, welches die Wirkung vom Kalk bestätigte. Dies begrenzt sich auf den Oberboden. Im Unterboden war der pH-Wert über alle Varianten hinweg bei 5,7 (siehe Tabelle 8).

Die mineralischen Schwefelgehalte der *Gips- und Gips-Kalk Varianten* stiegen nach der Düngung zwar an, doch sehr unterschiedlich. Bei der *Gipsvariante* von 3 kg/ha auf 56 kg/ha und bei der *Gips-Kalk Variante* von 3 kg/ha auf 29 kg/ha. Schaut man sich dann in Tabelle 8 den Anstieg der Kontrollvariante an, von 3 auf 204 kg/ha, kann es sich dabei nur um einen Ausreißer handeln. Diese Werte sind mit Vorsicht zu betrachten und es kann auch kein Vergleich zu den anderen erhobenen Parametern gezogen werden. Zum Vegetationsende zeigten sich wie bei den vorherigen Standorten, höhere S_{\min} Werte bei den mit *Gips gedüngten Varianten*, welche sich langsam in den Unterboden verlagerten. Bei dieser Fläche wurden die S_{\min} Werte nach dem ersten Schnitt auch durch die mineralische Düngung beeinflusst, wobei eine Mischung von AHL und ASL mittels Nagelrad ausgebracht wurde. Hierbei wurden um 40kg S/ha gedüngt.

Die N_{\min} Werte zeigten bei dieser Fläche größere Schwankungen, welche auf die mineralische sowie organische Düngung der Fläche zurückzuführen waren. So sind die Werte nach dem ersten Schnitt erhöht, da die Düngung für den zweiten Schnitt bereits durchgeführt wurde. Am Ende der Vegetationsperiode war wie bei den biologisch bewirtschafteten Flächen fast kein mineralischer Stickstoff mehr verfügbar, wodurch eine mögliche Auswaschung nur sehr gering ausgefallen war.

Im zweiten Versuchsjahr war wie bei den anderen Standorten noch die Wirkung der Kalkung des Vorjahres zu beobachten. Von der Gipsgabe waren keine Auswirkungen auf den S_{\min} -Gehalt mehr zu sehen. Bei den N_{\min} -Werten im März sah man die erste Güllegabe anhand leicht erhöhter N_{\min} -Werten über alle Varianten hinweg.

Tabelle 8: Bodenprobenresultate der Feldfutterparzelle in Eschdorf.

	Kontrolle	Gips	Gips+Kalk	Kalk
pH				
28.03.2022	5,6	5,7	5,6	5,7
01.12.2022 (0-25 cm)	5,7	5,7	5,8	5,8
01.12.2022 (25-60 cm)	5,7	5,7	5,7	5,7
22.03.2023 (0-25 cm)	5,7	5,8	5,8	6
22.03.2023 (25-60 cm)	5,8	5,8	5,8	5,7
28.12.2023 (0-25 cm)	5,6	5,6	5,8	5,7
28.12.2023 (25-65 cm)	5,7	5,6	5,7	5,5
N_{\min} in kg/ha				
28.03.2022	10	9		6
23.05.2022	89	30	24	60
01.12.2022 (0-25 cm)	4	5	6	5
01.12.2022 (25-60 cm)	6	7	6	3
22.03.2023 (0-25 cm)	22	20	23	21
22.03.2023 (25-65 cm)	20	20	19	34
28.12.2023 (0-25 cm)	3	2	3	3
28.12.2023 (25-65 cm)	4	3	5	0
S_{\min} in kg/ha				
28.03.2022	3	3	3	3
23.05.2022	204	56	29	6
01.12.2022 (0-25 cm)	4	26	18	19
01.12.2022 (25-60 cm)	8	18	18	10
22.03.2023 (0-25 cm)	7	8	11	8
22.03.2023 (25-65 cm)	8	6	9	8

3.4. Standort Eschdorf Grünlandparzelle

3.4.1. Bonituren

Im konventionell geführten Grünlandbestand wurden zu den gleichen Terminen die Erhebungen, wie im konventionellen Feldfutterbestand, durchgeführt. Abbildung 16 zeigt die Resultate der Bestimmungen des Leguminosen- resp. Kleeanteils. Der Klee im Dauergrünlandbestand war Weißklee.

Zum ersten Termin, am 12. Mai 2022, erreichten die beiden *Varianten Gips und Gips-Kalk* die höchsten Kleeanteile mit 20 und 17 %. Die *Kontrollvariante* erreichte mit 8 % den geringsten Kleeanteil. Dieses Bild zeigte sich in Abbildung 16 zur zweiten Erhebung jedoch nicht mehr da die *Gipsvariante* zu diesem Zeitpunkt den niedrigsten Kleeanteil mit 18 % hatte und die *Kontrollvariante* den höchsten mit 29 %. Die *Gips-Kalk Variante* erreichte wie auch beim ersten Termin einen etwas höheren Wert (25 %) als die *Kalkvariante* (23 %).

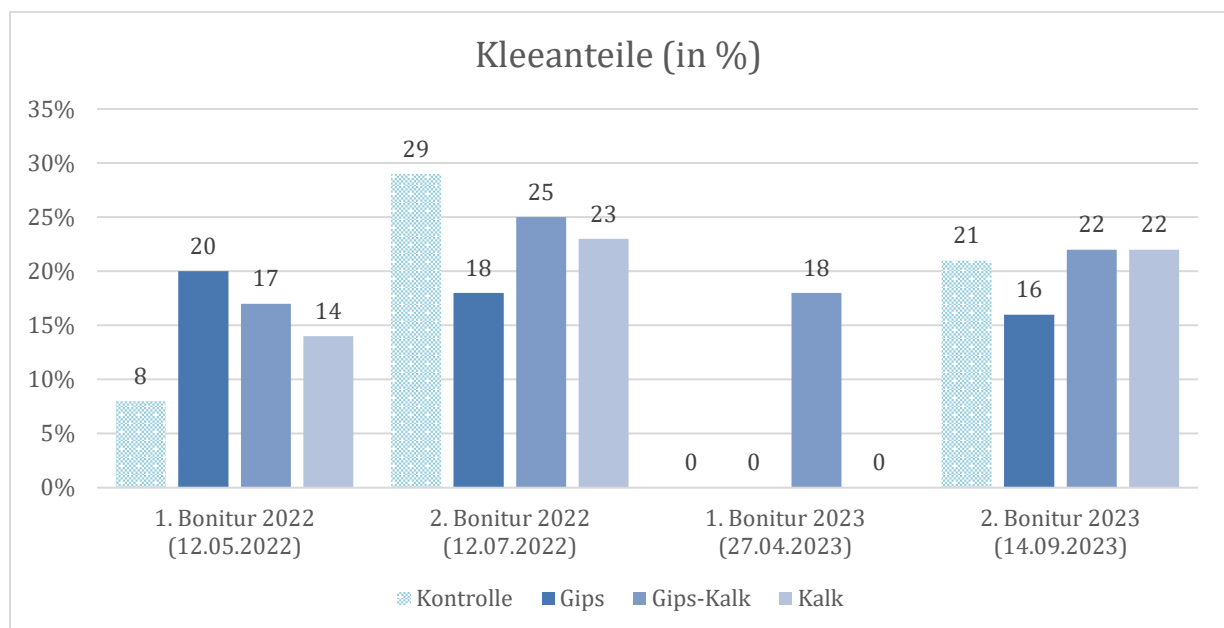


Abbildung 16: Kleeanteile der beiden Versuchsjahre auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.

Das Versuchsjahr 2023 fing auf dem Standort mit sehr niedrigen Kleeanteilen an. Dieses Bild hatten man aber auch bereits bei den Kleeanteilen auf dem Standort in Kalborn, wo ebenfalls der Hauptteil Weißklee war. Das lässt sich dadurch erklären, dass der Weißklee im Frühjahr sehr unterdrückt wird von Bestandsgräsern und so erst später im Vegetationsverlauf stärker erscheint, wenn die Konkurrenz der Gräser abschwächt.

Dieses Phänomen sieht man auch in Abbildung 16, wo im September, also eher zum Ende der Vegetationsperiode, zwischen 16 und 22 % im Bestand erreicht wurden. Die mit *Kalk gedüngten Varianten* haben die höchsten Kleeanteile mit 22 % erreicht, gefolgt von der *Kontrollvariante*. Die höheren Anteile bei den mit *Kalk gedüngten Varianten* spiegelt zum Teil das Bild wieder wie die zweite Erhebung im Jahr 2022 am 12. Juli, auch dort haben die *Kalkvarianten* (25 % und 23 %) höhere Anteile wie die *Gipsvariante* (18 %). Jedoch war zur Erhebung am 12. Juli 2022 die *Kontrollvariante* am höchsten mit 29 %, was 2023 nicht der Fall war (siehe Abbildung 16).

3.4.2. Ertragserhebungen

Bei den errechneten Erträgen zur ersten Erhebung 2022 hatte man das gleiche Bild in Abbildung 17 wie bei den Bonituren in der obigen Abbildung 16. Die mit *Gips gedüngten Varianten* erreichten die höchsten Werte mit 29,9 dt. TM/ha in der *Gipsvariante* und 28,6 dt. TM/ha in der *Gips-Kalk Variante*.

An der zweiten Ertragserfassung am 12. Juli 2022 blieben die Erträge der vier Varianten relativ einheitlich, bis auf die *Gipsvariante* mit einem Höchstwert von 10,5 dt. TM/ha. Die Erträge der restlichen drei Varianten variierten nur minimal zwischen 8,3 dt. TM/ha und 8,6 dt. TM/ha.

Durch den höchsten Ertrag der beiden Erhebungen in 2022 in der *Gips* und der *Gips-Kalk Variante* gegenüber der *Kalkvariante* war ein leichter Effekt der Schwefeldüngung zu erkennen (siehe Abbildung 17).

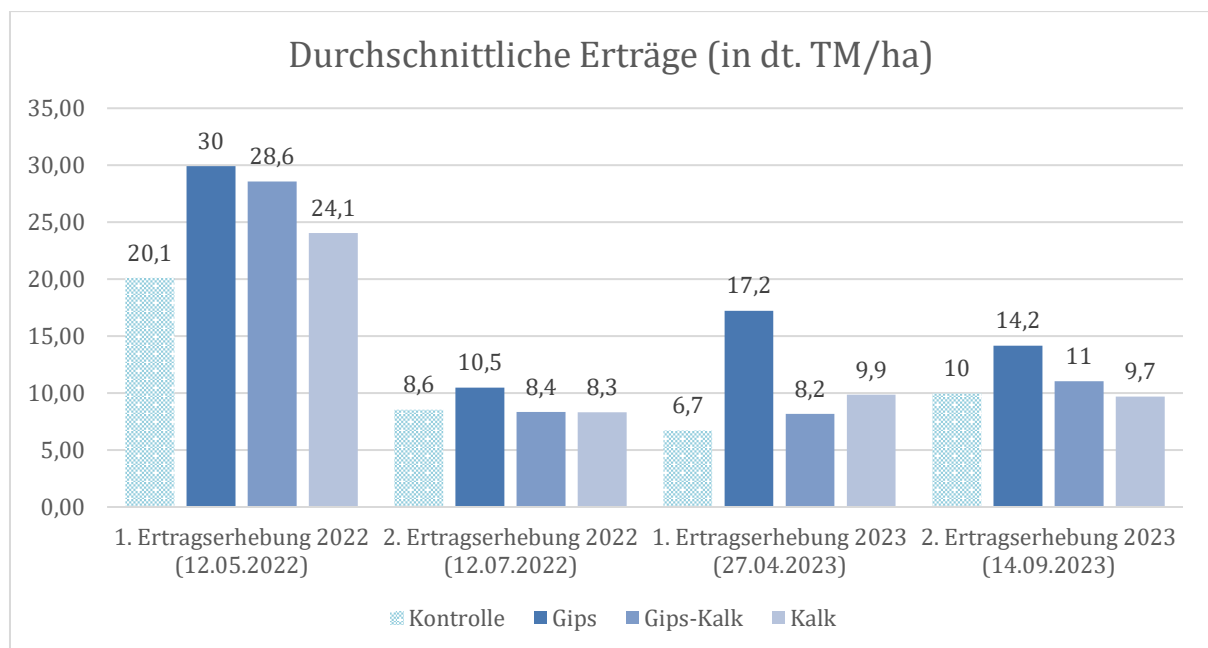


Abbildung 17: Ertragserhebungen der beiden Versuchsjahre auf dem Grünlandstandort in Eschdorf.

Auch im Versuchsjahr 2023 erreichte die *Gipsvariante* sowohl in der ersten Erhebung mit 17,2 dt. TM/ha und in der zweiten Erhebung mit 14,2 dt. TM/ha die höchsten Erträge. Auch in der zweiten Erhebung am 14. September 2023 wurde die *Gipsvariante* von der *Gips-Kalk Variante* mit 11 dt. TM/ha gefolgt. Dies war bei der ersten Erhebung am 27. April nicht der Fall, hier lag die *Gips-Kalk Variante* mit 1,7 dt. TM/ha unter der *Kalkvariante* (siehe Abbildung 17).

Durch die starken Unterschiede zwischen der *Gipsvariante* und der *Gips-Kalk Variante* an zweiter Stelle wird ein geringer Effekt der Schwefeldüngung auf den Ertrag vermutet.

3.4.3. Rohproteinanalysen

Im Balkendiagramm vom 12. Mai 2022 in Abbildung 18 erreichte die *Kontrollvariante* den höchsten Wert mit 18,7 % und die *Gipsvariante* den niedrigsten mit 15,7%. Die *Gips-Kalk* und *Kalk Variante* lagen auf ungefähr dem gleichen Niveau um 17,0 % (siehe Abbildung 18). Am zweiten Termin, dem 12. Juli 2022, erreichte die *Gipsvariante* den höchsten Gehalt mit 22,0 %, was auch der höchste Anstieg von allen vier Varianten war und die *Gips-Kalk Variante* erreichte den niedrigsten Gehalt mit 18,4 %. Die *Kalkvariante* stand an dritter Stelle mit 20,4 %.

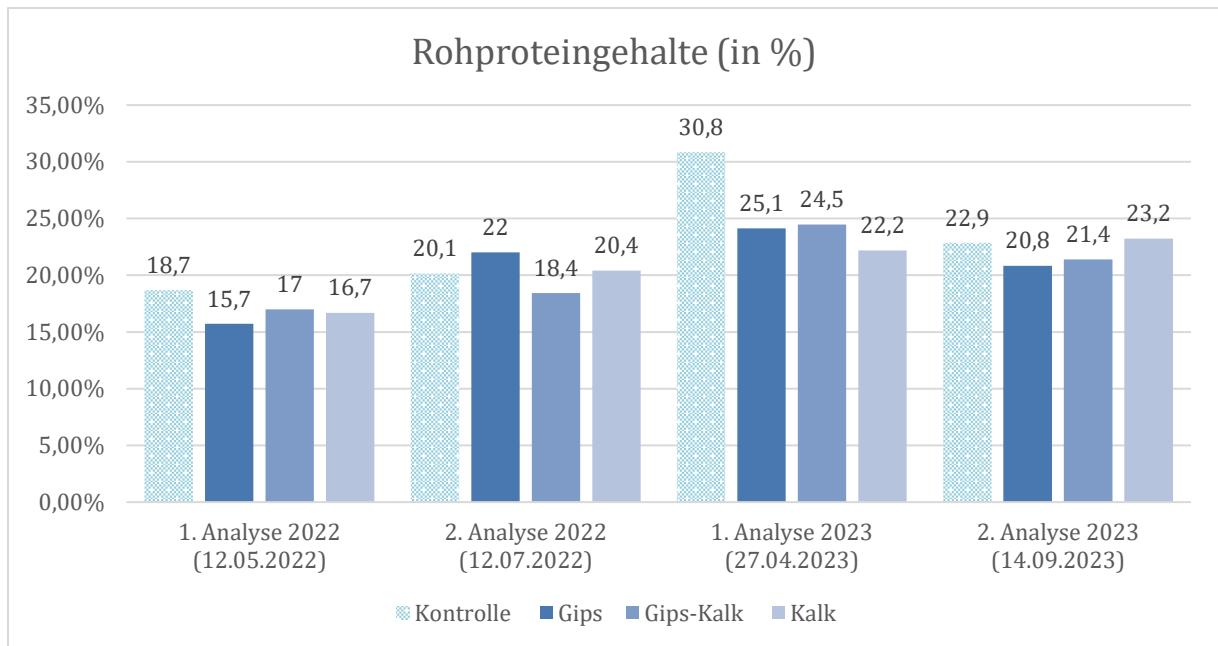


Abbildung 18: Rohproteingehalte der beiden Versuchsjahre auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.

Bei den Erhebungen im Jahr 2023 erzielte die Kontrollvariante an den beiden Erhebungsterminen im April (30,8 dt. TM/ha) und September 2023 (22,9 dt. TM/ha) fast den höchsten Rohproteingehalt (siehe Abbildung 18). An der ersten Erhebung am 27. April 2023 hatten die beiden mit Gips gedüngten Varianten einen höheren Rohproteingehalt als die Kalkvariante. In der zweiten Erhebung am 14. September 2023 war es genau umgekehrt, dort erzielte die Kalkvariante einen höheren Rohproteinertrag als die mit Gips gedüngten Varianten. Daraus wird kein Einfluss der Schwefel- oder der Kalkdüngung auf den Rohproteinertrag geschlossen.

3.4.4. Bodenproben

Der pH-Wert lag auch auf diesem Standort in einem normalen Bereich für die Obersauerstauseegegend bei 5,5.

Auch bei dieser Fläche war die pH-Wert Anhebung auf den mit *Kalk gedüngten Varianten* sichtbar durch eine Anhebung von 5,5 auf 5,7. Im Unterboden wurde der pH-Wert auch hier nicht beeinflusst. Somit war die Kalkwirkung auf den pH-Wert im Oberboden über alle Flächen hinweg bestätigt und spielt nach wie vor eine wichtige Rolle bei der Nährstoffverfügbarkeit aus dem Bodenvorrat. Jedoch sah man auch, dass durch eine reine pH-Wert Analyse keine Aussage über die Verfügbarkeit von Calcium gemacht werden konnte, da die Gipsdüngung den pH-Wert unbeeinflusst ließ, jedoch freies Calcium zur Verfügung stellt. Somit kann der pH-Wert auch im Bereich von 5,6 sein und trotzdem ein Calcium-Mangel vorherrschen, z.B. wenn das Ausgangsgestein aus viel Magnesium enthält, welches den pH-Wert auch anhebt, jedoch kein Calcium freigibt. Um den Calcium-Gehalt im Boden zu bestimmen, müssen noch weitere Analysen der Bodenproben durchgeführt werden, ebenso um den Einfluss des gedüngten Calcium auf das Phosphor-Rückhaltevermögen des Bodens zu bestimmen.

Bei den N_{\min} Analysen fiel bei dieser Fläche die höheren Gehalte bei der ersten Probennahme am 28. März 2022 auf, welche durch eine frühe Güllegabe im Februar zurückzuführen waren. Danach waren die Werte niedrig, vergleichbar mit denen der biologisch bewirtschafteten Parzellen, obwohl hier mineralisch gedüngt wurde.

Auf diesem Standort war keine Wirkung, weder von Gipsdüngung noch von der Kalkung, im zweiten Versuchsjahr zu sehen. Wie auf dem anderen Standort in Eschdorf war auch die Frühjahrsgülleabgabe in leicht erhöhten N_{\min} -Werten zu sehen.

Tabelle 9: Bodenprobenresultate auf der Grünlandparzelle in Eschdorf.

	Kontrolle	Gips	Gips-Kalk	Kalk
pH				
28.03.2022	5,6	5,5	5,6	5,5
01.12.2022 (0-25 cm)	5,4	5,5	5,7	5,7
01.12.2022 (25-60 cm)	5,7	5,6	5,6	5,6
22.03.2023 (0-25 cm)	5,4	5,4	5,7	5,7
22.03.2023 (25-60 cm)	5,7	5,4	5,6	5,7
28.12.2023 (0-25 cm)	5,4	5,5	5,6	5,6
28.12.2023 (25-65 cm)	5,5	5,6	5,5	5,7
N_{min} in kg/ha				
28.03.2022	16	14	17	19
23.05.2022	8	6	5	6
01.12.2022 (0-25 cm)	7	6	11	5
01.12.2022 (25-60 cm)	6	6	14	8
22.03.2023 (0-25 cm)	21	21	22	22
22.03.2023 (25-65 cm)	16	13	10	14
28.12.2023 (0-25 cm)	<2	<2	<2	2
28.12.2023 (25-65 cm)	<2	<2	<2	<2
S_{min} in kg/ha				
28.03.2022	8	14	18	8
23.05.2022	12	20	157	18
01.12.2022 (0-25 cm)	4	9	10	4
01.12.2022 (25-60 cm)	2	12	19	7
22.03.2023 (0-25 cm)	4	6	9	7
22.03.2023 (25-65 cm)	4	3	4	3

3.5. Standort Toodlermillen

3.5.1. Bonituren

Bei der im Jahr 2023 dazugekommen Fläche wurden zwei Beurteilungen des Kleeanteiles während der Vegetationsperiode durchgeführt (siehe Abbildung 19).

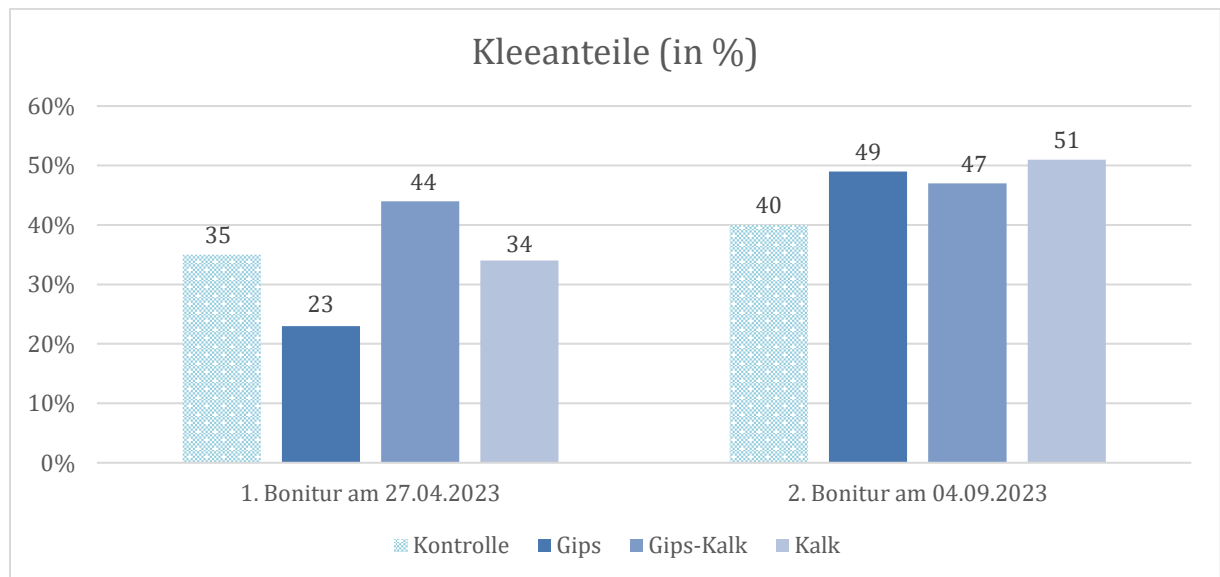


Abbildung 19: Kleeanteile auf der Versuchsfläche auf der Toodlermillen

Zur ersten Erhebung am 27. April 2023 erzielte die *Gips-Kalk Variante* mit 44 % den höchsten Kleeanteil und die *Gipsvariante* mit 23 % den niedrigsten Kleeanteil. So lagen die Unterschiede zwischen den beiden mit *Gips gedüngten Varianten* kurz nach der Düngung noch weit auseinander. Der Kleeanteil der *Kalkvariante* liegt 1 % unter der *Kontrollvariante* und somit an dritter Stelle (siehe Abbildung 19). Zur zweiten Erhebung am 4. September 2023 waren die Unterschiede der *drei gedüngten Varianten* insgesamt kleiner geworden und die Kleeanteile aller Varianten waren angestiegen. Die *Kalkvariante* erzielte mit 51 % den höchsten Kleeanteil gefolgt von der *Gipsvariante* mit 49 % (siehe Abbildung 19).

Auf jeden Fall fiel aber auf, dass die *drei gedüngten Varianten* zur zweiten Erhebung höhere Kleeanteile erzielen wie die *Kontrollvariante*. Man muss aber beachten, dass die Anpassung der Kleeanteile auf den anderen Standorten meist erst zum ersten Schnitt im Folgejahr der Düngung zu sehen war.

3.5.2. Ertragserhebungen

In der Abbildung 20 sind die beiden Ertragserhebungen auf der biologischen Fläche der Toodlermillen aufgeführt. Die *Kalkvariante* hatte zur ersten Erhebung den höchsten Ertrag mit 11,9 dt. TM/ha erzielt, gefolgt von der *Kontrollvariante* mit 9 dt. TM/ha. Die tiefsten Erträge hatten die mit *Gips* (7,1 dt. TM/ha) und *Gips-Kalk* (8,4 dt. TM/ha) *gedüngten Varianten* erzielt.

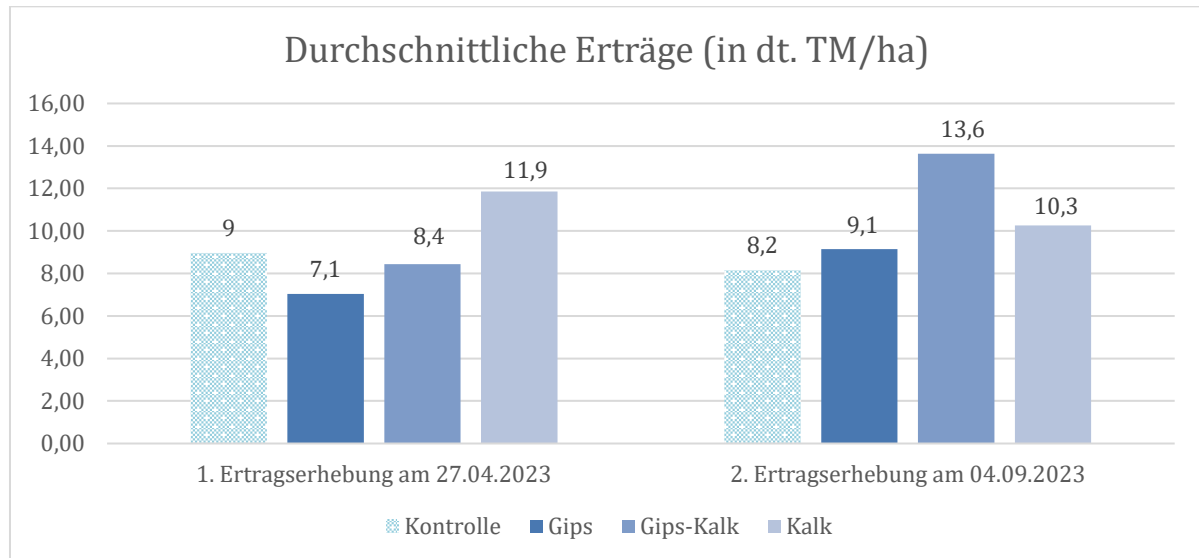


Abbildung 20: Ertragserhebungen auf der Versuchsfläche auf der Toodlermillen

Zur zweiten Erhebung am 4. September 2023 (Abbildung 20) hatte man das gleiche Bild wie bei den Kleeanteilen in Abbildung 19, denn auch bei den Erträgen sind im späteren Verlauf der Vegetationsperiode *alle gedüngten Varianten* über dem Wert der *Kontrollvariante* gestiegen. Den Höchstwert erreichte jedoch die *Gips-Kalk Variante* mit 13,6 dt. TM/ha, gefolgt von der *Kalkvariante* mit 10,3 dt. TM/ha.

Man könnte also durchaus vermuten, dass die Dünger einen Effekt auf den Ertrag haben und durch das Zusammenspiel der beiden Dünger die Gips-Kalk Variante am höchsten ausfällt.

3.5.3. Rohproteinanalysen

Zu den gleichen Terminen wie die Bonituren als auch die Ertragserhebungen wurden ebenfalls die Nährstoffanalysen von der ASTA durchgeführt. Abbildung 21 zeigt die Resultate der Analysen. Zur ersten Erhebung am 27. April 2023 lagen die Proteingehalte der vier Varianten noch auf einem gleichen Niveau zwischen 14 und 14,7 %, bei der die *Kalkvariante* den niedrigsten Gehalt hatte und die *Gips-Kalk Variante* den Höchsten.

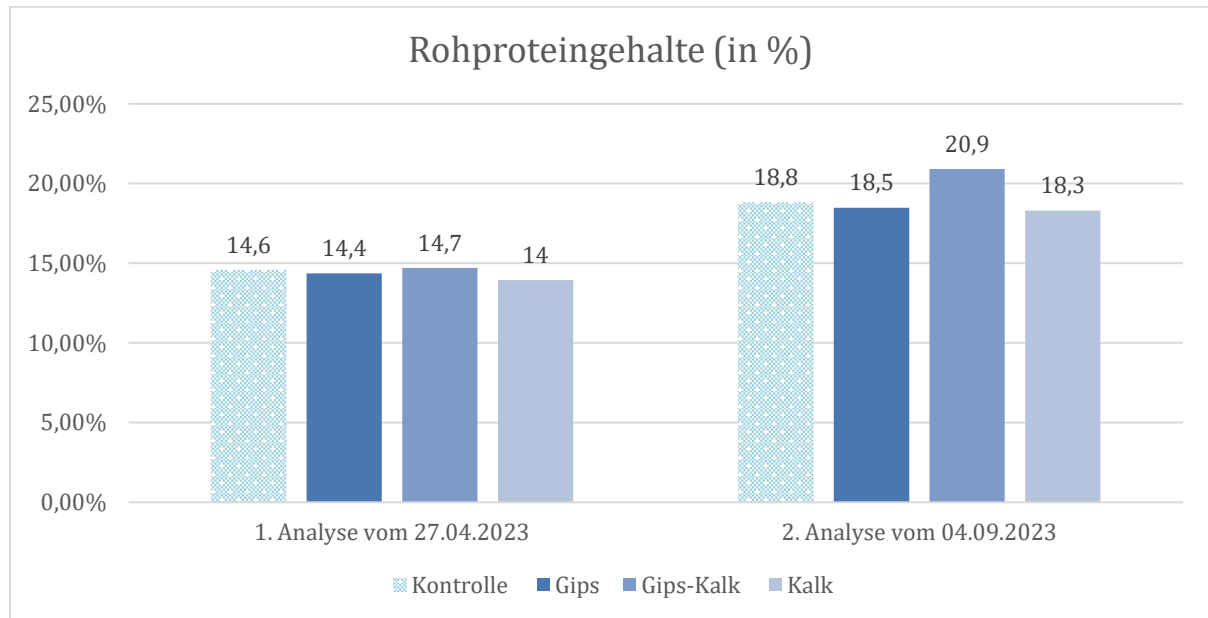


Abbildung 21: Rohproteingehalte auf der Versuchsfläche auf der Toodlermillen

Zur zweiten Erhebung am 4. September 2023 hatte man noch dieselbe Tendenz mit relativ gleichem Niveau als bei der ersten Erhebung im April 2023, und zwar erreichte auch zu diesem Zeitpunkt die *Kalkvariante* den niedrigsten Gehalt mit 18,3 % und die *Gips-Kalk Variante* den höchsten Gehalt mit 20,9 %. Die Werte der *Kontrollvariante* lagen an beiden Erhebungen leicht über dem Gehalt der *Gipsvariante* (siehe Abbildung 21).

3.5.4. Bodenproben

Bei dieser Fläche konnte man wie bei den anderen Flächen im ersten Jahr, die Wirkung vom Gips auf die Schwefelgehalte im Boden sehen. Diese waren 0 auf 15-16 kg S/ha im Oberboden und auf 11-12 kg S/ha im Unterboden angestiegen.

Die Wirkung vom Kalk war im Jahr 2023 in der ersten Saison nach der Düngung nicht zu erkennen, da der pH-Wert in den *Kalk-Varianten* nur sehr gering reagiert hatte, sowohl im Oberboden als im Unterboden. Dieser war im Frühjahr genau wie im Herbst 2023 zwischen 5,5-5,6.

Die N_{\min} Gehalte bewegten sich Frühjahr genau wie im Herbst auf einem sehr niedrigen Niveau.

	Kontrolle	Gips	Gips-Kalk	Kalk
pH				
22.03.2023 0-25 cm	5,5	5,6	5,6	5,5
22.03.2023 25-60 cm	5,2	5,2	5,2	5,3
11.09.2023 0-25	5,5	5,5	5,6	5,6
11.09.2023 25-60	5,4	5,3	5,3	5,4
N_{\min} in kg/ha				
22.03.2023 0-25	7	8	8	7
22.03.2023 25-60	9	10	9	8
11.09.2023 0-25	7	4	5	4
11.09.2023 25-60	6	5	3	4
S_{\min} in kg/ha				
22.03.2023 0-25	3	<1	2	1
22.03.2023 25-60	<1	1	<1	<1
11.09.2023 0-25	7	15	16	10
11.09.2023 25-60	7	12	11	13

3.6. Vergleich der Standorte

Beim Betrachten und Vergleichen der Ergebnisse von den einzelnen Standorten im zweiten Versuchsjahr wird geschlussfolgert, dass man nach wie vor auf dem biologisch geführten Standort in Kalborn den größten Effekt des Gipsdünger auf alle erhobenen Parameter erkannte. Sowohl bei den Bonituren, als auch bei den Erträgen und Rohproteingehalten erreichten die mit Gips gedüngten Varianten die höchsten und für den Landwirten positivsten Werte.

Auf der zweiten biologischen Parzelle in Kahler blieben die Effekte des Gipsdünger auch im zweiten Versuchsjahr zum größten Teil aus. In Kahler hatte man nur zur letzten Erhebung des ersten Versuchsjahres eine Tendenz des Effektes der Schwefeldüngung auf die Proteingehalte (siehe Abbildung 12). Diese Tendenz hat sich aber nicht bis ins zweite Versuchsjahr durchgezogen, da in Erhebungen im Jahr 2023 die Rohproteingehalte der Gipsvarianten nicht mehr am höchsten lagen. Die ausbleibenden Effekte im Südwesten Luxemburgs gegenüber der nördlichen Parzelle können verschiedene Gründe haben. Es wurde erwartet, dass der Schwefel durch die schwerere tonige-lehmige Parabraunerde erst später mineralisiert werden würde und somit die Effekte erst im zweiten Jahr auftreten würden. Dies war jedoch nicht der Fall, obwohl die Bodenprobenresultate aber sowohl im ersten als im zweiten Jahr erhöhte mineralische Schwefelgehalte aufzeigten in den mit Gips gedüngten Varianten. Neben dem Einfluss von Boden und vielleicht auch den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen kann aber auch die Bestandszusammensetzung einen Effekt der zwei biologisch geführten Parzellen haben. Auf dem Standort in Kalborn war bereits vor der Düngung ein hoher Anteil an Weißklee etabliert, da es sich auch um eine Weidemischung handelte. Im Südwesten, in Kahler, war hingegen ein sehr hoher Anteil an Rotklee im Bestand. Über die gesamte Vegetationsperiode fiel in Kalborn bei der visuellen Betrachtung des Bestandes auf, dass sich der Rotkleeanteil fast gar nicht erhöhte und der Weißklee den größten Effekt der Dünger aufzeigte. In Kahler hingegen war es genau umgekehrt, dort blieb der Anteil an Rotklee besonders hoch und der Anteil an Weißklee änderte sich nicht. Somit könnte daraus geschlussfolgert werden, dass Weißklee mehr von der Düngung mit Gips und/oder Kalk profitiert als Rotklee.

Sowohl in Kalborn als auch in Kahler hatte man durch den Kalk einen positiven Effekt auf den pH-Wert, sowohl im Ober- als auch im Unterboden. Es konnte aber kein Effekt auf Ertrag oder Bestandszusammensetzung oder Proteingehalt durch die pH Erhöhung auf den beiden Standorten festgestellt werden.

Auf der dritten biologischen Fläche, an der Toodlermillen, welche im Jahr 2023 gedüngt wurde, hat man jedoch einen Effekt in den mit Kalk gedüngten Varianten erkannt. Vor allem in der ersten Erhebung lagen die mit Kalk gedüngten Varianten bei den Kleeanteilen und Erträgen am höchsten. Die Gips-Kalk Variante hat beim Ertrag und den Proteingehalten bei der zweiten Erhebung im September 2023 am besten abgeschnitten. In dieser Variante kann das Zusammenspiel beider Dünger positiv gewirkt haben.

Da auf den konventionellen Flächen der LAKU während der Vegetationsperiode mineralische Dünger eingesetzt wurden, sind diese beiden Flächen schwierig mit den biologischen Flächen in zu vergleichen. Was jedoch direkt auffällt, dass die Kleeanteile auf den konventionellen Flächen niedriger sind als auf den biologischen Flächen. Dies kann auf den Einsatz des mineralischen Düngers zurückzuführen sein, da er den Kleeanteil in der Regel senkt. Dann kommt noch hinzu, dass der Betriebsleiter der konventionellen Flächen bereits in den letzten Jahren schwefelhaltige Mineraldünger eingesetzt hat und der Effekt somit durch die Düngung des Naturgips größtenteils ausbleibt. Auf diesen Standorten war der Effekt vom Kalk im Jahr auf den Ertrag der Feldfutterparzelle fast am höchsten. Dies war auch im Jahr 2023 der Fall, wo die mit Kalk gedüngten Varianten neben dem Ertrag auch bei den Bonituren und dem Rohproteingehalt mehrheitlich am Höchsten abschnitten auf der konventionellen Feldfutterparzelle. Neben dem Einfluss der mineralischen, schwefelhaltigen Düngern kann aber auch auf diesen beiden Standorten der Einfluss des Bodens und Klimas auf die fehlenden Effekte beim Schwefel zurückgeführt werden.

Insgesamt hat man auf den konventionellen Flächen der LAKU einen stärkeren Effekt der Kalkung erkannt als bei den biologischen Flächen, die im Jahr 2022 gedüngt wurden.

Bei allen Bodenproben zeigte sich bei den mineralischen Schwefelgehalten, dass die Gehalte bereits im Herbst/Winter 2023 an Schwefel im unteren Horizont von 25 bis 60 cm angestiegen war. So war eine Auswaschungsgefährdung des Düngers in dem Horizont erhöht.

4. Wissenstransfer

Während der Projektlaufzeit wurden zu verschiedenen Zeitpunkten die Aktualitäten des Projektes auf der Facebook Seite des IBLA vorgestellt und auch die gemeinsame Exkursion mit der Vereenegung fir Biolandwirtschaft Lëtzebuerg a.s.b.l., der Abteilung für Pflanzenproduktion der ASTA sowie der AG-Öko Futtersaaten der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen über diesen Kanal kommuniziert. In Anhang 1 und 2 sind beispielhaft Facebook Beiträge zur Ausbringung der Dünger und den Erhebungen auf dem dazugekommenen Standort auf der Toodlermillen.

Die Exkursion resp. Feldbegehung fand am 24. August 2023 auf der Versuchsfläche in Kalborn statt und wurde von der Vereenegung fir Biolandwirtschaft Lëtzebuerg a.s.b.l. in Zusammenarbeit mit dem IBLA organisiert. Neben zwei Facebook Post's (Anhang 3 und 4) wurden die Mitglieder und Kunden des IBLA noch über den IBLA-Mailverteiler zur Feldbegehung aufmerksam gemacht. Dadurch fanden an dem Tag rund 30 Interessierte den Weg nach Kalborn und Heinerscheid wo das „Gips-Kalk Power“ Projekt sowie die biologischen Feldfuttermittelversuche der ASTA und ebenfalls Futterleguminosen-Sortenversuche der AG-Öko Futtersaaten vorgestellt wurden.

Als Handreichung wurde, für den Teil des IBLA, den Teilnehmern an der Feldbegehung ein Feldführer mit Informationen, allen Arbeitsschritten und bisherigen Ergebnissen zum Gips-Kalk Power Projekt ausgehändigt. Daneben wurde aber auch ein Poster mit den zweijährigen Ergebnissen der Versuchsfläche erstellt (siehe Anhang 5). Nach der Feldbegehung wurde ein Post über diese auf der Facebook Seite des IBLA sowie ein Artikel in der Fachzeitschrift „Alcovit“ und „Allianz“ publiziert (siehe Anhänge 6 bis 8).

Zusätzlich wurde das Projekt mit den Ergebnissen auch noch als Vortrag auf dem 12. Leguminosentag vom IBLA am 17. November 2023 und am Tag des Bodens (15.12.2023), gemeinsam organisiert von LIST, der ASTA und der Umweltverwaltung vorgestellt.

Neben der Publikation des Endberichtes auf der Internetseite vom IBLA und dem Landwirtschaftsportal nach der Projektlaufzeit werden die Ergebnisse des Projektes bei interessierten Landwirten in der Beratung angesprochen und weitergereicht.

5. Fazit

Die Düngung mit dem Gipsdünger stellt sich nach den beiden Versuchsjahren für den Landwirten in Kalborn mit der Feldfutterparzelle als sehr interessant heraus. Da sich sowohl der Trockenmasseertrag als auch der Proteinertrag und der Kleeanteil erhöht haben. Dies steigert die Grundfutter- sowie Eiweißautarkie des Betriebes und durch den höheren Kleeanteil ist das Potential der Stickstofffixierung ebenfalls höher.

Auf den Standorten in Eschdorf, Toodlermillen und Kahler, wo der Effekt des Gipsdünger im Gegensatz zum Standort Kalborn, bis zur letzten Erhebung größtenteils ausblieb kann auf mehrere Gründe zurückgeführt werden. Insgesamt wird also nach den zwei Versuchsjahren geschlussfolgert, dass die Ergebnisse standortabhängig sind und die Landwirte den Schwefeldünger punktuell auf Problemflächen testen sollen. Es macht wenig Sinn auf üppigen Klee grasbeständen mit zufriedenstellenden Erträgen Schwefeldünger einzusetzen und es bleibt am Ende der Effekt aus, da bereits der Großteil des Potentials ausgenutzt wurde.

Vor allem langjährige Biobetriebe berichten auf einigen Flächen über schwindende Anteile an Klee und Erträgen im Feldfutter und Dauergrünland, wo ein Versuch mit Schwefel durchaus Sinn macht, um die Leguminosen wie auf dem Standort Kalborn zu stärken. Geringe Kleeanteile oder unzufriedenstellende Erträge müssen aber nicht unbedingt auf einen geringen Schwefelgehalt im Boden zurückgeführt werden. Es kann ein Mittel zum Zweck sein und soll somit bei den Landwirten getestet werden, indem der Landwirt beispielsweise nur einen Streifen auf einer Fläche düngt und somit anschließend einen Unterschied beurteilen kann. Dies spart dem Betrieb Geld und Aufwand, vor allem da der Schwefel aus dem Naturgips sehr schnell in die tieferen Bodenschichten ausgewaschen wird und somit nicht mehr pflanzenverfügbar ist. Auch ist die Beurteilung des Schwefelgehalte im Boden oder im Futter ein passender Parameter um eine Schwefeldüngung einzusetzen.

Die Resultate der Kalkdüngung haben in den zwei Jahren zwar nur geringe Effekte auf Ertrag, Protein und Kleeanteile gezeigt, doch sie haben die pH Werte angehoben was ebenfalls ein Ziel ist um der Versauerung der Böden entgegenzuwirken und soll Teil der guten landwirtschaftlichen Praxis bleiben.

Literatur

Becker, K., Riffel, A., Schmidtke, K., Fischinger, S. 2016. Schwefeldüngung zu Futter- und Körnerleguminosen- Empfehlungen für den ökologischen Landbau.
https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/bestellformular/pdf/broschuere_schwefelduengung.pdf

Feichtinger, K-H. ohne Datum. Schwefel - der wichtigste Nährstoff in der Pflanzenernährung? - Unentbehrlich für die Proteinbildung und Mineralstoffversorgung in der Tierernährung!.
<https://www.ooe-landwirtschaftsschulen.at/Mediendateien/Waizenkirchen%20Dokumente/Schwefel.pdf>

Gruber, H., Urbatzka, P., Mücke, M., Rohlfing, F. 2019. Schwefeldüngung im biologischen Landbau- Beiträge aus den Bundesländern und Landwirtschaftskammern, Ergebnisse aus mehrjährigen Parzellenversuchen an verschiedenen Standorten in Deutschland mit Empfehlungen für die Praxis. <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/346/article/34354.html>

Impressum

Herausgeber

- Institut fir Biologësch Landwirtschaft an Agrarkultur Luxemburg a.s.b.l.
1, Wantergaass
L-7664 Medernach
Tel / 26 15 13 88
E-Mail / info@ibla.lu
www.ibla.lu

- Landwirtschaftlech Kooperatioun Uewersauer
15, Rue de Lultzhausen
L- 9650 Esch-sur-Sûre
Tel / 89 93 31 1
E-Mail / info@naturpark-sure.lu
www.naturpark-sure.lu

Autoren / Ben Mangen, Paul Nickels

Februar 2024