

Biodiversitätsflächen im Grünland - Auswirkungen auf pflanzenbauliche und botanische Kennwerte

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Diplomingenieurs



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Eingereicht von:

Andreas Klingler, BSc

Betreuer:

Univ.-Doz. Dr. nat. techn. Erich M. Pötsch
Dr. Bernhard Krautzer

Institut für
Pflanzenbau und Kulturlandschaft der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Aigen im Ennstal, September 2017



Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, am Datum

.....
Vorname Nachname

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist all jenen Menschen gewidmet, die mich während des Verfassens betreut und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Betreuern Univ.-Doz. Dr. nat. techn. Erich M. Pötsch, Abteilung für Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Dr. Bernhard Krautzer, Abteilung Vegetationsmanagement im Alpenraum, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, für die hervorragende und kollegiale Betreuung. Sie haben mit fachlichem Input, konstruktiver Kritik und wertvollen Diskussionen wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Für die fachlichen Anregungen und Hilfestellungen bei der statistischen Auswertung bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Ing. Reinhard Resch, Referat für Futterkonservierung und Futterbewertung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes Pflanzenbau und Kulturlandschaft, allen voran Herrn Univ.-Doz. Dr. Karl Buchgraber, gebührt für die Bereitstellung der nötigen Ressourcen und für jegliche Art der Unterstützung mein großer Dank.

Des Weiteren möchte ich mich bei all meinen Kolleginnen und Kollegen, welche mich durch das Studium begleitet haben, bedanken. Sie haben dafür gesorgt dass, meine Studienzeit in Wien einzigartig und unvergessen bleiben wird.

Schlussendlich gilt der größte Dank meiner Familie, dafür, dass sie mich immer wieder meinen eigenen Weg suchen, finden und gehen ließen. Danke, dass ihr mir während meiner ganzen Ausbildung so motivierend und unterstützend zur Seite gestanden seid.

Andreas Klingler

Zusammenfassung

Durch eine anhaltende Nutzungsintensivierung während der letzten Jahrzehnte sind Österreichs artenreiche Grünlandbestände, welche charakteristisch für die vor allem im benachteiligten Gebiet vorzufindende kleinstrukturierte Landwirtschaft sind, zusehends gefährdet. Um dem Verlust des wertvollen Schutzgutes Biodiversität entgegenzuwirken, müssen am ÖPUL teilnehmende Betriebe auf zumindest 5 % ihrer Fläche eine Nutzungsreduktion auf maximal zwei Schnitte pro Jahr vornehmen. Um die Auswirkungen dieser Nutzungsreduktionen auf Ertrag, Futterqualität, floristische Diversität sowie bodenkundliche und betriebswirtschaftliche Aspekte ermitteln zu können, wurden ursprünglich vierfach wiederholte, bereits bestehende Versuchsflächen auf drei Standorten, welche aus jeweils einem Vierschnittblock und einem Dreischnittblock bestanden, folgendermaßen modifiziert: a) unverändert als Referenzparzellen, b) zweimähdig + unveränderte Düngung, c) zweimähdig + reduzierte Düngung und d) zweimähdig + keine Düngung. Hohe Düngergaben auf zweimähdigen Flächen führten zu einer rascheren physiologischen Pflanzenbestandsentwicklung, höheren Erträgen und schlechterer Futterqualität. Der Anteil an für Insekten wertvolle Blütenpflanzen konnte auf den zweimähdigen Flächen, welche keine Düngung erhielten, gesteigert werden und sank am stärksten in den vollgedüngten zweimähdigen Flächen während des gesamten Versuchszeitraumes von 2010 bis 2013. Auch die unveränderten Referenzparzellen zeigten im Jahr 2013 einen höheren Anteil an Blütenpflanzen, wodurch auf gute ökologische Effekte dieser praxisrelevanten Bewirtschaftungssysteme geschlossen werden kann. Die pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehaltswerte der Böden konnten auf den vollgedüngten zweimähdigen Flächen am stärksten gesteigert werden und waren nach zweimaliger Nutzung in Kombination mit keiner Düngung am geringsten. Betriebswirtschaftlich betrachtet konnte auf den ungedüngten zweimähdigen Flächen das Optimum erreicht werden.

Schlagworte: Grünland, Bewirtschaftungsintensität, Produktivität, floristische Diversität, Futterqualität, Ertrag

Summary

Effects of grassland extensification on yield, forage quality, floristic diversity, pedological und economic aspects.

Intensification during the last decades has endangered species-rich meadows and pastures, which characterise the small scaled agricultural landscape in less favoured regions in Austria. To counteract the loss of biodiversity, farmers joining the Austrian agri-environmental programme must implement an environmentally friendly and biodiversity-promoting management on 5 % of their total grassland. Already established field trials at three different sites, each consisting of two blocks (3-cut and 4-cut regime), combined with various fertilisation treatments, were used to find out how yield, floristic diversity, forage quality, pedological and economic aspects were affected by decreased management intensity. The original design was split up into subsets: a) unchanged as reference, b) two cuts + unreduced fertilization, c) two cuts + reduced fertilization and d) two cuts + no fertilization. High fertiliser rates, combined with low cutting frequencies, resulted in high yields but accelerated maturity and poor forage quality. The proportion of valuable plants for insects decreased in the 2-cut regime with unreduced fertilization, and increased the most in the unfertilized 2-cut regime plots during the observation period from 2010 to 2013. Reference plots with unchanged cutting frequencies also showed a higher proportion of pollinator plants in the year 2013 indicating good environmental condition of such practice-relevant management systems. Plant-available phosphorous and potassium increased in the 2-cut regime plots with high fertilizer rates and decreased in the unfertilized plots. The economic optimum was calculated for the unfertilized 2-cut regime plots.

Keywords: Grassland, management intensity, low input, productivity, floristic-diversity, forage quality, yield

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	III
Zusammenfassung	V
Summary	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	XI
Abkürzungen und Terminologie	XV
1 Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Grünlandwirtschaft in Österreich	1
1.2 ÖPUL	2
1.3 Fragestellungen	4
1.4 Zielsetzungen	4
2 Material und Methoden	5
2.1 Geologische und klimatische Standortbeschreibung	5
2.1.1 Kobenz	5
2.1.2 Winklhof	6
2.1.3 Gumpenstein	7
2.2 Versuchsbeschreibung	8
2.2.1 Vorgeschichte der Versuchsflächen	8
2.2.2 Versuchsumstellung	10
2.3 Pflanzenbauliche Erhebungen	12
2.3.1 Grün- und Trockenmasseerträge	12
2.3.2 Rohproteingehalt	13
2.3.3 Rohproteinertrag	13
2.3.4 Energiegehalt und Verdaulichkeit	13
2.3.5 Energieertrag	14
2.3.6 Gerüstsubstanzen	14
2.3.6.1 Weender	14
2.3.6.1.1 Rohfaser	14
2.3.6.2 Weender/Van Soest	14
2.3.6.2.1 NDF (neutral detergent fiber)	15
2.3.6.2.2 ADF (acid detergent fiber)	15
2.3.6.2.3 ADL (acid detergent lignin)	15
2.3.7 Rohasche	16
2.3.8 Mineralstoffe	16
2.4 Pflanzensoziologische Erhebungen	16
2.4.1 Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP	16
2.4.2 Flächenprozentschätzung nach SCHECHTNER	17
2.4.3 Shannon Index	17

2.4.4	Blühpunkte	18
2.5	Wirtschaftsdüngeranalysen	19
2.6	Bodenkundliche Erhebungen	19
2.6.1	Bodenreaktion	19
2.6.2	Phosphor- und Kaliumgehaltswerte	20
2.7	Stickstoffbilanzierung	20
2.7.1	Stickstoffdüngung	20
2.7.2	N ₂ -Bindung	21
2.7.3	Stickstoffdeposition.....	22
2.7.4	Stickstoffentzug.....	22
2.8	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	23
2.9	Statistische Auswertung.....	24
3	Ergebnisse und Diskussion.....	27
3.1	Pflanzenbauliche Kennwerte.....	27
3.1.1	Trockenmasse Bruttoertrag	27
3.1.2	Rohproteingehalt	29
3.1.2.1	Erster Aufwuchs.....	30
3.1.2.2	Folgeaufwüchse	31
3.1.3	Rohproteinertrag.....	35
3.1.4	Energie und Verdaulichkeit.....	36
3.1.4.1	Erster Aufwuchs.....	37
3.1.4.2	Folgeaufwüchse	41
3.1.4.3	Energieertrag.....	43
3.2	Botanische Kennwerte	44
3.2.1	Biodiversität	44
3.2.2	Blühpunkte	49
3.3	Bodenkundliche Kennwerte	52
3.3.1	Bodenreaktion	52
3.3.2	Phosphorgehaltswerte.....	54
3.3.2.1	Kobenz	55
3.3.2.2	Winklhof	56
3.3.2.3	Gumpenstein	58
3.3.3	Kaliumgehaltswerte.....	60
3.3.3.1	Kobenz	61
3.3.3.2	Winklhof	62
3.3.3.3	Gumpenstein	64
3.3.4	Stickstoffbilanzierung	65
3.4	Betriebswirtschaftlicher Aspekt	69
4	Schlussfolgerungen und Ausblick	73
4.1	Pflanzenbauliche Kennwerte.....	73
4.2	Botanische Kennwerte	73
4.3	Bodenkundliche Kennwerte	74
4.4	Betriebswirtschaftlicher Aspekt	75
4.5	Ausblick.....	75

5	Literaturverzeichnis	77
6	Anhang.....	85

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

<i>Abbildung 1:</i> Entwicklung der Antragsteller: INVEKOS und ÖPUL (AMA, 2017)	2
<i>Abbildung 2:</i> Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Zeltweg (1981-2010).....	5
<i>Abbildung 3:</i> Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Winklhof (1981-2010).....	7
<i>Abbildung 4:</i> Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Gumpenstein (1981-2010).....	8
<i>Abbildung 5:</i> Rasterflächen des norwegischen Instituts für Meteorologie für die Standorte Kobenz, Winklhof und Gumpenstein	22
<i>Abbildung 6:</i> Höhe der ÖPUL Förderung - Maßnahme 2 (BMLFUW, 2007a, 37).....	24
<i>Abbildung 7:</i> Trockenmasseertrag der Stufe 2KD, dt ha ⁻¹ . Vergleich der Düngevarianten Mist/Jauche und NPK. (Durchschnitt über alle Versuchsstandorte).....	29
<i>Abbildung 8:</i> Rohproteingehalt des 1. Aufwuchses mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	31
<i>Abbildung 9:</i> Rohproteingehalt der Folgeaufwüchse mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	32
<i>Abbildung 10:</i> Anteil an Leguminosen und Kräutern in Gew.-%. (Durchschnitt über alle Düngungsvarianten, Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	33
<i>Abbildung 11:</i> Relative Energiegehaltswerte in %, Systemvergleich der beiden Energiebewertungsmethoden. (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	40
<i>Abbildung 12:</i> Energiegehalt der einzelnen Nutzungsvarianten im Systemvergleich auf den jeweiligen Standorten. (Durchschnitt über alle Versuchsjahre)	40
<i>Abbildung 13:</i> In-vitro Verdaulichkeit (%) der Folgeaufwüchse (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	42
<i>Abbildung 14:</i> Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Kobenz, Signifikanzniveau $p < 0,05$	45
<i>Abbildung 15:</i> Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Winklhof, Signifikanzniveau $p < 0,05$	46
<i>Abbildung 16:</i> Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Gumpenstein, Signifikanzniveau $p < 0,05$	47
<i>Abbildung 17:</i> Blühpunkte der drei Versuchsstandorte mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Düngevarianten)	50
<i>Abbildung 18:</i> Blühpunkte der drei Versuchsstandorte – relative Entwicklung zum Referenzjahr 2005 (Durchschnitt über alle Düngevarianten).....	50
<i>Abbildung 19:</i> Blühpunkte unterschiedlicher Wirtschaftsdüngersysteme im relativen Vergleich zur mineralischen Düngung im Jahr 2013 (Durchschnitt über alle Nutzungsvarianten)	51
<i>Abbildung 20:</i> Phosphorgehalt des Bodens am Standort Kobenz des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013	55
<i>Abbildung 21:</i> Phosphorgehalt des Bodens am Standort Winklhof des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013	57

<i>Abbildung 22:</i> Phosphorgehalt des Bodens am Standort Gumpenstein des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013.....	59
<i>Abbildung 23:</i> Kaliumgehalt des Bodens am Standort Kobenz im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013	61
<i>Abbildung 24:</i> Kaliumgehalt des Bodens (mg 1000 g ⁻¹ Feinboden) am Standort Winklhof im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013	63
<i>Abbildung 25:</i> Kaliumgehalt des Bodens (mg 1000 g ⁻¹ Feinboden) am Standort Gumpenstein im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013	64
<i>Abbildung 26:</i> Stickstoffbilanz der österreichischen Landwirtschaft (Umweltbundesamt, 2017).....	66

Tabellen

<i>Tabelle 1:</i> Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Kobenz.....	6
<i>Tabelle 2:</i> Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Winklhof.....	7
<i>Tabelle 3:</i> Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Gumpenstein.....	8
<i>Tabelle 4:</i> Bewirtschaftungsschema der Vorversuche (2000-2009)	9
<i>Tabelle 5:</i> Versuchsdesign nach der Umstellung im Frühjahr 2010 (VD = volle Düngung, RD = reduzierte Düngung, KD = keine Düngung)	10
<i>Tabelle 6:</i> Treatments mit den durchschnittlichen Nährstoffzufuhren (2010-2013)	11
<i>Tabelle 7:</i> Planungstermine inkl. durchschnittlicher Abweichung in Tagen (d) für die Versuchsernten.....	12
<i>Tabelle 8:</i> Bedeutung insektenblütiger Pflanzen als Nahrungsgrundlage (Hauptsächlich Pollen und Nektar)	18
<i>Tabelle 9:</i> Analysenbeschreibung für die eingesetzten Wirtschaftsdünger.....	19
<i>Tabelle 10:</i> Düngungsniveau in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit	20
<i>Tabelle 11:</i> Brutto TM-Erträge dt ha ⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	27
<i>Tabelle 12:</i> Rohproteingehalt des ersten Aufwuchses in g kg ⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	30
<i>Tabelle 13:</i> Rohproteingehalt der Folgeaufwüchse in g kg ⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	32
<i>Tabelle 14:</i> Gehalt an Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) in g kg ⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	34
<i>Tabelle 15:</i> Rohproteinertrag in kg ha ⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	35
<i>Tabelle 16:</i> Energiegehalt abgeleitet von der Verdaulichkeit (Methode A) des ersten Aufwuchses in MJ NEL kg ⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	37
<i>Tabelle 17:</i> In vitro-Verdaulichkeit (%) des ersten Aufwuchses, (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	38
<i>Tabelle 18:</i> Energiegehalt berechnet aus den Rohnährstoffen (Methode B) des ersten Aufwuchses in MJ NEL kg ⁻¹ , (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	39
<i>Tabelle 19:</i> Energiegehalt abgeleitet von der Verdaulichkeit (Methode A) der Folgeaufwüchse in MJ NEL kg ⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	41

<i>Tabelle 20:</i> Energiegehalt berechnet aus den Rohnährstoffen (Methode B) der Folgeaufwüchse in MJ NEL kg ⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	43
<i>Tabelle 21:</i> Energieertrag in GJ NEL ha ⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)	44
<i>Tabelle 22:</i> Shannon Index (H') des Drei- bzw. Vierschnittblocks des Jahres 2005	47
<i>Tabelle 23:</i> NDF Gehalt g kg ⁻¹ TM erster Aufwuchs, Stufe 3VD, 4VD und 2VD ha (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte).....	48
<i>Tabelle 24:</i> pH-Wert des Bodens der Düngevarianten auf den verschiedenen Standorten, inklusive pH-Wert Differenz von 2008 zu 2013.....	53
<i>Tabelle 25:</i> Einstufung der Phosphorgehalte (BMLFUW, 2017, 21).....	55
<i>Tabelle 26:</i> P ₂ O ₅ -Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Kobenz (Ø 2010 - 2013).....	56
<i>Tabelle 27:</i> P ₂ O ₅ -Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Winklhof (Ø 2010 - 2013).....	58
<i>Tabelle 28:</i> P ₂ O ₅ -Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Gumpenstein (Ø 2010 - 2013).....	59
<i>Tabelle 29:</i> Einstufung der Kaliumgehalte (BMLFUW, 2017, 21).....	61
<i>Tabelle 30:</i> K ₂ O-Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Kobenz (Ø 2010 - 2013).....	62
<i>Tabelle 31:</i> K ₂ O-Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Winklhof (Ø 2010 - 2013).....	63
<i>Tabelle 32:</i> K ₂ O-Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Gumpenstein (Ø 2010 - 2013).....	65
<i>Tabelle 33:</i> Stickstoffzufuhr, N-Deposition, legume N-Bindung und Bilanz (kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹) der unterschiedlichen Varianten auf den einzelnen Standorten (Ø 2010-2013)	67
<i>Tabelle 34:</i> Deckungsbeitragsberechnung der einzelnen Treatments mittels AWI Deckungsbeitragsrechner	70
<i>Tabelle 35:</i> Blühwert der vorgefundenen Pflanzenarten	85
<i>Tabelle 36:</i> Versuchsplan des Vorversuchs, Versuchsperiode: 2000-2009.....	87
<i>Tabelle 37:</i> Versuchsplan nach der Versuchsumstellung, Versuchsperiode 2010 - 2013	88

Abkürzungen und Terminologie

ADF	Acid detergent fiber
ADL	Acid detergent lignin
AMA	Agrarmarkt Austria
AWI	Bundesanstalt für Agrarwirtschaft
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
CaCl ₂	Calciumchlorid
CAL	Calcium Acetat Lactat
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EU-27	Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (gültig für den Zeitraum: 1. Jan. 2007 - 30 Juni 2013)
GBA	Geologische Bundesanstalt
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt	Dezitonne
Gew.-%	Gewichtsprozent
g	Gramm
GVE	Großvieheinheit
INVEKOS ..	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
H'	Shannon Index
ha	Hektar
HNO ₃	Salpetersäure
i.d.TM	in der Trockenmasse
K	Kalium
KD	keine Düngung
K ₂ O.....	Kaliumoxid
LfL	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
m.ü.A	Meter über Adria
Mio	Million
MJ	Megajoule
N	Stickstoff
N ₂	elementarer Stickstoff

NDF	Neutral detergent fiber
NEL	Netto Energie Laktation
NH ₂	Aminogruppe
NH ₃	Ammoniak
NH ₄	Ammonium
NO ₃ ⁻	Nitrat
O ₂	molekularer Sauerstoff
P	Phosphor
P ₂ O ₅	Phosphat
RD	reduzierte Düngung
RGVE	raufutterverzehrende Großvieheinheit
OM	Organische Masse
ÖPUL	Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft
VD	volle Düngung
TM	Trockenmasse
XP	Rohprotein
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1 Einleitung und Problemstellung

1.1 Grünlandwirtschaft in Österreich

Das Dauergrünland in Österreich nimmt derzeit ein Flächenausmaß von 1,36 Mio. Hektar ein. Von dieser Fläche werden 53 % als intensiv genutztes Grünland, welches sich aus Kulturweiden, Mähwiesen/ -weiden mit drei oder mehr Nutzungen und Feldfutter zusammensetzt, bewirtschaftet. Das extensiv genutzte Grünland, welches 47 % des Dauergrünlandes einnimmt, setzt sich aus Mähwiesen/ -weiden mit zwei Nutzungen, Almen und Bergmähdern, Hutweiden, Streuwiesen, einmähdigen Wiesen und Grünlandbrachen zusammen (BMLFUW, 2016, 35). Während die Grünlandfläche in Österreich nahezu 50 % der landwirtschaftlichen Fläche einnimmt, sind es im EU-27-Vergleich nur ca. 36 %. Die gesamte Grünlandfläche der EU-27 beträgt 62 Mio. Hektar, daraus ergibt sich mit 2,5 % ein relativ geringer Anteil des österreichischen Grünlandes am gesamteuropäischen Grünland. Sowohl in Österreich als auch in Europa kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer deutlichen Reduktion dieser Grünlandflächen. Alleine im Zeitraum von 1990 bis 2003 wurde die Grünlandfläche in Europa um 13 % verringert (FAO, 2005). Grünland stellt in den benachteiligten Gebieten Österreichs, welche aufgrund von ungünstigen Bodenverhältnissen, zu hohen Niederschlagsmengen, kurzer Vegetationszeit, zu steiler Hanglage und weiteren limitierenden Faktoren nicht als Ackerflächen genutzt werden können, die Hauptproduktionsgrundlage für die heimischen Landwirte dar (Buchgraber und Gindl, 2004, 11).

Aufgrund vielfältiger Funktionen und Beiträge des Grünlandes für die unterschiedlichsten Bereiche kann die Bedeutung des Grünlandes nach Pötsch (2010) in Anlehnung an die vier Funktionen des Waldes folgendermaßen untergliedert werden:

- Wohlfahrtsfunktion (Grünland als zentrales Element der Kulturlandschaft, Grünland als Lebensraum für Flora und Fauna, Grünland als CO₂-Speicher und O₂-Produzent)
- Schutzfunktion (Grünland als Filter und Speicher von Wasser, Grünland als Schutz vor Bodenerosion und Lawinen)
- Erholungsfunktion (Grünland als Basis für Freizeit, Erholung, Tourismus und Jagd)
- Nutzfunktion (Grünland als Produktionsbasis für Milch, Fleisch und Energie, Grünland als Einkommensgrundlage für Grünland- und Viehwirtschaftsbetriebe).

1.2 ÖPUL

Im Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2007) sowie in der Nachfolgerichtlinie ÖPUL 2015 wurden Maßnahmen formuliert, mit denen versucht wird umwelt-ökologische, gewässer- bzw. bodenschutzfachliche, tierschutzrelevante, aber auch gesellschaftliche Ziele zu erreichen. Sowohl die europäische als auch die österreichische Agrarpolitik ist darum bemüht, die ökologischen Leistungen der Landwirtschaft langfristig zu sichern. Das Entgegenwirken der Nutzungsaufgabe und Nutzungsintensivierung von landwirtschaftlich genutzter Fläche kann als zentrales Ziel der Sonderrichtlinie ÖPUL gesehen werden (BMLFUW, 2015a).

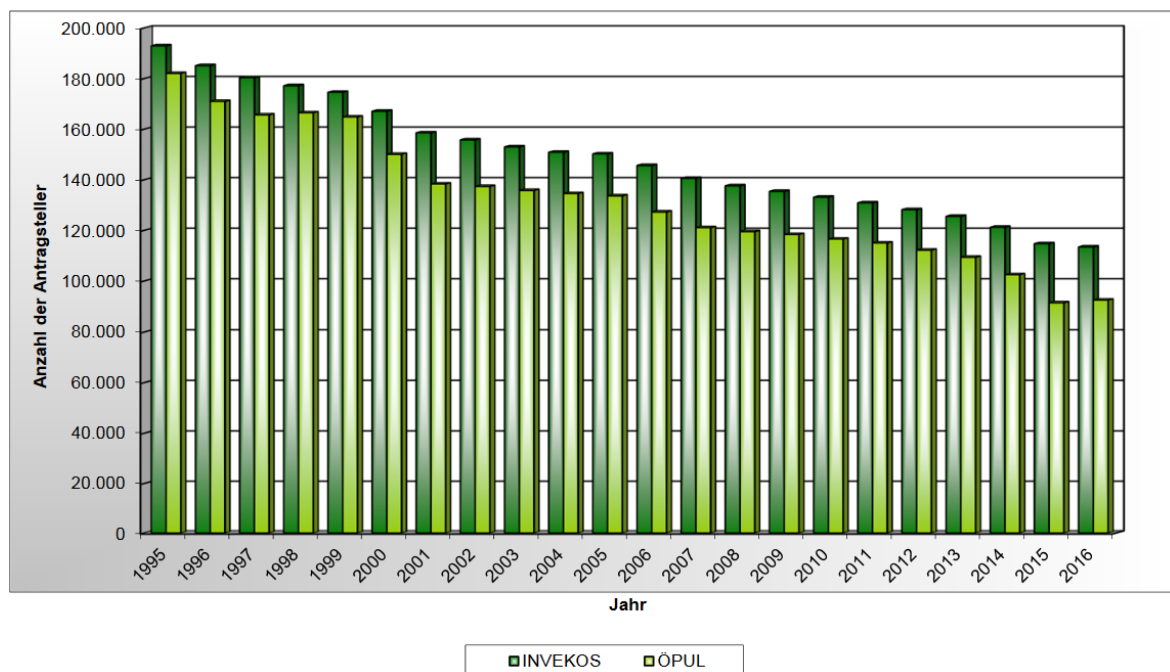


Abbildung 1: Entwicklung der Antragsteller: INVEKOS und ÖPUL (AMA, 2017)

In **Abbildung 1** ist die absolute Anzahl der INVEKOS- und ÖPUL antragstellenden Betriebe ersichtlich. Seit der Einführung dieser Richtlinie im Jahr 1995 ist ein stetiger Rückgang an gestellten Anträgen zu beobachten. Anteilsmäßig betrachtet gab es im Jahr 2016 hingegen nur geringfügig weniger ÖPUL teilnehmende Betriebe als zu Beginn des Programmes im Jahr 1995 (AMA, 2017).

Aufgrund des stetigen Rückgangs artenreicher und für Insekten wertvoller Pflanzenbestände (Krautzer und Graiss, 2015) wurden internationale sowie nationale Richtlinien und Maßnahmen zum Schutz der ökologischen Vielfalt in Österreich implementiert. Innerstaatlich umgesetzte Zielsetzungen der Europäischen Kommission wie die Flora-Fauna-

Habitatrichtlinie oder das österreichische Agrar- und Umweltprogramm ÖPUL zielen auf die Erhaltung der wertvollen Kulturlandschaft mit ihrer hohen Biodiversität ab.

Die Maßnahme 2, Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen, aus dem ÖPUL 2007, sowie die Maßnahme 1, Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung, aus dem ÖPUL 2015, setzen sich im Besonderen mit der Erhaltung bzw. Steigerung der Biodiversität der österreichischen Kulturlandschaft auseinander. Weitere wichtige Aufgaben dieser Maßnahmenteile sind Bewahrung der traditionellen Kulturlandschaft sowie eine Sicherung einer flächendeckenden Teilnahme als Basis für die Teilnahme an weiteren Maßnahmen (BMLFUW, 2007a, 35; BMLFUW, 2015b, 34).

Neben allgemeinen Mindestanforderungen für die Ausbringung von Düngemitteln, welche gemäß der EWG-Richtlinie 676/91 die Einhaltung der guten fachlichen Praxis voraussetzen und Pflanzenschutzmitteln gemäß der EG-Richtlinie 128/2009, gibt es für die Biodiversitätsflächen auf gemähten Grünlandflächen in beiden ÖPUL-Programmen spezifische Anforderungen. Im ÖPUL 2007 wurden neben weiteren Auflagen für Grünland auf zumindest 5 % der Mähfläche (ohne Bergmähder) maximal 2 Nutzungen vorgeschrieben. Auch im ÖPUL 2015 muss ab einer Summe von 2 Hektar gemähter Grünlandfläche (ohne Bergmähder) auf zumindest 5% der Fläche (ohne Bergmähder) eine Biodiversitätsfläche angelegt werden. Folgende spezifische Förderungsverpflichtungen sind dafür verbindlich einzuhalten:

1. Die erste Mahd darf frühestens mit der zweiten Mahd von vergleichbaren Schlägen oder einmähdigen Wiesen (ohne Bergmähder) erfolgen. Frühestens ist eine Mahd ab dem 01.06. und jedenfalls ist eine Mahd ab dem 01.07. zulässig. Des Weiteren ist eine Beweidung vor dem ersten Nutzungstermin nicht erlaubt.
2. Das Mähgut muss von der Fläche abtransportiert werden.
3. Der Einsatz von flächig ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln ist untersagt.
4. Vor der ersten Nutzung (Mahd) ist die Ausbringung von Düngern verboten.
5. Die Biodiversitätsfläche ist über den gesamten Verpflichtungszeitraum am gleichen Standort zu belassen. Wird die Biodiversitätsfläche weitergegeben oder die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben, so kann als Ersatz ausnahmsweise auf einer anderen, am Betrieb verbleibenden Fläche eine Biodiversitätsfläche angelegt werden (BMLFUW, 2015b, 35).

Vor allem die 5. Fördervoraussetzung für Biodiversitätsflächen stellt eine gewichtige Änderung zum ÖPUL 2007 dar, da es bis dato keine dahingehende Regelung gab und dort sogar ein jährlicher Standortwechsel innerhalb des Verpflichtungszeitraumes möglich war.

1.3 Fragestellungen

Folgende Fragestellungen zur genannten Thematik der Biodiversitätsflächen im Grünland wurden in der vorliegenden Masterarbeit behandelt:

- Wie wirken sich eine Nutzungsreduktion sowie unterschiedliche Düngermengen bzw. Düngerarten auf ausgewählte pflanzenbauliche Kennwerte aus?
- Wie wirken sich eine Nutzungsreduktion sowie unterschiedliche Düngermengen bzw. Düngerarten auf ausgewählte botanische Kennwerte aus?
- Wie wirken sich eine Nutzungsreduktion sowie unterschiedliche Düngermengen bzw. Düngerarten auf ausgewählte bodenkundliche Kennwerte aus?
- Welche Stickstoffsalden werden nach den einzelnen Versuchsvarianten errechnet?
- Welche flächenbezogenen Deckungsbeiträge können nach den einzelnen Versuchsvarianten erzielt werden?

1.4 Zielsetzungen

Ziel dieser Untersuchung ist es, auf Basis von Versuchsflächen auf den Standorten Kobenz, Winklhof und Gumpenstein, welche im Jahr 2000 angelegt wurden, mithilfe einer Bewirtschaftungsumstellung im Jahr 2010, die Auswirkungen einer Nutzungsreduktion, wie sie im ÖPUL gefordert wird, hinsichtlich ausgewählter Parameter zu quantifizieren. Eine durchgeführte Befragung (Pötsch und Mösselberger, 2010) zeigte, dass ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe der Biodiversitätsflächenregelung äußerst kritisch gegenübersteht. Die befragten Landwirte weisen vor allem auf negative Auswirkungen wie die Versamung und Ausbreitung von Problempflanzen und eine stärkere Aktivität von Wühlmäusen, Maulwürfen und Schadinsekten hin. Ferner wird über braune, ungepflegt wirkende Flächen sowie über eine verfilzte Grasnarbe berichtet. Mithilfe der unterschiedlichen Standorte und den verschiedenartigen Bewirtschaftungssystemen wurde versucht, ein für Österreich möglichst repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen zum einen die Wirksamkeit von Biodiversitätsflächen darstellen und des Weiteren ein für den Landwirt optimales Managementsystem zur erfolgreichen Bewirtschaftung dieser Biodiversitätsflächen aufzeigen.

2 Material und Methoden

2.1 Geologische und klimatische Standortbeschreibung

2.1.1 Kobenz

Das Versuchsfeld am Standort Kobenz im Murtal (627 m ü. A.) befindet sich auf einem im Würm entstandenen Niederterrassen-Schotter, auf Paragneis und Glimmerschiefer aus dem Neoproterozoikum und dem Ordovizium. Als prävalentes Ausgangsmaterial liegt Schwemmmaterial vor. Beim vorliegenden Bodentyp handelt es sich um eine mittel bis tiefgründige Lockersedimentbraunerde. Als dominante Bodenart kann lehmiger Sand genannt werden (Becker, 1979; BMLFUW, 2013; GBA, 2012).

Zur klimatischen Beschreibung des Versuchsstandortes Kobenz wurden die Daten der ca. 10 km entfernt liegenden ZAMG-Station Zeltweg verwendet. Im 30-jährigen Mittel wurde eine durchschnittliche Temperatur von 7,8 °C bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 789 mm/m² gemessen (**Abbildung 2**). Der Standort Kobenz stellt im Vergleich den trockensten und auch den kältesten der drei untersuchten Standorte dar.

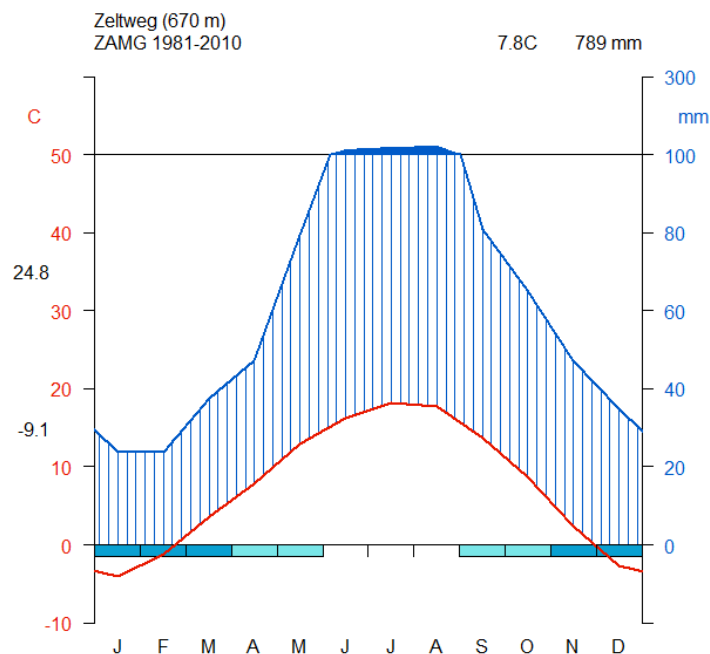


Abbildung 2: Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Zeltweg (1981-2010)

Bei Betrachtung der klimatischen Verhältnisse während der Versuchsperiode (**Tabelle 1**) wird ersichtlich, dass mit Ausnahme des ersten Jahres deutlich höhere Jahresdurchschnittstemperaturen gemessen wurden. Die ersten beiden Jahre entsprachen hinsichtlich des Jahresniederschlages in etwa dem 30-jährigen Mittel, im Jahr 2012 wurden deutlich höhere Niederschläge ermittelt.

Tabelle 1: Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Kobenz

Jahr	2010	2011	2012	2013
Jahresniederschlag (mm)	790	779	907	813
Durchschnittstemperatur (C°)	7,7	8,6	8,5	8,4

Obwohl der Standort Kobenz im 30-jährigen Mittel deutlich kühler als der Standort Gumpestein einzuschätzen ist, wurden während der Versuchsperiode nahezu identische Durchschnittstemperaturen festgestellt.

2.1.2 Winklhof

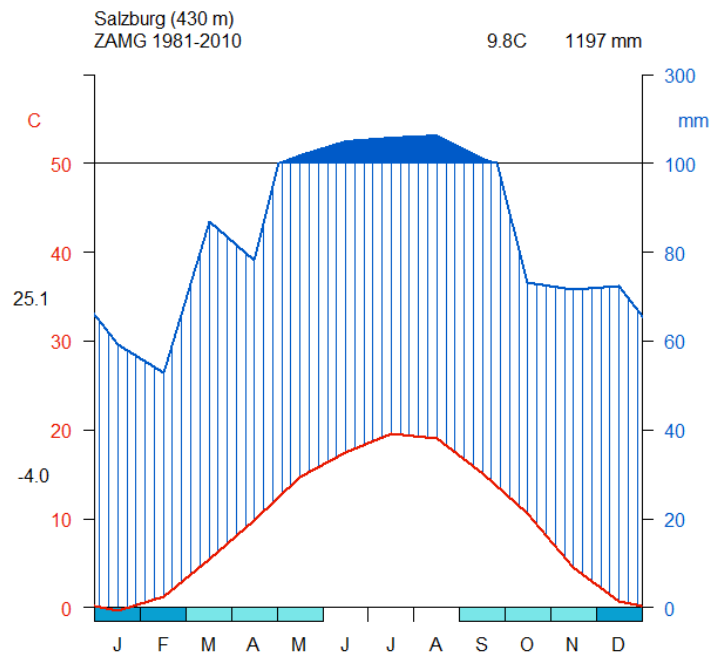
Die Versuchspartzellen am Standort Winklhof (490 m ü. A.) befinden sich an einer Grenze zwischen dem spätglazialen Schotter der Friedhof- und Hameauterrasse und den jurassischen Oberalmer Schichten auf überwiegend Kalkstein, Dolomit, Mergel, Mergelstein, Tonschiefer und Sandstein aus dem Perm und der frühen Kreide. Als Ausgangsmaterialien können Schwemmmaterial und Kalk genannt werden. Bei den vorliegenden Bodentypen handelt es sich um tiefgründige Lockersedimentbraunerden und seicht- bis mittelgründige Felsbraunerden. Hinsichtlich der Bodenart sind schluffiger Lehm und lehmiger Schluff vorherrschend (BMLFUW, 2013; GBA, 2012; Plöckinger, 1987).

Zur klimatischen Beschreibung des Versuchsstandortes Winklhof wurden die Daten der ca. 20 km entfernt gelegenen ZAMG-Station Salzburg herangezogen. Das durchschnittliche Tagestemperaturmittel zwischen 1981 und 2010 betrug 9,8 °C am Standort Winklhof. Betreffend den Jahresniederschlag konnten in derselben Periode 1197 mm/m² ermittelt werden (**Tabelle 2**). Winklhof stellt somit den wärmsten und auch den niederschlagreichsten der drei untersuchten Standorte dar.

Tabelle 2: Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Winklhof

Jahr	2010	2011	2012	2013
Jahresniederschlag (mm)	995	1003	1161	1245
Durchschnittstemperatur (C°)	9,1	10,3	10,1	9,8

Auch am Standort Winklhof fielen die ersten beiden Versuchsjahre im Vergleich zum 30-jährigen Mittel trockener aus. Die Jahre 2010 (-0,7 °C) und 2011 (+0,5 °C) wichen hinsichtlich der Durchschnittstemperatur am deutlichsten vom langjährigen Mittel ab.

**Abbildung 3: Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Winklhof (1981-2010)**

2.1.3 Gumpenstein

Die Versuchsfläche am Standort Gumpenstein (710 m ü. A.) befindet sich innerhalb der Grenze zwischen der Ennstaler Phyllit und Grauwackenzone und einer glazialen Schuttermasse auf vorwiegend Tonschiefer, Phyllit und Grauwacke aus der Zeit des Kambriums und des Devons. Das Ausgangsmaterial des Bodens besteht größtenteils aus Kolluvialmaterial. Beim vorliegenden Bodentyp handelt es sich um eine tiefgründige Lockersedimentbraunerde, betreffend der Bodenart ist lehmiger Sand vorherrschend (BMLFUW, 2013; GBA, 2012; Metz, 1979).

Gumpenstein wies im langjährigen Mittel (1981-2010) eine Durchschnittstemperatur von 8,2 °C und einen Jahresniederschlag von 1056 mm/m² auf (**Abbildung 4**) und liegt sowohl im Hinblick auf die Temperatur als auch niederschlagsbezogen im Mittel der drei Versuchsstandorte.

Tabelle 3: Jahresniederschlag und Durchschnittstemperatur während der Versuchsperiode am Standort Gumpenstein

Jahr	2010	2011	2012	2013
Jahresniederschlag (mm)	988	988	1261	1035
Durchschnittstemperatur (C°)	7,7	8,8	8,4	8,4

Ähnlich wie auf den beiden anderen Standorten konnte im ersten Versuchsjahr eine geringere Durchschnittstemperatur bzw. in den ersten beiden Jahren eine geringere Jahresniederschlagsmenge festgestellt werden.

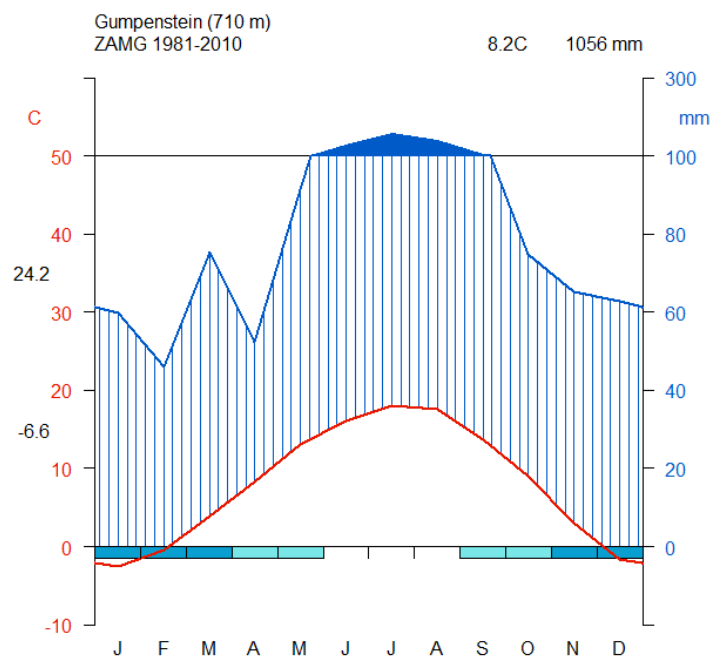


Abbildung 4: Klimadiagramm nach Walter und Lieth (1960) für den Standort Gumpenstein (1981-2010)

2.2 Versuchsbeschreibung

2.2.1 Vorgeschichte der Versuchsflächen

Zur Beantwortung unterschiedlichster Fragestellungen (Pötsch, 2008a; Pötsch, 2008b) wurden Versuchsflächen auf den Standorten Kobenz, Winklhof und Gumpenstein im Jahr

1999 mit einer ÖAG „Dauerwiesenmischung B“ angelegt, diese umfassten ein identisches Flächenausmaß von 44,56 x 25,25 m (1125,14 m²). Jedes Versuchsareal beinhaltete 64 Parzellen à 6,13 m x 2,56 m (15,69 m²). Vom ersten Nutzungsjahr nach der Anlage (2000) bis zum Beginn der Versuchsreihe (2010) wurden die einzelnen Flächen mit 3 bzw. 4 Schnitten unter verschieden hohen Düngungsintensitäten genutzt. Durch die Aufteilung in 64 gleich große Parzellen ergaben sich 9 unterschiedlich gedüngte drei- bzw. 7 unterschiedlich gedüngte vierschnittgenutzte Parzellen. Jede Versuchsvariante unterlag einer vierfachen, in randomisierter Form angelegten Wiederholung. Die insgesamt 16 verschiedenen Versuchsvarianten repräsentieren einen hohen Anteil der für Österreich typischen Nutzungstypen des Wirtschaftsgrünlandes. Die 3- bzw. 4-Schnittflächen wurden mit den in **Tabelle 4** ersichtlichen Intensitäten gedüngt.

Tabelle 4: Bewirtschaftungsschema der Vorversuche (2000-2009)

Parzelle	Düngungsvarianten	Anzahl Schnitte /Jahr	Ø Nährstoffzufuhr (kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)		
			N	P	K
31	PK	3	0	43	102
32	NPK	3	85	43	102
33	NPK + Biosalin	3	85	43	102
34	Gülle 1:0,25	3	83	30	87
35	Gülle 1:0,25 + Biosalin	3	84	30	88
36	Gülle 1:1	3	86	30	89
37	Rottemist + Jauche 1:1	3	89	52	175
38	Anbindekompost + Jauche 1:1	3	89	54	160
39	15 t Rottemist im Herbst	3	98	69	189
41	NPK + 50 kg N	4	215	82	198
42	NPK + 50 kg N + Biosalin	4	203	85	203
43	Gülle 1:0,25 + 50 kg N	4	203	56	166
44	Gülle 1:0,25 + 50 kg N + Biosalin	4	202	59	174
45	Gülle 1:1 + 50 kg N	4	212	58	173
46	Rottemist + Jauche + 50 kg N	4	211	108	335
47	Anbindekompost + Jauche 1:1 + 50 kg N	4	209	97	298

Dieses Düngungsniveau entspricht auf den Dreischnittflächen 1,28 GVE ha⁻¹ ($\cong$ 1 ÖPUL GVE) und auf den Vierschnittflächen 2,56 GVE ha⁻¹ ($\cong$ 2 ÖPUL GVE). Da die Hauptfragestellung der vorausgegangenen Versuchsserie auf einer vergleichbaren N-Zufuhr basierte, fand keine PK Ausgleichsdüngung statt. Bei dem in einigen Varianten eingesetzten Güllezusatz Biosalin handelt es sich um ein Nebenprodukt der Salzerzeugung mit folgenden

Nährstoffanteilen: 20 % wirksamer Kalk, 8 % Magnesium und 7 % Schwefel. Als Handelsdünger wurden für N Nitramoncal (27 % N), für P_2O_5 Superphosphat und für K_2O Kalisalz 40 % verwendet. Auf den Dreischnittflächen erfolgte eine Gülledüngung im Frühjahr und jeweils nach dem ersten und dem zweiten Schnitt, Rottemist und Anbindekompost wurden jeweils im Herbst ausgebracht und die Jauche nach dem ersten Schnitt. Auf den Vierschnittflächen erfolgte eine Gülledüngung im Frühjahr sowie vor jedem weiteren Schnitt, Rottemist und Anbindekompost wurden im Herbst und nach dem ersten Schnitt ausgebracht, Jauche im Frühjahr und nach dem zweiten Schnitt.

2.2.2 Versuchsumstellung

Für die Beantwortung der in dieser Arbeit relevanten Fragestellungen wurden die Versuchsfelder im Frühjahr 2010 umgestellt. Mithilfe der Umstellung wurde versucht herauszufinden, wie sich vormals intensiver genutzte Flächen, welche auf eine zweischürige Bewirtschaftungsintensität reduziert werden, unter verschiedenen Düngungsintensitäten verhalten. Dazu wurden die bestehenden Versuchsflächen mit in **Tabelle 5** ersichtlichem Design versehen.

Tabelle 5: Versuchsdesign nach der Umstellung im Frühjahr 2010 (VD = volle Düngung, RD = reduzierte Düngung, KD = keine Düngung)

←44,56→																	
25,25m	32 3 VD	34 3 VD	36 3 VD	38 3 VD	37 3 VD	33 3 VD	39 3 VD	31 3 VD	35 3 VD	47 4 VD	45 4 VD	44 4 VD	43 4 VD	42 4 VD	41 4 VD	46 4 VD	Drei-bzw. Vierschnitt flächen
	36 2 VD	39 2 VD	35 2 VD	31 2 VD	38 2 VD	32 2 VD	37 2 VD	34 2 VD	33 2 VD	44 2 VD	46 2 VD	42 2 VD	47 2 VD	41 2 VD	45 2 VD	43 2 VD	Zweischchnittflächen
	35 2 RD	38 2 RD	34 2 RD	32 2 RD	39 2 RD	31 2 RD	33 2 RD	37 2 RD	36 2 RD	45 2 RD	43 2 RD	46 2 RD	41 2 RD	44 2 RD	47 2 RD	42 2 RD	
	31 2 KD	32 2 KD	33 2 KD	34 2 KD	35 2 KD	36 2 KD	37 2 KD	38 2 KD	39 2 KD	41 2 KD	42 2 KD	43 2 KD	44 2 KD	45 2 KD	46 2 KD	47 2 KD	
Dreischnittblock										Vierschnittblock							

Stufe “3VD bzw. 4VD“ wurde bei der Versuchsanstellung als Referenzfläche herangezogen. Diese Parzellen wurden weiterhin mit drei bzw. vier Schnitten genutzt und mit 150 bzw. 200 kg N versorgt. Die Stufe “2VD“, “2RD“ und “2KD“ wurden jeweils 2-mal pro Jahr genutzt. Hinsichtlich Düngung wurde die Stufe “VD“ weiterhin auf gleich hohem

Niveau gedüngt. Parzellen der Stufe “RD“ wurden mit 90 kg N versorgt und bei der Stufe KD“ wurde auf jegliche Düngung verzichtet. Aus **Tabelle 6** können die Düngerarten, durchschnittlich zugeführte Mengen an N, P₂O₅ und K₂O sowie die vormalige Parzellennummer und die für die Auswertung neu zusammengefassten Treatments entnommen werden.

Tabelle 6: Treatments mit den durchschnittlichen Nährstoffzufuhren (2010-2013)

Dreischnittblock										
Treatment	Düngerbeschreibung	3VD			2VD			2RD		
		N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
31 - n.A	PK	0	75	180	0	75	180	0	45	108
32 - NPK	NPK	150	75	180	150	75	180	90	45	108
33 - NPK	NPK	150	75	180	150	75	180	90	45	108
34 - Gülle	Gülle 1:0,25	150	56	145	150	59	144	90	36	87
35 - Gülle	Gülle 1:0,25	150	56	145	150	59	144	90	34	84
36 - Gülle	Gülle 1:1	150	56	145	150	59	144	90	36	87
37 - Mist/ Jauche	Rottemist + Jauche 1:1	150	97	219	150	97	220	90	58	133
38 - Mist/ Jauche	Anbindekompost + Jauche 1:1	150	104	246	150	104	248	90	62	148
39 - n.A	Rottemist i. Herbst	150	109	207	150	109	207	90	65	124
Vierschnittblock										
Treatment	Düngerbeschreibung	4VD			2VD			2RD		
		N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
41 - NPK	NPK + zusätzlich (50 kg N)	200	100	240	200	100	240	90	45	108
42 - NPK	NPK + zusätzlich (50 kg N)	200	100	240	200	100	240	90	45	108
43 - Gülle	Gülle 1:0,25 (150N) + 50 kg N min.	200	57	142	200	59	144	90	36	87
44 - Gülle	Gülle 1:0,25 (150N) + 50 kg N min.	200	57	142	200	59	144	90	36	87
45 - Gülle	Gülle 1:1 (150N) + 50 kg N min.	200	57	142	200	59	144	90	36	87
46 - Mist/ Jauche	Rottemist + Jauche 1:1 (150N) + 50 kg N min.	200	91	228	200	89	220	90	55	130
47 - Mist/ Jauche	Anbindekompost + Jauche 1:1 (150N) + 50 kg N min.	200	89	244	200	95	264	90	59	157

Treatments mit der Bezeichnung n.A wurden in weiterer Folge in der Auswertung nicht berücksichtigt. Daraus ergeben sich in jedem der beiden Schnittblöcke 3 Treatments mit jeweils 2 unterschiedlichen Schnittfrequenzen bzw. 3 unterschiedlichen Düngungsintensitäten. Bei den mit Gülle und Mist/Jauche gedüngten Flächen wurden die Wirtschaftsdünger in der Stufe 3/4VD auch nach der Versuchsumstellung wie beim Vorversuch verteilt. Auf den Zweischnittflächen wurde Gülle jeweils im Frühjahr und nach dem ersten Schnitt ausgebracht. Rottemist bzw. Anbindekompost wurde im Herbst ausgebracht, Jauche wiederum nach dem ersten Schnitt.

In **Tabelle 7** sind die Planungstermine für die Versuchsernten bei unterschiedlichen Schnittfrequenzen, inklusive der durchschnittlichen Abweichung der real umgesetzten Erntetermine, welche witterungsbedingt oder aus arbeitstechnischen Gründen mehr oder weniger stark differieren, ersichtlich.

Tabelle 7: Planungstermine inkl. durchschnittlicher Abweichung in Tagen (d) für die Versuchsernten

Aufwuchs	Vierschnittflächen	Ø Abw.	Dreischnittflächen	Ø Abw.	Zweischnittflächen	Ø Abw.
1. Aufwuchs:	13.Mai	+ 3,9	25.Mai	+ 4,4	20.Jun	+6,0
	20. Jun	+ 5,3	20.Jul	+ 3,7		
Folgeaufwüchse:	05. Aug	+ 4,3	30. Sep	+ 2,1	30.Sep	+ 2,3
	30. Sep	+ 2,1				

2.3 Pflanzenbauliche Erhebungen

2.3.1 Grün- und Trockenmasseerträge

Nach der Mahd der Versuchsparzellen mithilfe eines Balkenmotormähers wurden am Feld die Grünmasseerträge ermittelt. Aus dem Erntegut wurde anschließend jeweils eine repräsentative Probe zur Durchführung der Futteranalysen gezogen. Das frisch geerntete Futter wurde auf den Standorten Gumpenstein und Kobenz einer Ofentrocknung unterzogen. Am Standort Winklhof wurde dafür eine Hordentrocknungsanlage verwendet, bei der die Futterproben unter Dach langsam getrocknet werden.

Die Trockenmasse wurde anschließend mit der Brabender-Technologie bestimmt. Dazu wurden 10 g der zu untersuchenden Probe in Edelstahlschalen eingewogen und 30 Minuten bei 130 °C getrocknet. Der Rückstand nach der Trocknung entspricht der Trockenmasse (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.2 Rohproteingehalt

Die Rohproteingehaltermittlung erfolgte nach der Verbrennungsmethode Dumas mit dem Gerät Vario – Max CNS, dazu wurden 300 mg vermahlene Futtermittelproben in einen Spezialtiegel eingewogen. Nach einer Verbrennung bei 900 °C unter Sauerstoffüberschuss wurde der Stickstoffgehalt mithilfe eines Wärmeleitfähigkeitsdetektors bestimmt. Mit einem speziellen EDV-Programm wurde das Verbrennungsspektrum aufgezeichnet und damit der Rohproteingehalt berechnet (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.3 Rohproteinertrag

Der Rohproteinertrag in kg ha⁻¹ wurde mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{TM - Ertrag (kg ha^{-1}) * XP - Gehalt (g kg^{-1})}{1000}$$

2.3.4 Energiegehalt und Verdaulichkeit

Die Futterenergie der Proben wurde mit zwei unterschiedlichen Methoden ermittelt und anschließend miteinander verglichen.

Methode A beruht auf der engen Beziehung zwischen dem Gehalt an verdaulicher organischer Masse in g kg⁻¹ TM und der Energiedichte in MJ/TM (ME bzw. NEL). Mithilfe einer Regressionsgleichung lässt sich auf diesem Weg die Futterenergie über die OM-Verdaulichkeit nach Tilley und Terry (1963) schätzen (Resch, 2009). Für die Ermittlung der OM-Verdaulichkeit werden in Gumpenstein Serienanalysen mit einem nach Resch (2004) modifizierten Zweistufenverfahren zur Bestimmung der in vitro Verdaulichkeit angewendet.

Auch Methode B beruht auf einer Regressionsgleichung, hierbei handelt es sich um die Beziehung der aschekorrigierten Rohfaser zur Futterqualität. Zuerst müssen dafür die Verdauungskoeffizienten der Rohnährstoffe nach Gruber et al. (1997) berechnet werden, in weiterer Folge können die Energiedichten mithilfe der Formeln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (DLG, 1997) berechnet werden.

Die fehlenden Verdaulichkeits- und Energiewerte des 3. Aufwuchses am Standort Kobenz im Jahr 2013, der Variante 41a, wurden mithilfe von Mittelwerten der Varianten 42a - 47a des 3. Aufwuchses am Standort Kobenz aus dem Jahr 2013 berechnet.

2.3.5 Energieertrag

Der Energieertrag in GJ ha^{-1} wurde mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{TM - \text{Ertrag (kg ha}^{-1}) * MJ \text{ NEL/kg TM}}{1000}$$

2.3.6 Gerüstsubstanzen

2.3.6.1 Weender

Nach der Weender Futtermittel Analyse wird der in Säuren und Laugen unlösliche fett-, stickstoff- und aschefreie Rückstand als Rohfaser bezeichnet (Kirchgeßner, 2014, 24). Rohfaser besteht neben der Cellulose aus weiteren Zellwandbestandteilen wie Hemicellulose, Lignin und Pentosanen. Die Problematik dieser Einteilung der Gerüstsubstanzen besteht darin, dass ein Teil dieser Stoffe bei der Extraktion in Lösung gehen und somit zur Gruppe der stickstofffreien Extraktstoffe gezählt werden. Deshalb umfasst die Rohfaser in Abhängigkeit der untersuchten Probe nur einen gewissen Teil der Gerüstsubstanzen (Kirchgeßner, 2014, 24).

2.3.6.1.1 Rohfaser

1g der zu untersuchenden Probe wurde in einen Glastiegel mit perforiertem Boden (Glasfritte) eingewogen und danach mit Säure und Lauge abwechselnd gekocht. Nach einer Spülung mit Aceton wurde die Probe zuerst bei $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ getrocknet und danach bei einer Temperatur von $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ in einem Muffelofen verascht. Die Probe muss vor und nach dem Veraschungsvorgang gewogen werden. Der durch den Veraschungsvorgang induzierte Gewichtsverlust wird als Rohfaser bezeichnet und in g kg^{-1} TM oder in % angegeben (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.6.2 Weender/Van Soest

Zur besseren stofflichen Differenzierung der Zellwandbestandteile wurde von Van Soest (1967) die sogenannte Detergenzienmethode entwickelt. Mithilfe dieser Methode kann zwischen NDF, ADF und ADL unterschieden werden.

2.3.6.2.1 NDF (neutral detergent fiber)

NDF stellt die Summe der Gerüstsubstanzen (Hemicellulose, Cellulose, Lignin) dar, die als Rückstand einer Futtermittelprobe nach dem Kochen in einer neutralen Detergenzienlösung (pH-Wert 7) vorliegen.

Die Analyse erfolgte mithilfe der Fibertec-Apparatur. Dazu wurde 1 g Futtermittelprobe in ein Probensäckchen eingewogen und anschließend in einen Glastiegel mit perforiertem Boden (Glasfritte) gegeben. Danach wird die Probe mit einer neutralen Lösung gekocht und anschließend mit Aceton gespült. Nach einer Trocknung bei 105 °C erfolgte die Veraschung im Muffelofen bei 500 °C. Die NDF in % wird mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{(\text{Gewicht nach Trocknung} - \text{Gewicht nach Veraschung} - \text{Probensäckchen}) \cdot 100}{\text{Einwaage}} \quad (\text{ALVA, 1983; VDLUFA, 1976}).$$

2.3.6.2.2 ADF (acid detergent fiber)

ADF besteht im Wesentlichen aus Cellulose und Lignin, den Rückständen nach dem Kochen der Probe mit schwefelsaurer Detergenzienlösung.

Das Analysenprocedere ist identisch mit der NDF-Analyse, es wurde jedoch anstatt der neutralen Detergenzienlösung eine schwefelsaure Lösung verwendet. Die Ermittlung der ADF in % erfolgt mit derselben Formel wie die Berechnung der NDF (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.6.2.3 ADL (acid detergent lignin)

Werden die Proben nach dem Kochen mit saurer Detergenzienlösung weiter mit einer noch höher konzentrierten (72%igen) Schwefelsäure behandelt, so kommt es auch zur Hydrolyse von Cellulose. Der Rückstand besteht dann zum überwiegenden Teil aus Lignin.

Auch diese Analyse wurde mit der Fibertec Apparatur durchgeführt. Die Proben, welche zuvor wie die Proben für die ADF-Analyse behandelt wurden, wurden nach dem Trocknen nochmals mit 72%iger Schwefelsäure behandelt und anschließend mit heißem Wasser gespült. Danach erfolgte eine neuerliche Trocknung bei 105 °C, ehe die Proben im Muffelofen bei 500 °C verascht wurden. Die Ermittlung der ADL in % erfolgt wiederum mit derselben Formel wie die Berechnung der NDF (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.7 Rohasche

Bei 550 °C nicht veraschbare, anorganische Bestandteile von Futtermittelproben werden als Rohasche bezeichnet. Rohasche besteht aus Mineralstoffen, welche die sogenannte Reinasche bilden, und aus anorganischen Verunreinigungen wie Sand und Ton.

Zur Ermittlung der Rohasche wurden 5 g der Futtermittelproben in eine Quarzschale eingewogen, auf einer Kochplatte vorverascht und anschließend im Muffelofen für 3 Stunden bei 500 °C verascht. Der anorganische Rückstand, welcher nach dem Veraschungsvorgang in den Quarzschalen verbleibt, bildet die Rohasche und wird in g kg⁻¹ oder in % angegeben (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.3.8 Mineralstoffe

Da Mineralstoffe die Reinasche bilden, wurde aus der Rohasche eine salzsaure Lösung hergestellt. Nach einer Filtration dieser Lösung wurde diese in einen Glaskoben überführt. Per Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma wurden die Elemente in der Lösung bestimmt (ALVA, 1983; VDLUFA, 1976).

2.4 Pflanzensoziologische Erhebungen

Durch die Erfassung und die Bewertung der Pflanzenbestände ist es möglich, Aussagen über die Auswirkung von Nutzungsfrequenz, Düngermenge- und art auf pflanzensoziologische Parameter zu treffen (Peratoner und Pötsch, 2015). In weiterer Folge wurde versucht, mithilfe dieser Pflanzenbestandsaufnahmen die Veränderung der Bio- bzw. Phytodiversität zu quantifizieren.

2.4.1 Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP

Bei der Ertragsanteilsschätzung erfolgt eine Schätzung der erntbaren Pflanzenmasse in % der einzelnen Arten (Pötsch et al., 2008). Dazu werden nach Auswahl einer gleichmäßigen und repräsentativen Fläche die Ertragsanteile für die Artengruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen geschätzt. Danach erfolgt die getrennte Erstellung einer Artenliste für jede Artengruppe. Bei der Schätzung der Artengruppen und auch der Einzelarten handelt es sich um eine Massenprozentschätzung bezogen auf den TM-Ertrag. Das Gesamtergebnis dieser Schätzmethode muss immer 100 % ergeben, etwaige Lücken und offene Stellen werden

gesondert in % der Aufnahme­fläche angegeben (Opitz von Boberfeld, 1994). Die Ertrags­anteilsschätzung nach Klapp wurde jährlich bei allen einzelnen Aufwüchsen durchgeführt.

2.4.2 Flächenprozenschätzung nach SCHECHTNER

Die von Schechtner (1958) entwickelte Flächenprozenschätzung wird in der Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach wie vor für grünlandsoziologische Bestandesaufnahmen verwendet.

Zu Beginn wird bei diesem Verfahren die sichtbare Deckung (=Aufnahme­fläche-Lückenanteil) geschätzt. Nach der Ermittlung aller vorkommenden Arten werden diese in Ober-Mittelgräser, Untergräser, Grasartige (Binsengewächse und Sauergräser), Leguminosen und Kräuter eingeteilt, um eine rasche Vergleichbarkeit gewährleisten zu können. Nach der Addition aller vorkommenden Pflanzenarten innerhalb der Gruppen werden diese zur sogenannten Gesamtdeckung aufsummiert, welche infolge von Überlappungen bei gut entwickelten Beständen weit über 100 % liegen kann. Aufgrund der deutlichen Änderungen der Deckungsanteile im Verlauf eines Aufwuchses sollte die Schätzung immer zum gleichen physiologischen Entwicklungszustand des Grünlandes durchgeführt werden (Schechtner, 1958). Da mithilfe dieser Schätzmethode eine vollständige Erfassung des Arteninventars erfolgt, konnten in weiterer Folge die Auswirkungen der einzelnen Treatments auf die Phytodiversität und auf den Blühwert der Flächen untersucht werden. Die Flächenprozenschätzung nach Schechtner (1958) wurde im Jahr 2005 und im Jahr 2013 durchgeführt. Somit ist es möglich, die Auswirkungen der Versuchsumstellung auf den Pflanzenbestand festzustellen.

2.4.3 Shannon Index

Um positive und negative Veränderungen hinsichtlich Phytodiversität und in weiterer Folge Biodiversität in einem Pflanzenbestand feststellen zu können, bedarf es geeigneter Parameter.

In der vorliegenden Arbeit wurde dafür der Shannon Index verwendet. Dieser Index wurde ursprünglich in der mathematischen Kommunikationstheorie verwendet, um in die damalig bestehende Theorie mehrere Faktoren miteinbeziehen zu können (Shannon, 1948). Wird der Artenreichtum mithilfe des Shannon Index festgestellt, so wird die Diversität basierend auf der Anzahl der vorgefundenen Arten und anhand der Anzahl an Individuen je Art, der

Abundanz, ermittelt (Allen et al., 2009). Mathematisch ausgedrückt wird die Phytodiversität folgendermaßen berechnet:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{mit} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

wobei H dem Shannon Index einer Versuchsparzelle und p dem Anteil ($\frac{n_i}{N}$) der Individuen einer vorgefundenen Art (n) an den gesamt vorgefundenen Individuen (N) entspricht. S gleicht der Anzahl vorkommender Arten (Peet, 1975).

2.4.4 Blühpunkte

Einen weiteren Parameter zur Überprüfung der Wirksamkeit der im ÖPUL geforderten Nutzungsrestriktion stellen die eigens für diese Arbeit entwickelten Blühpunkte dar. Dazu wurde für alle vorkommenden insektenblütigen Pflanzen mithilfe fachlich relevanter Literatur (Crane et al., 1984; Crane und Walker, 1984; Maurizio und Schaper, 1994, MLR, 2011; 34uGmbH, 2017) die Wertigkeit dieser Pflanzen für Honigbienen (*Apis mellifera*), Wildbienen (*Apoidea*) und Schwebfliegen (*Syrphidae*) ermittelt. Mithilfe einer vierteiligen Skala (**Tabelle 8**) wurden Punkte für alle vorkommenden Pflanzen vergeben. Für die Honigbiene wurden, für Nektar und Pollen getrennt, insgesamt 6 Punkte vergeben, für Wildbienen und Schwebfliegen jeweils 3. Insgesamt konnten somit Pflanzen mit höchster Blühwertigkeit maximal 12 Punkte erreichen. Aufgrund der geringen Bedeutung von Gräsern als Nahrungsgrundlage für Insekten (Osborne et al., 1991) wurden diese in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 8: Bedeutung insektenblütiger Pflanzen als Nahrungsgrundlage (Hauptsächlich Pollen und Nektar)

Wertigkeit	Punkte
sehr hoch bis hoch (sehr gut bis gut)	3
mittel, mäßig	2
gering	1
keine	0

Mithilfe der Pflanzenbestandsaufnahmen war es möglich, die Blühpunkte der einzelnen Pflanzenarten mit deren flächenprozentuellen Vorkommen zu multiplizieren. Mittels Addition sämtlicher Produkte innerhalb einer Versuchsparzelle wurde die Blühwertigkeit der einzelnen Versuchsflächen festgestellt. Mithilfe dieser Methode ist es möglich, die Aus-

wirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten- und Maßnahmen auf die Nahrungsgrundlage für die zuvor genannten Insekten zu quantifizieren.

2.5 Wirtschaftsdüngeranalysen

Um eine mit Mineraldünger exakt vergleichbare Menge an Wirtschaftsdünger ausbringen zu können und um eine aussagekräftige Nährstoffbilanzierung zu gewährleisten, besteht die Notwendigkeit, die Wirtschaftsdünger hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Inhaltsstoffe genau zu analysieren. In **Tabelle 9** sind die durchgeführten Analysenmethoden angeführt. Die Probebeziehungen fanden bei etwaigen Wasserzugaben vor der Verdünnung statt.

Tabelle 9: Analysenbeschreibung für die eingesetzten Wirtschaftsdünger

Inhaltsstoff / Parameter	Analysenmethode	Apparatur
Trockenmasse	Trocknen	Trockenschrank
Rohasche	Veraschen	Muffelofen
Mineralstoffe	Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma	iCAP 6300 duo/Thermo Fischer
Stickstoff	Kjeldahl	Kjeltec
pH-Wert		pH-Meter

Auf den Standorten Kobenz und Winklhof wurden ebenfalls die Wirtschaftsdünger vom Standort Gumpenstein verwendet, wodurch sich hinsichtlich der Düngung kein zusätzlicher Einflussfaktor ergab.

2.6 Bodenkundliche Erhebungen

Um die Folgen der unterschiedlichen Schnitt- bzw. Düngungsreduktionen sowie die Auswirkungen der verschiedenen Düngerarten auf bodenkundliche Aspekte beschreiben zu können, wurden im Herbst 2008, vor Versuchsumstellung und im Herbst 2013 nach Ende des Versuchs, Bodenbeprobungen mit einer Einstechtiefe von 10 cm durchgeführt.

2.6.1 Bodenreaktion

Die Ermittlung der Acidität (pH-Wert) des Bodens gemessen in CaCl_2 erfolgte gemäß ÖNORM-L1083 (2006). Der pH-Wert, definiert als der negative dekadische Logarithmus der H^+ Konzentration, $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ (Binnewies et al., 2016, 255), beeinflusst wesentli-

che Prozesse im Boden, wie die Verfügbarkeit von Nährstoffen, die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort u.v.m. (Blume et al., 2010, 151).

2.6.2 Phosphor- und Kaliumgehaltswerte

Der Gehalt an “pflanzenverfügbarem“ Phosphor bzw. Kalium wurde gemäß ÖNORM-L1087 (2005) im Calcium-Acetat-Lactat (CAL) Extrakt durchgeführt. Da apatitische Phosphate bei einem pH-Wert von unter 6 nur noch unzureichend erfasst werden (BMLFUW, 2017, 20), wurden die Phosphorgehaltswerte mithilfe eines Korrekturfaktors gemäß ÖNORM-L1087 (2005) berichtigt. Da die Werte jeweils in mg Reinnährstoff/1000g Feinboden angegeben werden, können diese multipliziert mit dem Faktor 0,23 für Phosphor und 0,12 für Kalium in die früher üblichen Dimensionen P_2O_5 bzw. K_2O konvertiert werden.

2.7 Stickstoffbilanzierung

Anhand von Wirtschaftsdüngeranalysen, Depositionsdaten, geschätzter N_2 -Fixierleistung und mittels Nährstoffanalysen des Erntematerials war es möglich, eine vereinfachte Nährstoffbilanz zu erstellen und diese in Hinblick auf die unterschiedlichen Treatments zu interpretieren.

2.7.1 Stickstoffdüngung

Die N-Zufuhren über die Wirtschaftsdünger stammen aus den unter 2.5 beschriebenen Wirtschaftsdüngeranalysen. Unter **Tabelle 10** ist das auf die jeweilige Nutzung abgestimmte N-Düngungsniveau ersichtlich.

Tabelle 10: Düngungsniveau in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit

Schnitthäufigkeit	kg N ha ⁻¹
2-Schnittflächen	90
3-Schnittflächen	150
4-Schnittflächen	200

Bei der mineralischen Düngung wurde von der jeweiligen Schnittnutzung mit einem NPK-Verhältnis von 1 : 0,5 : 1,2 ausgegangen. Die vorliegenden N-Gehaltswerte der Wirtschaftsdünger ergeben multipliziert mit den jeweiligen Ausbringungsmengen die Stickstoffzufuhr ab Lager. Für die Erstellung der Stickstoffbilanzierung wurden davon gemäß

BMLFUW (2017) noch die unvermeidbaren Ausbringungsverluste im Ausmaß von 13% für Jauche und Gülle sowie 9% für Stallmist in Abzug gebracht.

2.7.2 N₂-Bindung

Die legume Stickstofffixierleistung wurde mithilfe der Differenzmethode ermittelt. Dazu muss die Gesamtstickstoffaufnahme einer Leguminose und einer nicht-nodulierenden Vergleichspflanze geschätzt werden. Die Differenz dieser beiden Werte stellt die Stickstofffixierleistung der Leguminose dar. Für diese Methode müssen beide Pflanzen zur selben Zeit und unter den gleichen Standortbedingungen angebaut werden. Ferner wird angenommen, dass beide Pflanzen die gleiche Menge an bodenbürtigem Stickstoff aufnehmen (Ruschel et al., 1979, Ledgard and Peoples, 1988).

Am Standort Gumpenstein wurden dafür folgende Annahmen getroffen:

- TM-Ertrag bei optimalem Schnitzeitpunkt: 10000kg
- Rohproteingehalt: 20% i. d. TM

Daraus ergibt sich ein Rohproteinertrag von 2000 kg ha⁻¹ a⁻¹. Rohprotein besteht zu 16 % aus Stickstoff, folglich werden jährlich 320 kg N über das Erntematerial entzogen. Aus früheren Untersuchungen auf ungedüngten, leguminosenfreien Parzellen des Versuchsbodens, ging ein Stickstoffnachlieferungsvermögen über N-Mineralisationsprozesse im Boden von 70 kg N ha⁻¹ a⁻¹ hervor. Daraus ergibt sich eine legume Stickstofffixierleistung von 250 kg N ha⁻¹ a⁻¹ von Leguminosenreinbeständen bei einem Ertragsniveau von 10000 kg TM ha⁻¹ a⁻¹.

Um die Fixierleistung der untersuchten Parzellen feststellen zu können, wurden dafür die ermittelten jährlichen TM-Erträge und die gewichtsprozentuellen Anteile an Leguminosen in folgende Formel eingesetzt:

$$N_2 \text{ Fixierleistung (kg N/ha)} = \frac{250(\text{kg N/ha})}{100} * \text{Leguminosenanteil (Gewichtsprozent)} * \frac{\text{TM-Ertrag(kg/ha)(Versuch)}}{10000 (\text{kg/ha})}$$

(Klopf, 2012, 43).

Aus Gründen der Vereinfachung und mangels spezifischer Versuchsdaten wurden für die Standorte Kobenz und Winklhof dieselben Annahmen wie für Gumpenstein getroffen.

2.7.3 Stickstoffdeposition

Die Depositionseinträge wurden mithilfe von Daten des norwegischen Institutes für Meteorologie ermittelt (MSC-W, 2017). Die jährlich veröffentlichten Modelldaten werden anhand eines europaweiten Rasters mit einer Genauigkeit von 50x50km publiziert. Die Versuchsstandorte finden sich in unter **Abbildung 5** eingezeichneten Rasterflächen wieder.

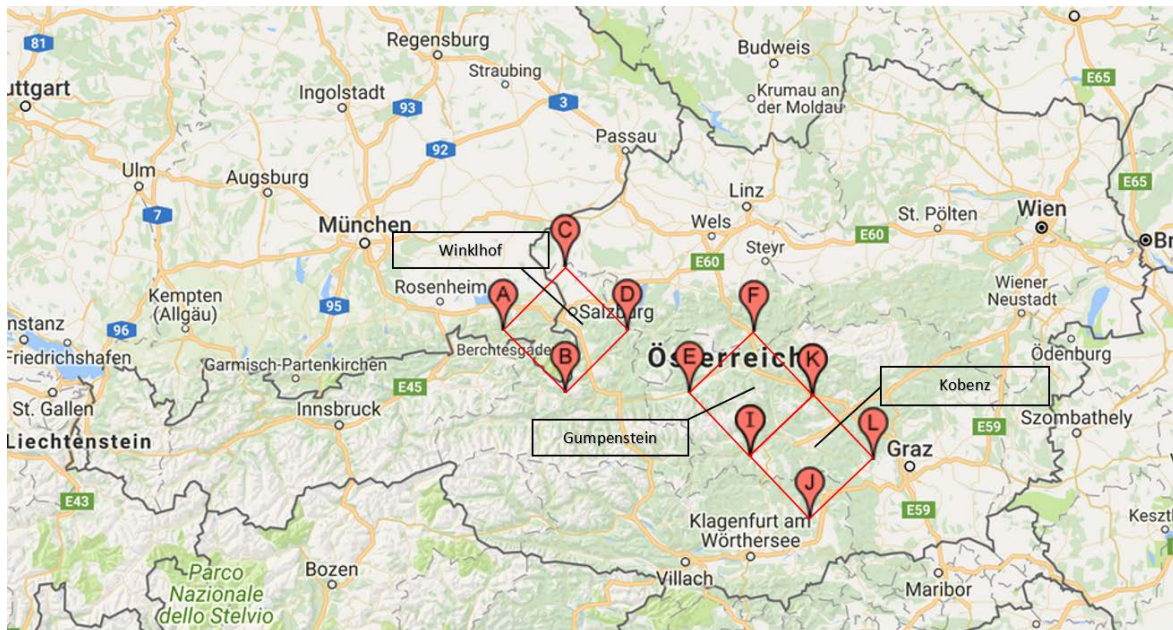


Abbildung 5: Rasterflächen des norwegischen Instituts für Meteorologie für die Standorte Kobenz, Winklhof und Gumpenstein

Die Werte für die Gesamtstickstoffdeposition setzten sich aus reduziertem Stickstoff, Ammoniak (NH_3) und Ammonium (NH_4^+), sowie oxidiertem Stickstoff, Salpetersäure (HNO_3) und Nitrat (NO_3^-) zusammen.

Nach Addition der aufgezeichneten Werte (sämtliche Werte der gesamten Versuchsdauer), wurde für jeden Standort ein vierjähriges Mittel berechnet, welches anschließend in $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ konvertiert wurde. Diese Werte wurden anschließend in der Stickstoffbilanzierung als jährlicher Depositionseintrag verwendet.

2.7.4 Stickstoffentzug

Zur Berechnung des Stickstoffentzuges wurde der vom Feld abtransportierte Rohproteinерtrag (2.3.3) verwendet. Der Rohproteinерtrag in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ wurde mit dem Faktor 0,16 multipliziert, wodurch auf den Stickstoffentzug in $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ geschlossen werden konnte.

2.8 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Um die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der einzelnen Treatments monetär bewerten zu können, wurden für jedes Treatment mit Hilfe der Internetfunktion "IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten" der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (AWI, 2009) Deckungsbeiträge berechnet. Die Deckungsbeiträge wurden für die Unterkategorie Futterbau/Substraterzeugung (Grassilage) berechnet. Um ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu erhalten, ist es möglich, folgende Subkapitel auf die zu untersuchende Produktionstechnik abzustimmen:

- Grundlegende Angaben zum Produktionsverfahren
- Erträge und Preise
- Leistungen
- Variable Kosten

Da Nährstoffanalysen der ausgebrachten Wirtschaftsdünger vorlagen, wurde die Düngerbewertung anhand der Berechnungsmethode, welche sich auf die tatsächlich ausgebrachten Düngemittel stützt, verwendet. Um die Wettbewerbsfähigkeit der Grassilage zu bestimmen, wurde diese mithilfe der Methode nach Löhr (Weiß et al., 2005, 268) bewertet. Basierend auf zwei wertbestimmenden Inhaltsstoffen (Rohprotein, Energie) wurde die Grassilage mit jeweils einem typischen Eiweiß- und einem typischen Energiefuttermittel bewertet. Diese Methode zur Bewertung von Raufutter soll nur als erster Anhaltspunkt dienen, da weitere Futterinhaltsstoffe wie Mengen- und Spurenelemente, Vitamine u.v.m. nicht berücksichtigt werden. Trotz dieser Einschränkung wird die Methode in der Praxis von anerkannten Institutionen wie der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (AWI), der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) oder den Dienstleistungszentren Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (DLR), verwendet. Unter **Abbildung 6** sind die Fördersätze für ÖPUL-teilnehmende Betriebe der 2. Maßnahmen ersichtlich.

Fläche	Details	Prämie-Details	EUR/ha
Ackerfläche ²⁾ ausgenommen Ackerfutter	Einschließlich Nützlings- und Blühstreifen ¹⁾		85
Förderbares GL einschließlich Ackerfutter	nach RGVE/ha förderbares GL und Ackerfutter; förderbares Grünland: jeweiliges Grünlandausmaß multipliziert mit nachstehenden Faktoren:	< 0,5 RGVE/ha	50
	-1 Mähwiese und Mähweide (ab 2 Nutzungen); Dauerweide ha multipliziert mit 1,0 -2 Mähwiese 1 Schnitt; Hutweide, Bergmähder, Streuwiese ha multipliziert mit 0,6	≥ 0,5 RGVE/ha	100

¹⁾ Förderbar im Ausmaß von maximal 5 % der Ackerfläche

²⁾ Bodengesundungsflächen der Maßnahme „Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel auf Ackerflächen“ erhalten keine Prämie

Abbildung 6: Höhe der ÖPUL Förderung - Maßnahme 2 (BMLFUW, 2007a, 37)

Für die weitere Bewertung wurde ein Modellbetrieb mit einer Größe von 20 ha Grünland angenommen. Die unveränderten Referenzparzellen simulieren Betriebe, welche nicht am ÖPUL teilnehmen, für diese wurde bei der Deckungsbeitragsberechnung keine zusätzliche Förderung miteinberechnet. Für die schnittreduzierten Parzellen, welche ÖPUL-teilnehmende Betriebe darstellen, wurden die Deckungsbeiträge für die Gesamtfläche (20 ha) folgendermaßen berechnet: 5 % der Flächen werden schnittreduziert bewirtschaftet, das entspricht bei 20 ha genau einem Hektar, für diesen einen Hektar wurde der Deckungsbeitrag der Stufen 2VD, 2RK oder 2KD verwendet. Für die übrigen 19 ha wurde der Deckungsbeitrag der Stufen 3/4 der jeweiligen Düngerarten herangezogen und mit dem Faktor 19 multipliziert. Diese beiden Ergebnisse wurden anschließend aufsummiert. Da ÖPUL ein gesamtbetriebliches Förderprogramm darstellt und folglich jeder bewirtschaftete Hektar gefördert wird, wurde bei den teilnehmenden Modellbetrieben zusätzlich eine Fördersumme von 2000 € (20 ha*100 €) veranschlagt.

2.9 Statistische Auswertung

Sämtliche statistische Auswertungen erfolgten mit dem Statistik-Programm R (Version 3.3.1) (RCoreTeam, 2016). Hinsichtlich der umfangreichen Düngungsvarianten werden in

der vorliegenden Arbeit nur Ergebnisse für die in der Praxis relevanten Systeme NPK, Gülle sowie Mist/Jauche dargestellt. Die ausschließlich mit Phosphor und Kalium gedüngte Variante (31) wurde aus der gesamten statistischen Berechnung ausgenommen, Variante 39, welche mit Rottemist im Herbst gedüngt wurde, ist als Datengrundlage in der statistischen Berechnung enthalten, der leichten Darstellung halber aber nicht in den Tabellen dargestellt. Da für die Parameter Trockenmasse Bruttoertrag, Rohproteingehalt, Rohproteintrag sowie Energie und Verdaulichkeit auf allen drei Standorten eine kongruente relative Entwicklung zu beobachten war, wurden diese für die statistische Auswertung zusammengefasst.

Die statistische Auswertung wurde mit der Funktion *"lm = Fitting linear Models"* durchgeführt. Mit Hilfe dieser Funktion können Regressionen, Varianzanalysen von Teilen der Grundgesamtheit und Co-Varianzanalysen durchgeführt werden. Im berechneten Modell wurden folgende Effekte berücksichtigt:

- Jahr
- Temperatursumme innerhalb der Vegetationsperiode
- Klimatische Wasserbilanz
- Gesamtniederschlagsmenge während der Vegetationsperiode
- Treatment

Aufgrund der Versuchsumstellung im Jahr 2010, nach welcher die ursprünglich vierfach wiederholten Versuchspartzen mit unterschiedlichen Treatments versehen wurden, mussten als nötiger Kompromiss die Jahre als Wiederholungen herangezogen werden. Der Beginn der Vegetationsperiode wurde anhand der "Simple Thermal Definition (STD)", einer Definition für eine klimatologische Vegetationsperiode, ermittelt. Wird die Tagesmitteltemperatur von 5°C für die Dauer von mindestens 5 Tagen überschritten, beginnt laut dieser Definition das Pflanzenwachstum (Schaumberger, 2012). Die klimatische Wasserbilanz wurde wie folgt ermittelt:

$$KWB = \text{Niederschlag} - \text{potenzieller Evapotranspiration}$$

Multiple Mittelwertvergleiche wurden mit der Funktion *"glht - General Linear Hypothese"* aus dem Package *"multcomp"* (Hothorn et al., 2008) mithilfe von Tukey-Contrasts ermittelt. Signifikant unterschiedliche Werte wurden in der horizontalen Ebene mit den Indices "abc" und in der Vertikale mit "ijkl" gekennzeichnet.

Die Nullhypothese **H₀** lautet: Die einzelnen Treatments haben keinen Einfluss auf die jeweils untersuchten Parameter. Zur Überprüfung der Nullhypothese wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ angenommen. Bei P-Werten $< 0,05$ wurde die Nullhypothese verworfen, diese Ergebnisse gelten als statistisch signifikant. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit, dass sich Unterschiede rein zufallsbedingt ergeben, liegt bei unter 5 % (Moder, 2016).

Die grafische Aufbereitung der Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2016.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Pflanzenbauliche Kennwerte

3.1.1 Trockenmasse Bruttoertrag

Während des gesamten Versuchsverlaufs konnten signifikante Einflüsse der verschiedenen Düngungsintensitäten, Düngervarianten und Schnittfrequenzen auf den TM-Ertrag beobachtet werden. Da es sich bei den dargestellten Werten um Bruttoerträge handelt, müssten für die landwirtschaftliche Praxis je nach Bewirtschaftungs- und Konservierungsmethode in weiterer Folge entsprechende Abzüge für Feld- und Konservierungsverluste geltend gemacht werden.

Tabelle 11: Brutto TM-Erträge dt ha⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	94,2 ^a ij	81,8 ^b i	77,6 ^b i	91,5 ^a j	85,1 ^a j	92,3 ^a i
2VD	99,4 ^a i	85,0 ^b i	80,3 ^b i	105,8 ^a i	95,9 ^b i	98,7 ^{ab} i
2RD	85,1 ^a j	72,5 ^b j	75,0 ^{ab} ij	84,5 ^a j	73,8 ^b k	75,5 ^{ab} j
2KD	52,0 ^b k	57,1 ^{ab} k	65,9 ^a j	52,6 ^b k	55,7 ^b l	68,0 ^a j
Ø Dreischnittblock				Ø Vierschnittblock		
3/4VD	83,6 ^a i			89,0 ^a j		
2VD	87,2 ^b i			99,5 ^a i		
2RD	76,5 ^a j			77,3 ^a k		
2KD	59,2 ^a k			58,3 ^a l		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Auf den 2-Schnittflächen der Stufe 2VD, welche eine volle Düngegabe (150 bzw. 200 kg N) erhielten, wurden über alle Düngervarianten die höchsten Trockenmasseerträge erzielt. Durch die Reduktion der Schnitthäufigkeit wird der Zeitpunkt des ersten Schnittes nach hinten verschoben, daraus resultiert bei gleichbleibender Düngungsintensität ein höherer Trockenmasseertrag (Kirkham und Tallwin, 1995; Eriksen-Hamel und Whalen, 2006;

Donkor et al., 2003; Kramberger et al., 2015; Gilliland, 1997). In den mineralisch und mit Gülle gedüngten Flächen des Vierschnittblockes ist dieser Mehrertrag in Stufe 2VD im Vergleich zu Stufe 4VD als signifikant einzustufen. Generell sind in den Stufen 3/4VD – 2RD auf den mineralisch gedüngten Flächen in beiden Blöcken die höchsten Trockenmasseerträge zu beobachten. Pötsch (2008a, 19f) weist auch auf die höchsten Trockenmasseerträge bei niedrigerer Schnittfrequenz und mineralischer Düngung hin. Bei angepasster, reduzierter Düngung (90 kg N, Stufe 2RD), ist eine TM-Abnahme im Vergleich zu den Stufen 3/4VD und 2VD zu beobachten, wobei der Unterschied bei allen Düngervarianten, mit Ausnahme von Düngervariante Mist/Jauche im Dreischnittblock, gegenüber Stufe 2VD ein signifikanter ist. Stufe 2KD weist in jeder Düngervariante und in den durchschnittlichen Erträgen der beiden Schnittregimeblöcke erwartungsgemäß die geringsten Trockenmasseerträge auf. Der deutliche Gradient im Trockenmasseertrag bei gleichbleibender Nutzungsfrequenz und reduzierter N-Düngung (Stufe 2VD > Stufe 2RD > Stufe 2KD) bekräftigt die Wichtigkeit von Stickstoff in der Pflanzenernährung. Auch Linser und Scharrer (1965) beschreiben Stickstoff als den wirksamsten Pflanzennährstoff. Nur auf Flächen, welche vor Versuchsbeginn im Mist/Jauchesystem bewirtschaftet wurden, ist der Unterschied zwischen 2RD und 2KD nicht signifikant. Auch innerhalb der Stufe 2KD weisen diese Flächen den höchsten TM-Ertrag auf. Das ist auf die verzögerte und damit auch länger andauernde Nährstoffverfügbarkeit von Wirtschaftsdünger zurückzuführen. Besonders Rottemist und Stallmistkompost besitzen einen hohen organisch gebundenen N-Anteil von über 95 % (BMLFUW, 2017, 72f). Bei einem hohen Anteil von organisch gebundenem N muss mit einer verzögerten Wirksamkeit gerechnet werden, da dieser erst in leichter verfügbare Formen umgebaut werden muss. Rottemist, welcher in den Düngervarianten Mist/Jauche verwendet wurde, wird gemäß den österreichischen Vorgaben der Richtlinien für die sachgerechte Düngung eine Wirksamkeit von 30 % im ersten Jahr unterstellt, bei Stallmistkompost, ebenfalls auf diesen Flächen verwendet, beläuft sich diese auf etwa 10 %. Durch die dauernde Ausbringung von Wirtschaftsdünger kann eine Nachwirkung von 3-5 % miteinkalkuliert werden (BMLFUW, 2017, 73), welche sich in den höheren Trockenmasseerträgen in diesen Düngervarianten niederschlägt.

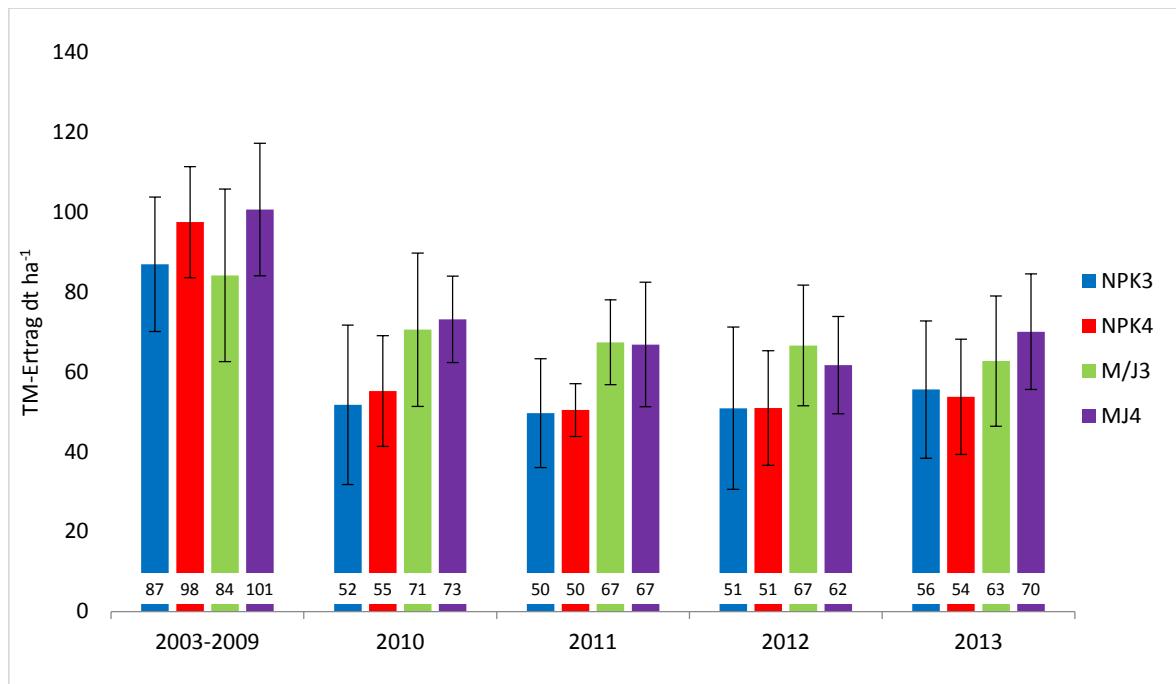


Abbildung 7: Trockenmasseertrag der Stufe 2KD, dt ha⁻¹. Vergleich der Düngervarianten Mist/Jauche und NPK. (Durchschnitt über alle Versuchsstandorte)

Während sich die Düngervariante Mist/Jauche, bei Verzicht auf jegliche Düngegaben, im Vergleich zu herkömmlicher Bewirtschaftung im ersten Jahr der Umstellung noch auf einem höheren Ertragsniveau halten kann, ist auf den mineralisch gedüngten Flächen hingegen ein rapider Ertragseinbruch zu erkennen (**Abbildung 7**). Dieses Ergebnis unterstreicht sowohl die Nachwirkungsfähigkeit von Wirtschaftsdünger als auch die nahezu vollständige und unmittelbare Wirkung von mineralischem Dünger im Jahr der Applikation.

3.1.2 Rohproteingehalt

Im durchgeführten Versuch zeigten sowohl die Schnittfrequenz, und damit verbunden der Schnittzeitpunkt, als auch die unterschiedlichen Düngervarianten und die verschiedenen hohen N-Gaben signifikante Einflüsse auf den Rohproteingehalt. Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsdynamik wurde der Rohproteingehalt für den ersten Aufwuchs und die Folgeaufwüchse getrennt ausgewertet. Diese getrennte Auswertung hatte aber zur Folge, dass Stufe 3/4VD aufgrund der unterschiedlich langen Aufwuchsdauer nicht mehr mit den schnittreduzierten Flächen statistisch verglichen werden konnte.

3.1.2.1 Erster Aufwuchs

Die unveränderten Referenzparzellen (4VD), welche aufgrund der viermaligen Nutzung am frühesten geerntet wurden, lieferten die höchsten Rohproteingehaltswerte (**Tabelle 12**). Am höchsten fielen die Messungen in den mineralisch gedüngten Flächen aus. Da der Rohproteingehalt eines Grünlandbestandes bei angepasster Schnittnutzung positiv mit einer hohen N-Düngung korreliert (Štýbnarová et al., 2014), lässt sich daraus ableiten, dass aufgrund des hohen Anteils an organisch gebundenen Stickstoffs im Festmist auf diesen Flächen weniger Stickstoff für die Bildung von Rohprotein zur Verfügung stand.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Düngervarianten konnten in den Stufen 3VD und 2VD im Dreischnittblock bzw. in der Stufe 4VD im Vierschnittblock signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die mineralisch gedüngten Flächen wiesen hierbei die jeweils höchsten XP-Gehaltswerte auf. In den übrigen Stufen waren die Unterschiede zwischen den Düngervarianten von zufälliger Natur.

Tabelle 12: Rohproteingehalt des ersten Aufwuchses in g kg⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	101 ^a	87 ^b	85 ^b	140 ^a	134 ^{ab}	129 ^b
2VD	79 ^{a i}	71 ^{b ij}	67 ^{b i}	79 ^{a i}	74 ^{a i}	71 ^{a i}
2RD	67 ^{a j}	66 ^{a j}	69 ^{a i}	64 ^{a j}	66 ^{a j}	65 ^{a i}
2KD	76 ^{a i}	75 ^{a i}	74 ^{a i}	73 ^{a i}	72 ^{a ij}	72 ^{a i}
Dreischnittblock				Vierschnittblock		
3/4VD	90 ^b			134 ^a		
2VD	72 ^{a i}			75 ^{a i}		
2RD	67 ^{a j}			65 ^{a j}		
2KD	75 ^{a i}			73 ^{a i}		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

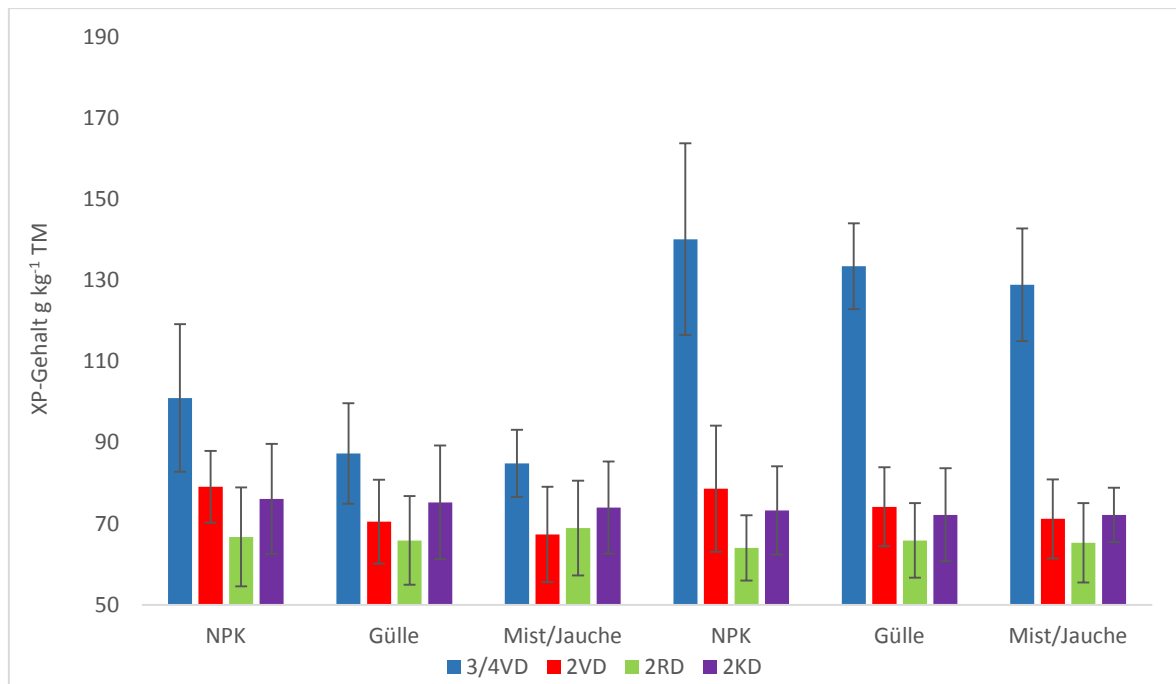


Abbildung 8: Rohproteingehalt des 1. Aufwuchses mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

3.1.2.2 Folgeaufwüchse

Die höchsten Rohproteingehalte von 149 - 157 g kg⁻¹ TM wurden im Vierschnittblock der Stufe 3/4VD im Folgeaufwuchs erzielt. Diese hohen Werte lassen sich durch die hohe Nutzungsfrequenz, den damit verbundenen niedrigen Faseranteil (Ø 529 g NDF / kg TM) und die hohe Menge an Stickstoffdünger (200 kg ha⁻¹) realisieren.

Im Gegensatz zum ersten Aufwuchs konnte lediglich in der Stufe 3/4VD im Vierschnittblock ein statistisch abgesicherter Unterschied zwischen den einzelnen Düngervarianten ermittelt werden. Auch in den Folgeaufwüchsen wiesen hierbei die mineralisch gedüngten Flächen die jeweils höchsten und die Mist/Jauche gedüngten Flächen die geringsten XP-Gehaltswerte auf.

Tabelle 13: Rohproteingehalt der Folgeaufwüchse in g kg⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Stufe	Dreischnittblock			Vierschnittblock		
	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	118 ^a	121 ^a	121 ^a	157 ^a	154 ^{ab}	149 ^b
2VD	111 ^{a i}	105 ^{a i}	104 ^{a i}	117 ^{a i}	111 ^{a i}	109 ^{a i}
2RD	109 ^{a i}	109 ^{a i}	109 ^{a i}	107 ^{a i}	109 ^{a i}	108 ^{a i}
2KD	121 ^{a i}	118 ^{a i}	117 ^{a i}	118 ^{a i}	114 ^{a i}	114 ^{a i}

Dreischnittblock		Vierschnittblock	
3/4VD	120 ^b	154 ^a	
2VD	107 ^{a j}	112 ^{a i}	
2RD	109 ^{a j}	108 ^{a i}	
2KD	118 ^{a i}	115 ^{a i}	

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

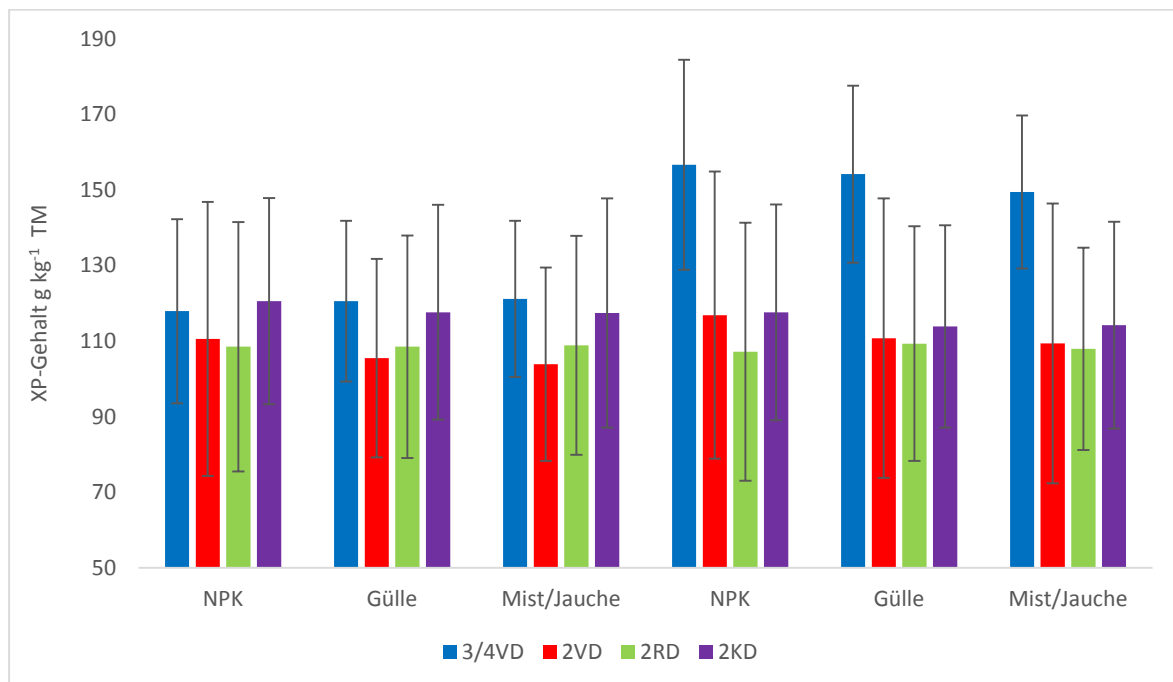


Abbildung 9: Rohproteingehalt der Folgeaufwüchse mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Innerhalb der Versuchspartellen, welche im Zweischnittregime geführt wurden, lässt sich sowohl im ersten Aufwuchs als auch bei den Folgeaufwüchsen ein Trend hin zu höheren

XP-Gehalten bei Verzicht auf jegliche Düngung beobachten. Dies lässt sich durch den höheren Anteil von Leguminosen und Kräutern in der Stufe 2KD (**Abbildung 10**), welcher sowohl in beiden Schnittregimen als auch im Frühjahrsaufwuchs und in den Folgeaufwüchsen zu bemerken ist, erklären. Dieser Effekt verstärkt sich mit zunehmender Versuchsdauer.

So wies die Stufe 2KD einen Zuwachs des Leguminosenanteils von 2010 bis 2013 im Dreischnittblock von 7 % und im Vierschnittblock von 5 % auf. Der Zuwachs im Krautanteil war mit 5 % im Dreischnittblock und 9 % im Vierschnittblock auch deutlich erkennbar. Daraus resultiert, bezogen auf Stufe 2KD, ein signifikant höherer Rohproteingehalt im Jahr 2013 (90,72 g kg⁻¹ TM) im Vergleich zu 2010 (81,02 g kg⁻¹ TM).

Aufgrund des hohen XP-Gehaltes und der ernährungsphysiologischen sehr guten Eigenschaften von Leguminosen weisen Rochon et al. (2004) und Lüscher et al. (2014) in ihrem Review Artikel auf die positiven Wirkungen von Leguminosen in einem Grünlandbestand hin. Der laut Buchgraber und Gindl (2004, 37) erwünschte Leguminosenanteil in einem Grünlandbestand von 20-30 % wurde jedoch in keiner der Versuchsvarianten erreicht.

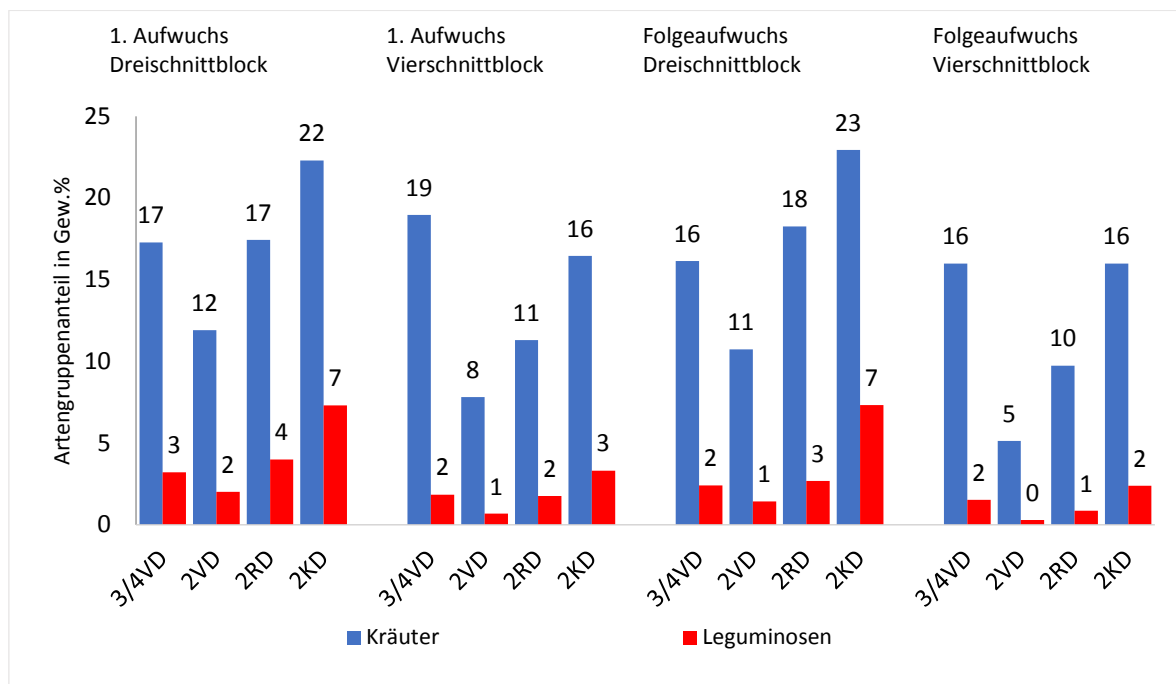


Abbildung 10: Anteil an Leguminosen und Kräutern in Gew.-%. (Durchschnitt über alle Düngungsvarianten, Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Ein weiterer positiver Effekt von Leguminosen in einem Grünlandbestand zeichnet sich in der höheren Nutzungselastizität aus. Durch diesen Effekt kann auch bei einem etwas verspäteten Erntetermin noch qualitativ hochwertiges Futter geerntet werden (Bélanger und

Tremblay, 2010). An dieser Stelle muss allerdings bemerkt werden, dass am Standort Kobenz im Jahr 2013 ein außergewöhnlich hoher Rohproteingehalt in den Folgeaufwüchsen von $\bar{\varnothing}$ 195 g kg⁻¹ in den Stufen 2VD, 2RD und 2KD im Dreischnittblock bzw. $\bar{\varnothing}$ 203 g kg⁻¹ in den selben Stufen des Vierschnittblockes gemessen wurde. Der hohe Rohproteingehalt lässt sich durch eine Periode mit hohem Trockenstress erklären. Während dieser Periode wurde das Pflanzenwachstum nahezu eingestellt. Niederschlag kurz vor der Ernte bewirkte einen neuerlichen Wachstumsbeginn am Ende der Vegetationsperiode. Durch die lange Wachstumspause im Sommer ist der Folgeaufwuchs als sehr junger Aufwuchs zu werten, folglich resultieren daraus sehr hohe Rohproteingehaltswerte. In der Stufe 3/4VD tritt dieser Effekt aufgrund der Mittelwertbildung von 2 bzw. 3 Folgeaufwüchsen nicht so stark hervor, da nur ein Aufwuchs von der Trockenperiode stark beeinflusst wurde.

Ferner führt eine intensive N-Düngung zu einer rascheren Bestandesentwicklung, welche bei gleichem Erntetermin ein fortgeschrittenes Vegetationsstadium zur Folge hat (Van Soest, 1994, 83). Das spiegelt sich im höheren Gehalt an Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) in Stufe 2VD sowohl im Drei- bzw. Vierschnittblock als auch im ersten Aufwuchs und in den Folgeaufwüchsen im Vergleich zu Stufe 2KD wider (**Tabelle 14**). Da ein hoher NDF-Gehalt in Grünlandpflanzen negativ mit dem Rohproteingehalt korreliert (Hoffman et al., 1993), erklärt auch dieser Umstand die niedrigeren Gehaltswerte in Stufe 2VD im Vergleich zu den Flächen der Stufe 2KD.

Tabelle 14: Gehalt an Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) in g kg⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

	Erster Aufwuchs		Folgeaufwuchs	
	Dreischnittblock	Vierschnittblock	Dreischnittblock	Vierschnittblock
3/4VD	591	550	528	529
2VD	644	653	575	579
2RD	620	626	546	560
2KD	578	603	522	548

Die geringsten XP-Gehaltswerte traten jedoch in den 2-Schnittflächen mit reduzierter Düngung auf. Das ist darauf zurückzuführen, dass es aufgrund der hohen N-Düngung und der niedrigen Nutzungsfrequenz in Stufe 2VD zu einem Zusammenbruch des Altbestandes und folglich zu einem Durchwuchs mit jungen Pflanzen kam, während in Stufe 2KD aus-

schließlich der Altbestand geerntet wurde. Dieses Ergebnis verdeutlicht einmal mehr, dass sich der Rohproteingehalt von Grünlandpflanzen sehr komplex zusammensetzt und nur durch das Zusammenwirken von mehreren Faktoren steuerbar ist. Rohproteingehalte von etwa 150 g kg⁻¹, welche in Österreich bei sachgerechter Düngung unter Rücksichtnahme auf den optimalen Nutzungszeitpunkt angestrebt werden (Buchgraber und Gindl, 2004, 61), können auf Biodiversitätsflächen im Rahmen des Agrarumweltprogrammes ÖPUL, aufgrund von späteren Ernteterminen und niedrigerer Nutzungsfrequenz, unter keiner der drei unterschiedlichen Düngungsintensitäten erzielt werden.

3.1.3 Rohproteinерtrag

Der Rohproteinерtrag, welcher sich als Produkt von Trockenmasseertrag und Rohproteingehalt errechnet, wird in signifikanter Weise von Nutzungsintensität und Düngungsintensität beeinflusst. Mit Ausnahme von Stufe 2RD hat auch die Düngervariante einen signifikanten Einfluss auf den Rohproteinерtrag.

Tabelle 15: Rohproteinерtrag in kg ha⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Stufe	Dreischnittblock			Vierschnittblock		
	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	1019 ^a i	859 ^b i	804 ^b i	1363 ^a i	1233 ^b i	1300 ^{ab} i
2VD	891 ^a j	699 ^b j	631 ^b j	963 ^a j	821 ^b j	820 ^b j
2RD	674 ^a k	579 ^b k	611 ^{ab} j	656 ^a k	590 ^a k	605 ^a k
2KD	476 ^b l	510 ^{ab} k	588 ^a j	469 ^b l	481 ^b l	592 ^a k
	Ø Dreischnittblock			Ø Vierschnittblock		
3/4VD	883 ^b i			1289 ^a i		
2VD	727 ^b j			861 ^a j		
2RD	614 ^a k			613 ^a k		
2KD	530 ^a l			509 ^a l		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Der signifikant höchste ($p < 0,05$) Rohproteinерtrag wurde auf den Flächen der Stufe 4VD erzielt. Dieses Ergebnis ist vor allem auf den hohen Rohproteingehalt dieser Flächen zurückzuführen. Parzellen der Stufe 2VD, welche über alle Düngungsvarianten die höchsten

Trockenmasseerträge erzielen, sind aufgrund ihres niedrigen Rohproteingehaltes hinsichtlich des Rohproteinertrags der Stufe 3/4VD signifikant unterlegen. Obwohl die Flächen der Stufe 2KD innerhalb der 2 Schnittflächen tendenziell höhere XP-Gehaltswerte aufweisen, sind sie in punkto Rohproteinertrag in allen Fällen am geringsten. Nur in den Düngervarianten Gülle und Mist/Jauche im Dreischnittblock und Mist/Jauche im Vierschnittblock sind diese Mindererträge nicht statistisch abgesichert. In den Stufen 3/4VD – 2RD, welche eine Düngung erhalten haben, zeigen die mineralisch gedüngten Flächen die höchsten Rohproteinerträge. Innerhalb der Stufe 2KD weisen jedoch die Flächen, welche zuvor im Mist/Jauche System bewirtschaftet wurden, den höchsten Rohproteinertrag auf.

Auch Resch (2016) kam zu dem Schluss, dass bei einer Reduktion der Schnitthäufigkeit von 3 auf 2 Schnitte der Rohproteinertrag um 19 % sinkt, eine Intensivierung auf 4 Schnitte sich hingegen in einem Rohproteinertragszuwachs von 22 % niederschlägt. Nach Green und Detling (2000) hat eine Erhöhung der Schnittfrequenz über ein bestimmtes Maß zur Folge, dass der Grünlandbestand die oberflächliche Biomasseproduktion nicht mehr auf dem höchsten Level halten kann. Als optimale Nutzungsfrequenz wird ein Zeitabstand von einem Monat zwischen zwei Nutzungen angenommen. Eine Nutzungsintensivierung über dieses Maß hinaus schlägt sich demzufolge in einem Trockenmasseverlust nieder, im Gegensatz dazu reduziert sich bei einer extensiveren Bewirtschaftung sowohl der Rohproteingehalt als auch der Trockenmasseertrag (Green und Detling, 2000).

3.1.4 Energie und Verdaulichkeit

Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsdynamik und der aufgrund des höheren Ertrages stärkeren Gewichtung des ersten Aufwuchses wird auch bei Verdaulichkeit und Energie eine getrennte Auswertung des ersten bzw. der Folgeaufwüchse durchgeführt. Des Weiteren wurde der Energiegehalt über zwei unterschiedliche Methoden ermittelt. Einerseits wurde die Energie über die In vitro ermittelte OM-Verdaulichkeit geschätzt (Methode A) und zum anderen mittels berechneter Verdauungskoeffizienten unter Zuhilfenahme der DLG-Formeln aus den Futterwerttabellen für Wiederkäuer berechnet (Methode B). Beide Verfahren werden dargestellt und miteinander verglichen. Wie schon beim Rohprotein konnte aufgrund der unterschiedlich langen Aufwuchsdauer die Stufe 3/4VD statistisch nicht mit den anderen Stufen verglichen werden.

3.1.4.1 Erster Aufwuchs

Bezogen auf den Energiegehalt des ersten Aufwuchses zeigen bei beiden Energiebewertungssystemen die Schnittfrequenz, die Düngungsintensität und die Art der Düngung signifikante Einflüsse.

Tabelle 16: Energiegehalt abgeleitet von der Verdaulichkeit (Methode A) des ersten Aufwuchses in MJ NEL kg⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	5,4 ^b	5,6 ^{ab}	5,8 ^a	5,4 ^b	5,9 ^a	6,0 ^a
2VD	3,7 ^{a j}	4,1 ^{a i}	4,0 ^{a i}	3,4 ^{a j}	3,5 ^{a j}	3,7 ^{a j}
2RD	4,1 ^{a ij}	4,1 ^{a i}	4,4 ^{a i}	4,2 ^{a i}	4,2 ^{a i}	4,2 ^{a i}
2KD	4,6 ^{a i}	4,4 ^{a i}	4,1 ^{a i}	4,5 ^{a i}	4,2 ^{a i}	4,4 ^{a i}
Dreischnittblock				Vierschnittblock		
3/4VD	5,6 ^b			5,8 ^a		
2VD	4,0 ^{a j}			3,5 ^{b j}		
2RD	4,2 ^{a i}			4,2 ^{a i}		
2KD	4,4 ^{a i}			4,4 ^{a i}		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Flächen, welche in der Stufe 3/4VD mit Mist und Jauche gedüngt wurden, zeigen unter Methode A die statistisch höchsten Energiegehaltswerte. Unter Methode B lässt sich innerhalb der Stufe 3/4VD nur im Vierschnittblock ein abgesicherter Unterschied erkennen. Hierbei ist die Gülle-Düngungsvariante mit der höchsten Energie bewertet worden. Innerhalb der zweimalig genutzten Flächen ist sowohl unter Methode A als auch unter Methode B ein klarer Trend hin zu höherer Futterqualität bei niedrigerem N-Input zu erkennen. Dies lässt sich wiederum durch ein fortgeschrittenes Entwicklungsstadium des Grünlandbestandes infolge hoher Düngungsintensität und geringer Nutzungsfrequenz erklären. Ein solcher Pflanzenbestand weist vor allem aufgrund des erhöhten Fasergehalts eine geringere Verdaulichkeit (**Tabelle 17**) und somit niedrigere Energiegehaltswerte auf (Van Soest, 1994, 165ff; Pötsch, 2008a, 21f).

Tabelle 17: In vitro-Verdaulichkeit (%) des ersten Aufwuchses, (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	66,1 ^b	68,3 ^{ab}	69,7 ^a	68,5 ^b	70,8 ^{ab}	71,8 ^a
2VD	52,4 ^{a j}	54,7 ^{a i}	54,8 ^{a i}	49,1 ^{a j}	50,2 ^{a j}	51,4 ^{a j}
2RD	54,8 ^{a ij}	55,1 ^{a i}	57,8 ^{a i}	55,9 ^{a i}	56,6 ^{a i}	56,7 ^{a i}
2KD	59,1 ^{a i}	58,1 ^{a i}	56 ^{a i}	58,8 ^{a i}	56,2 ^{a i}	58,3 ^{a i}
Dreischnittblock			Vierschnittblock			
3/4VD		68,2 ^b	70,4 ^a			
2VD		54,1 ^{a j}	50,2 ^{b j}			
2RD		56,1 ^{a ij}	56,4 ^{a i}			
2KD		57,5 ^{a i}	57,5 ^{a i}			

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Beim Vergleich der beiden Schnittblöcke untereinander weisen die viermalig genutzten Flächen bei beiden Energiebewertungsvarianten einen signifikant höheren Energiegehalt im Vergleich zu den dreimalig genutzten Flächen auf, was wiederum auf den jüngeren physiologischen Reifezustand des Grünlandbestandes beim ersten Aufwuchs zurückzuführen ist. Auch der deutlich geringere Fasergehalt (**Tabelle 14**), begünstigt durch eine höherfrequente Nutzung, wirkt sich wiederum positiv auf den Energiegehalt aus (Voigtländer und Jacob, 1987, 278).

Tabelle 18: Energiegehalt berechnet aus den Rohnährstoffen (Methode B) des ersten Aufwuchses in MJ NEL kg⁻¹, (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	5,0 ^a	5,0 ^a	5,0 ^a	5,3 ^b	5,5 ^a	5,4 ^{ab}
2VD	4,5 ^{a i}	4,6 ^{a j}	4,6 ^{a i}	4,5 ^{a j}	4,6 ^{a j}	4,6 ^{a i}
2RD	4,6 ^{a ij}	4,7 ^{a j}	4,7 ^{a i}	4,6 ^{a j}	4,7 ^{a ij}	4,6 ^{a i}
2KD	4,9 ^{a j}	5,0 ^{a i}	4,8 ^{a i}	4,8 ^{a i}	4,8 ^{a i}	4,7 ^{a i}
Dreischnittblock				Vierschnittblock		
3/4VD	5,0 ^b			5,4 ^a		
2VD	4,6 ^{a k}			4,6 ^{a j}		
2RD	4,7 ^{a j}			4,7 ^{a i}		
2KD	4,9 ^{a i}			4,8 ^{a i}		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Beim genaueren Vergleich der beiden Energiebewertungsmethoden ist zu bemerken, dass unter Methode A bei unveränderter Nutzungsintensität (Stufe 3/4VD) der Energiegehalt generell höher bewertet wird als unter Methode B. Nach einer Nutzungsreduktion auf zwei Schnitte/Jahr fällt jedoch, relativ betrachtet, die Energie, welche mittels Methode A bewertet wurde, deutlich stärker ab (**Abbildung 11**). Dieser Effekt kann durch mehrere Faktoren verursacht werden. Zum einen setzt sich der Pansensaft, welcher für die Verdaulichkeitsanalyse nach Tilly und Terry von fistulierten Tieren gezogen wird, aus einer Vielzahl von Mikroorganismen zusammen. Die Gesamtkeimzahl und die Zusammensetzung einer Mikrobenpopulation ist keinesfalls als fixe Größe zu betrachten, sondern ändert sich vielmehr je nach Art der Rationsgestaltung (Kirchgeßner, 2014, 34). Bei Verdaulichkeitsanalysen von überständigem Futter kann es dadurch vorkommen, dass der verwendete Pansensaft eine für diese Art von Proben nicht optimale Mikrobenpopulation aufweist. Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass einige Proben bezüglich ihrer Verdaulichkeit stark von den DLG-Werten, welche von hoher Futterqualität ausgehen, abweichen. Aus diesem Grund muss die Regressionsgleichung, welche zur Ableitung der Energie aus der Verdaulichkeit verwendet wird, extrapoliert werden.

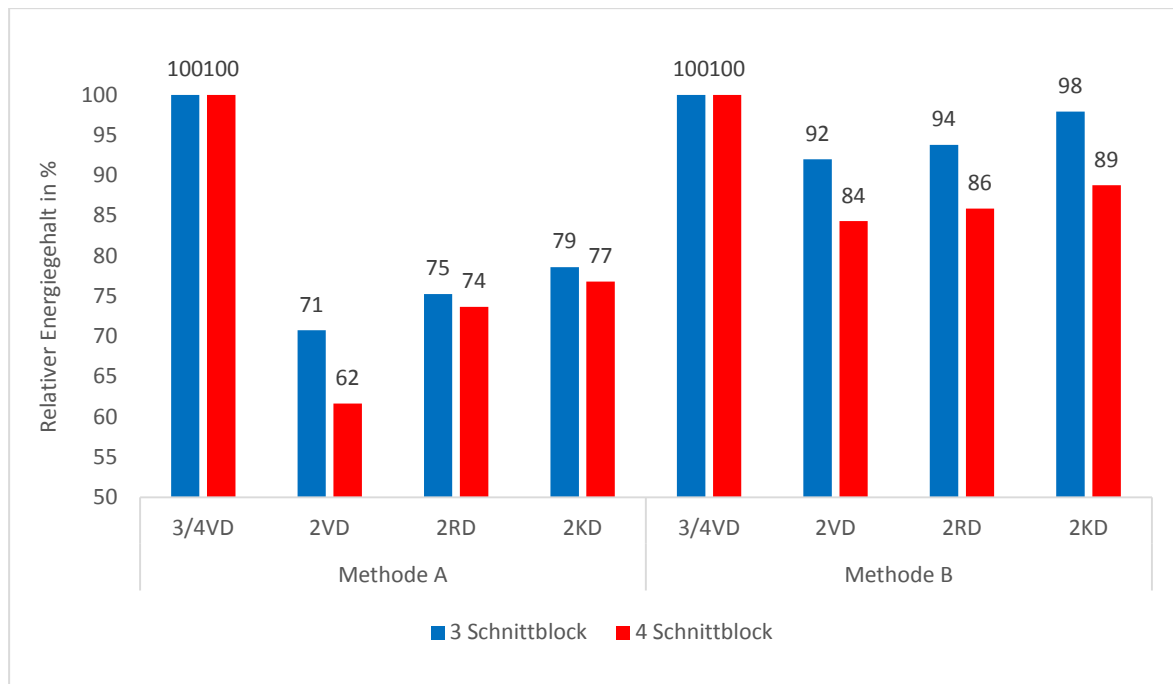


Abbildung 11: Relative Energiegehaltswerte in %, Systemvergleich der beiden Energiebewertungsmethoden. (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Die besonders niedrigen Energiegehaltswerte am Standort Winklhof (**Abbildung 12**) können auf den deutlich höheren Fasergehalt des Futters auf diesem Standort zurückzuführen sein.

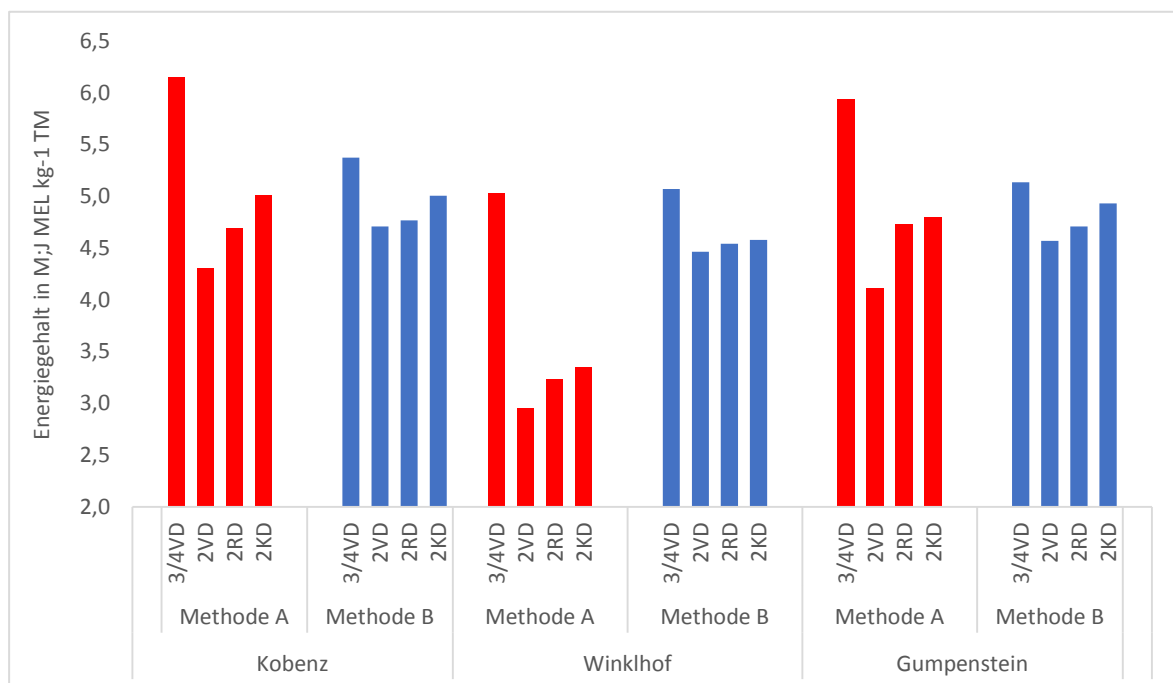


Abbildung 12: Energiegehalt der einzelnen Nutzungsvarianten im Systemvergleich auf den jeweiligen Standorten. (Durchschnitt über alle Versuchsjahre)

Der deutliche Abfall bei Methode A könnte überdies damit erklärt werden, dass es aufgrund der Hordentrocknung auf diesem Standort möglicherweise zu einer Verpilzung des Futters gekommen ist. Diese Verpilzung könnte entweder einen verstärkten Abbau wertbestimmender Futterbestandteile bewirken oder eine antagonistische Wirkung auf die Pansenmikroorganismen zeigen und somit die in vitro ermittelte Verdaulichkeit senken.

3.1.4.2 Folgeaufwüchse

Im Gegensatz zum ersten Aufwuchs zeigten die Folgeaufwüchse deutlich geringere Unterschiede zueinander. Im Hinblick auf die verschiedenen Düngerarten sind sowohl unter Methode A als auch unter Methode B keine nennenswerten Unterschiede festzustellen. Hinsichtlich der Düngermenge ist zumindest unter Methode A ein leichter Trend hin zu einem erhöhten Energiegehalt bei niedrigerem N-Input zu erkennen.

Tabelle 19: Energiegehalt abgeleitet von der Verdaulichkeit (Methode A) der Folgeaufwüchse in MJ NEL kg⁻¹ TM (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	4,5a	4,7a	4,7a	4,7a	4,6a	4,6a
2VD	3,1a i	3,4a i	3,7a i	3,2a i	3,2a i	3a i
2RD	3,5a i	3,8a i	4,1a i	3,1a i	3,3a i	3,6a i
2KD	3,6a i	3,6a i	3,7a i	3,5a i	3,6a i	3,7a i
Dreischnittblock			Vierschnittblock			
3/4VD		4,6b	4,6a			
2VD		3,4a j	3,1a j			
2RD		3,8a i	3,3b ij			
2KD		3,7a ij	3,6a i			

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

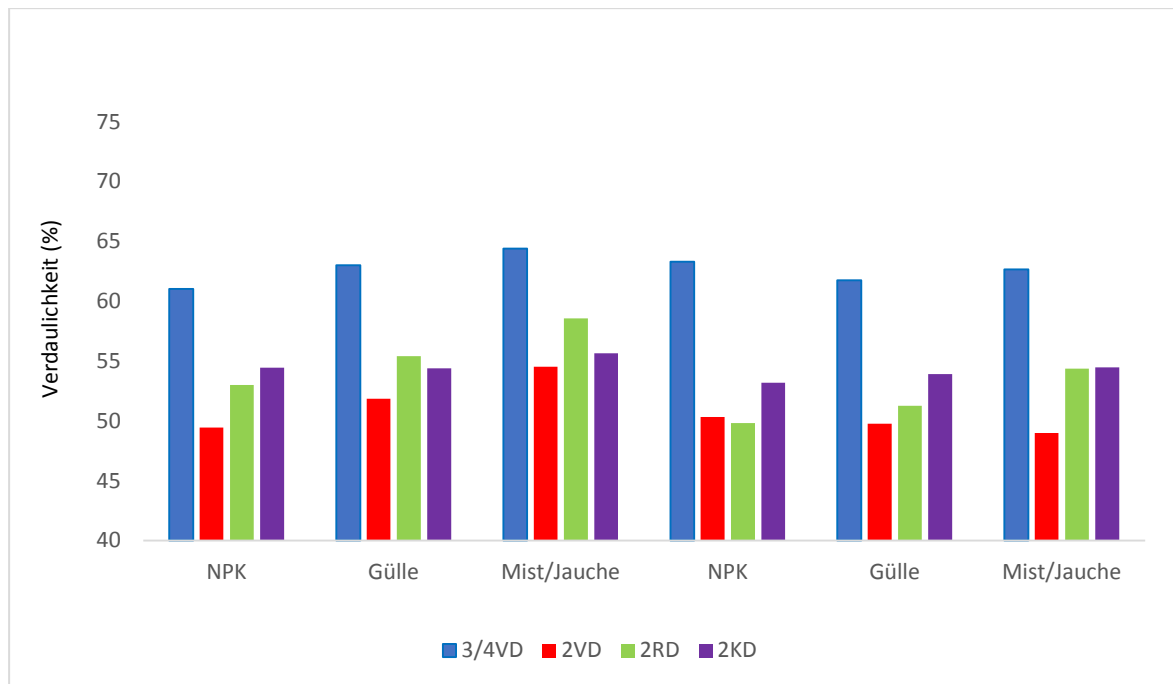


Abbildung 13: In-vitro Verdaulichkeit (%) der Folgeaufwüchse (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Beim Vergleich beider Systeme ist schnell zu erkennen, dass Methode A beim zweiten Aufwuchs deutlich geringere Energiewerte ergibt. Als Grund dafür kann der stetige Rückgang der Verdaulichkeit (**Abbildung 13**) genannt werden. Dieser Rückgang wird wiederum maßgeblich durch die zunehmende Einlagerung von Gerüstsubstanzen, insbesondere von Lignin begünstigt.

Der deutlich stärkere Rückgang der Verdaulichkeit in den Sommermonaten kann damit erklärt werden, dass die Lignifizierung des Pflanzenbestandes positiv mit der Tageslänge und der Temperatur korreliert (Ahlgrimm H.-J., 1979). Ferner kann die Verdaulichkeit durch allgemeine Alterungs- und Inkrustierungsprozesse negativ beeinflusst werden (Voigtländer und Jacob, 1987, 280). Die deutlich höheren Energiewerte mit weitaus geringeren Abweichungen nach Methode B sind darauf zurückzuführen, dass bei dieser Methode die schlechte Verdaulichkeit des Futters nicht miteinberechnet wurde.

Tabelle 20: Energiegehalt berechnet aus den Rohnährstoffen (Methode B) der Folgeaufwüchse in MJ NEL kg⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Dreischnittblock				Vierschnittblock		
Stufe	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	5,4 a	5,4 a	5,3 a	5,5 a	5,6 a	5,5 a
2VD	5,3 a i	5,3 a i	5,3 a i	5,3 a i	5,3 a i	5,3 a i
2RD	5,3 a i	5,4 a i	5,3 a i	5,3 a j	5,3 a i	5,3 a i
2KD	5,4 a i	5,3 a i	5,3 a i	5,3 a j	5,4 a j	5,3 a i
Dreischnittblock				Vierschnittblock		
3/4VD	5,4a			5,5a		
2VD	5,3a i			5,3a i		
2RD	5,3a i			5,3a i		
2KD	5,3a i			5,3a i		

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Der vorliegende Versuch zeigt grundsätzlich auf, dass bei derart heterogenen Futterproben beide Energiebewertungssysteme an ihre Grenzen stoßen und bei der Interpretation der Ergebnisse die besonderen Umstände hinsichtlich Nutzungsfrequenz und Düngungsniveau berücksichtigt werden müssen.

3.1.4.3 Energieertrag

Der Energieertrag ergibt sich durch die Multiplikation der Parameter Energiegehalt und Trockenmasseertrag. Über den Energieertrag lassen sich Aussagen über das Energieproduktionsvermögen eines Standortes pro Flächeneinheit treffen. Um die tatsächliche, für die Fütterung zur Verfügung stehende Energie pro Hektar zu ermitteln, müssen je nach Art und Intensität der Bewirtschaftung bzw. Konservierung Abzüge geltend gemacht werden. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse kommt es aber keinesfalls auf den reinen Ertrag je Hektar per se an, große Bedeutung muss auch der Qualität des Futters zugesprochen werden. So nutzt einem intensiven Milchviehbetrieb ein hoher Energieertrag pro Hektar wenig, wenn sich dieser durch die Multiplikation eines sehr hohen Trockenmasseertrags mit

einem mäßigen Gehalt an MJ NEL pro kg TM ergibt, da eine hohe Milchleistung beste Grundfutterqualität voraussetzt (Spiekers et al., 2009, 207f).

Tabelle 21: Energieertrag in GJ NEL ha⁻¹ (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

Stufe	Dreischnittblock			Vierschnittblock		
	NPK	Gülle	Mist/Jauche	NPK	Gülle	Mist/Jauche
3/4VD	44,0 ^{a i}	40,4 ^{ab i}	39,1 ^{b i}	45,6 ^{a i}	43,4 ^{a i}	47,5 ^{a i}
2VD	33,3 ^{a j}	30,3 ^{a j}	28,6 ^{a j}	33,8 ^{a j}	31,2 ^{a j}	32,1 ^{a j}
2RD	30,3 ^{a j}	26,4 ^{a j}	29,9 ^{a j}	30,0 ^{a j}	27,0 ^{a j}	27,7 ^{a jk}
2KD	19,3 ^{a k}	21,5 ^{a k}	24,1 ^{a k}	19,3 ^{b k}	19,7 ^{b k}	25,4 ^{a k}
	Ø Dreischnittblock			Ø Vierschnittblock		
3/4VD		39,5 ^{a i}			45,2 ^{a i}	
2VD		30,2 ^{a j}			32,2 ^{a j}	
2RD		27,9 ^{a j}			28,0 ^{a k}	
2KD		21,8 ^{a k}			21,2 ^{a l}	

Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Werten – horizontal (zwischen den drei Düngungsvarianten): abc; vertikal (zwischen den vier Nutzungsvarianten): ijkl

Die statistisch höchsten Energieerträge wurden in den unveränderten Referenzparzellen ermittelt. Aufgrund der geringen Trockenmasseerträge wurden mit Ausnahme der Mist/Jauche gedüngten Flächen im Vierschnittblock in der Stufe 2KD die signifikant geringsten Energieerträge ermittelt. Die zwischen Stufe 2VD und 2RD festgestellten Unterschiede sind als zufällig zu interpretieren.

3.2 Botanische Kennwerte

3.2.1 Biodiversität

Da der Faktor Standort einen signifikanten Einfluss auf die Biodiversität ausübt, wurden die drei Versuchsstandorte hinsichtlich dieses im Rahmen des Programms zur ländlichen Entwicklung bedeutsamen Schutzgutes getrennt ausgewertet. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die floristische Diversität, die mittels des Shannon Index bewertet wurde.

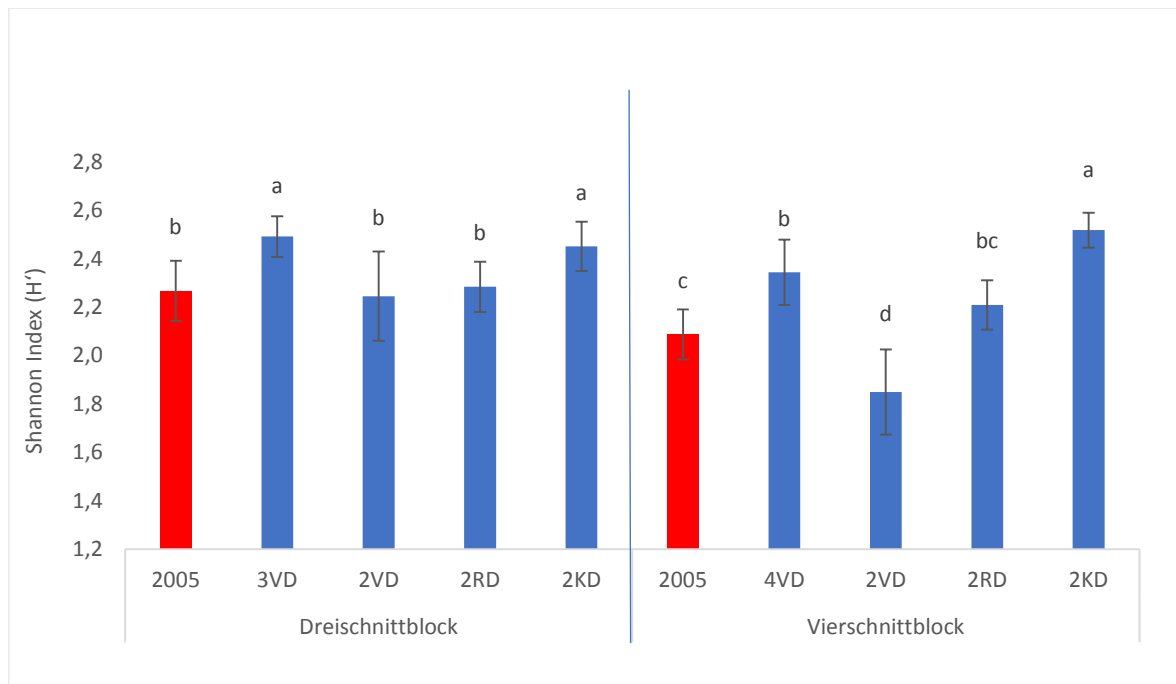


Abbildung 14: Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Kobenz, Signifikanzniveau $p < 0,05$

Am Standort Kobenz zeigen sowohl der zeitliche Verlauf, die verschiedenen Düngungsintensitäten sowie die unterschiedlichen Nutzungsfrequenzen einen signifikanten Einfluss auf die Biodiversität. Es ist zu beobachten, dass bei gleichbleibender Bewirtschaftung die pflanzliche Biodiversität vom Jahr 2005 (= Referenzwert) bis 2013 sowohl im Drei- als auch im Vierschnittblock signifikant gestiegen ist (**Abbildung 14**). Die Stufe 2VD weist erwartungsgemäß in beiden Schnittblöcken (2VD Dreischnittblock: $H' = 2,25$, 2VD Vierschnittblock: $H' = 1,85$) die geringsten Indexwerte auf.

Wiesengesellschaften mit geringer pflanzlicher Vielfalt wie die *Bromus hordeaceus*-Gesellschaft oder *Lolietum multiflorae* weisen im österreichischen Durchschnitt Shannon Indizes von $H' = 1,91$ bzw. $H' = 1,62$ auf. Dem gegenüber stehen artenreiche Gesellschaften wie Astrantio-Trisetum ($H' = 2,64$) oder die Agrostis-Festuca-Gesellschaft ($H' = 2,52$), die vor allem durch den geringen Anteil von untergeordneten Pflanzen, welche von anderen Arten dominiert werden, hohe Werte für H' erhalten (Ellmauer, 1996).

Im Vierschnittblock ist dieser Unterschied signifikant abgesichert. Die statistisch abgesichert höchsten Biodiversitätswerte wurden in den Stufen 3VD und 2KD im Dreischnittblock bzw. in der Stufe 2KD im Vierschnittblock ermittelt. Eine negative Korrelation zwischen Düngermenge und der Artenvielfalt ist sowohl im Drei- als auch im Vierschnittblock erkennbar. Diese negative Korrelation bestätigt Ergebnisse aus früheren Untersuchungen

(Joyce, 2001; Zechmeister et al., 2003). Bei längerfristig ausbleibender N-Düngung könnten sich jedoch Arten durchsetzen, welche besser an nährstoffarme Standorte angepasst sind, wodurch sich das Artenspektrum in weiterer Folge verringern würde. Demgegenüber besteht aber auch die Möglichkeit, dass sich eine Vielzahl an anspruchslosen Arten durchsetzt, wodurch die Phytodiversität wiederum gesteigert werden könnte.

Während auf den Standorten Kobenz und Gumpenstein vergleichbar hohe Indexwerte für die pflanzliche Biodiversität ermittelt wurden, weist der Standort Winklhof deutlich niedrigere Werte auf.

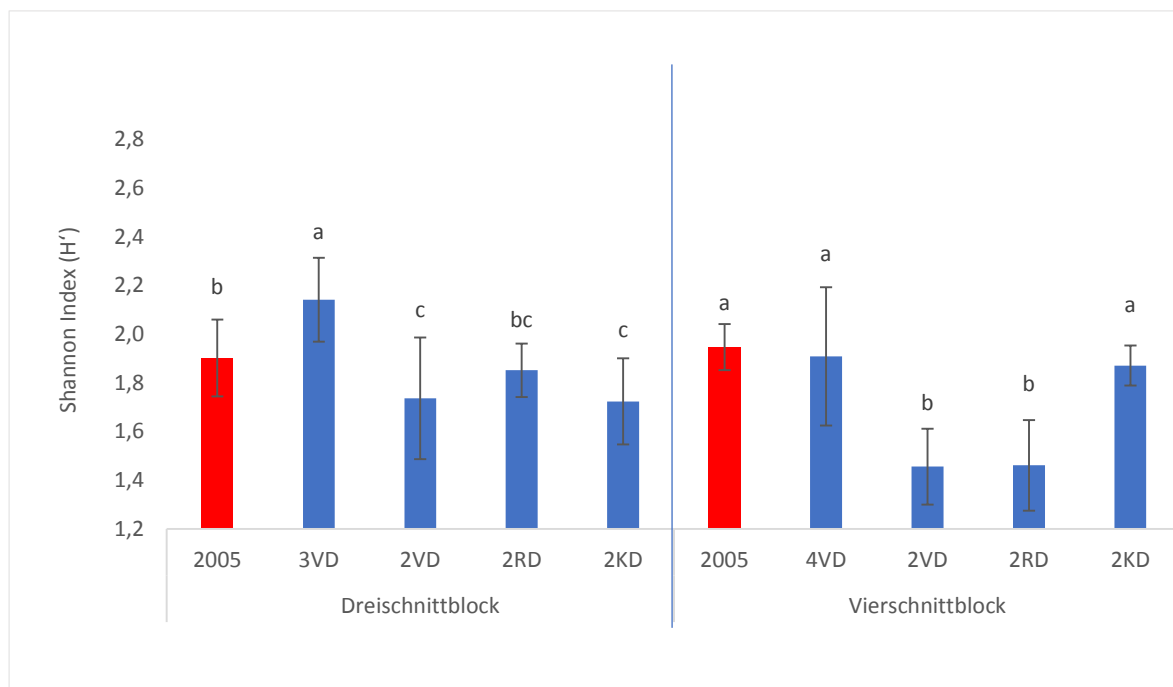


Abbildung 15: Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Winklhof, Signifikanzniveau $p < 0,05$

Trotz der im Allgemeinen niedrigeren Werte lässt sich auch am Standort Winklhof zumindest im Dreischnittblock ein signifikant höherer Indexwert bei gleichbleibender Bewirtschaftung im Jahr 2013 verglichen mit dem Jahr 2005 feststellen. Anders als am Standort Kobenz weisen in Winklhof alle schnittreduzierten Stufen im Dreischnittblock die niedrigsten Werte auf. Auch im Vierschnittblock sind in den Stufen 2VD und 2RD die statistisch abgesicherten geringsten Biodiversitätswerte festzustellen. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der ursprünglich vorhandene Artenpool in Winklhof bereits 2005 als weitaus geringer einzustufen ist (**Tabelle 22**) und offensichtlich einige wenige Arten trotz Reduktion der Nutzungsfrequenz resp. des Düngungsniveaus den Bestand dominieren.

Tabelle 22: Shannon Index (H') des Drei- bzw. Vierschnittblocks des Jahres 2005

Standort	Dreischnittblock	Vierschnittblock
Kobenz	2,27	2,09
Winklhof	1,9	1,95
Gumpenstein	2,26	2,5

Auf Standorten, auf welchen eine intensive Bewirtschaftung möglich ist (Winklhof), kann es oftmals zum Verlust von Arten kommen, die an eine geringe Nutzungsintensität angepasst sind (Zechmeister et al., 2003). Aufgrund des Fehlens dieser Arten ist es schwierig, die Phytodiversität dieser Flächen durch Nutzungsextensivierung zu steigern.

Wie auch auf den beiden anderen Standorten lässt sich in Gumpenstein zumindest auf den Dreischnittflächen ein Trend hin zu erhöhter Biodiversität bei gleichbleibender Nutzung feststellen.

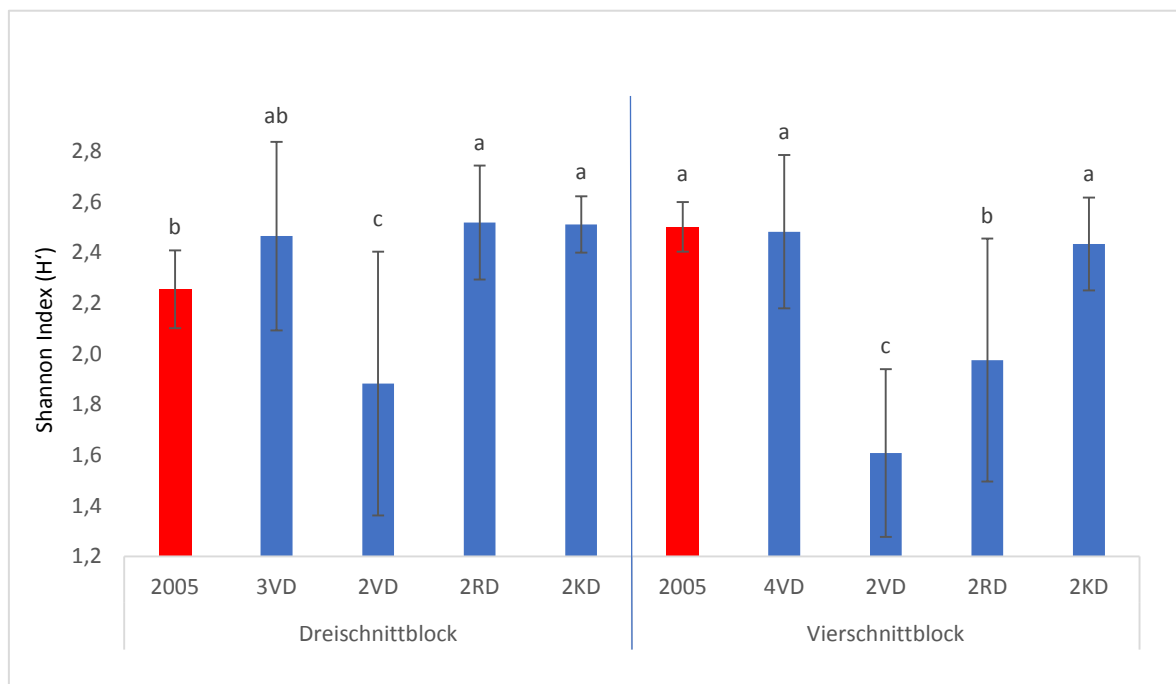


Abbildung 16: Shannon Index (H') Drei- bzw. Vierschnittblock am Standort Gumpenstein, Signifikanzniveau $p < 0,05$

Innerhalb der Flächen, welche im Dreischnittregime bewirtschaftet werden, weisen die Stufen 2RD und 2KD den höchsten Biodiversitätsindex auf. Im Vierschnittblock sind es die Flächen, die unverändert bewirtschaftet wurden, und die Zweischnittflächen, welche keine Düngung erhielten. Für den Standort Gumpenstein muss jedoch erwähnt werden,

dass bereits die Ausgangssituation im Jahr 2005 eine vergleichsweise hohe Biodiversität aufwies. Ein Grund für die hohe pflanzliche Vielfalt der Flächen, welche keiner Schnitt- bzw. Düngungsreduktion unterzogen wurden, liegt in dem fortgeschrittenen physiologischen Reifestadium, in dem sich die Bestände zum Zeitpunkt des ersten Schnittes befanden. Das fortgeschrittene Reifestadium lässt sich aus den hohen NDF-Gehalten (**Tabelle 23**) ableiten. Ein vegetativ weit entwickelter Bestand gewährleistet eine natürliche Vermehrung (Voigtländer und Jacob, 1987, 285ff; Pötsch et al., 2013a). Wird ein Bestand zu früh geerntet, kann keine natürliche Versamung erfolgen und Pflanzen, welche sich über Ausläufer und Rhizome auf vegetativem Wege vermehren, verdrängen zunehmend Pflanzen, welche auf eine generative Vermehrung angewiesen sind (Bohner, 2016). Bei zu geringer Nutzungsfrequenz in Kombination mit hohen N-Gaben kommt es hingegen aufgrund der schnellen physiologischen Entwicklung zur vermehrten Versamung von Obergräsern (Berendonk, 2011). Dies hat eine Verdrängung von Untergräsern zur Folge, was sich wiederum in der niedrigen Phytodiversität der Stufen 2VD widerspiegelt.

Tabelle 23: NDF Gehalt g kg^{-1} TM erster Aufwuchs, Stufe 3VD, 4VD und 2VD ha (Durchschnitt über alle Versuchsjahre und Versuchsstandorte)

	Dreischnittblock		Vierschnittblock	
Standort	3VD	2VD	4VD	2VD
Kobenz	534	587	517	621
Winklhof	607	672	554	658
Gumpenstein	601	658	577	678

Ferner kann es aufgrund des sehr fortgeschrittenen Vegetationsstadiums, wie es auf den Flächen der Stufe 2VD im Drei- und Vierschnittblock der Fall ist, zwar zur Versamung der Pflanzen kommen, die dichte Vegetationsdecke aber macht es den jungen Pflanzen aufgrund von Lichtmangel schwer, sich auch im Bestand zu etablieren (Bohner, 2016). Der Trend hin zu hohen Biodiversitätsindexwerten in den Stufen 2KD lässt darauf schließen, dass noch genügend Nährstoffe im Boden vorhanden sind. Würden diese Flächen länger auf diese Weise bewirtschaftet werden, kann es aufgrund des “competitive exclusion – Prinzips“ zu einem mehr oder weniger starken Wechsel des Artenspektrums kommen, da Arten, welche unter Nährstoffmangelbedingungen konkurrenzfähiger sind, andere Pflanzenarten nach und nach verdrängen können (Willems und van Nieuwstadt, 1996). Bei die-

sem Vorgang handelt es sich um einen sogenannten Etablierungsprozess, dominante, vor allem nitrophile Arten fallen aufgrund von Nährstoffmangel zusehends aus, dadurch freigewordene Ressourcen können von zusätzlichen Arten, sofern diese im Bodenpool oder in den angrenzenden Flächen vorhanden sind, genutzt werden. In der Stufe 2VD hingegen kann von einem Verdrängungsprozess gesprochen werden, der Nährstoffüberschuss in Kombination mit einer Nutzungsreduktion begünstigt nur einige wenige, vor allem nitrophile Arten, welche sich unter diesen Bedingungen gegenüber ihren Konkurrenten durchsetzen können (Bohner, 2016).

3.2.2 Blühpunkte

Aufgrund der großen standortbedingten Abweichungen werden die Blühpunkte für jeden Standort getrennt ermittelt und dargestellt. Wie **Abbildung 17** zeigt, weist Kobenz gefolgt von Gumpenstein im Durchschnitt die höchsten Werte an Blühpunkten auf. Der deutlich geringste Wert wurde am Standort Winklhof festgestellt. Dies ist vor allem auf den im Vergleich sehr hohen Gräseranteil (96 Gew.-%, 2005; 92 Gew.-%, 2013;) zurückzuführen. Gräser sind Windbestäuber und wurden aufgrund ihrer geringen Bedeutung als Nahrungsgrundlage für Honigbienen, Wildbienen und Schwebfliegen (Osborne et al., 1991) nicht in dieser Bewertung berücksichtigt. Des Weiteren verringert ein sehr hoher Grasanteil die floristische Diversität von Grünlandflächen und wirkt sich deshalb negativ auf die Blühwertigkeit eines Standortes aus (MLR, 2011).

Innerhalb der schnittreduzierten Flächen ist eine deutlich negative Korrelation zwischen Düngermenge und Blühpunkten zu erkennen. Auf den Standorten Kobenz und Gumpenstein ist nach einer Schnitterduktion bei gleichbleibender Düngungsintensität der stärkste Abfall an Blühpunkten zu erkennen. Dies ist wiederum auf den stark angestiegenen Gräseranteil auf diesen Flächen zurückzuführen. Die hohen N-Gaben fördern nitrophile Grasarten und verdrängen somit die für Insekten wertvollen Pflanzenarten (MLR, 2011). Am Standort Kobenz nahm der Grasanteil in der Stufe 2VD um 17 % zu, am Standort Gumpenstein waren es sogar 20 %. Lediglich am Standort Winklhof kam es zu keinem Abfall der Blühpunkte in dieser Stufe, was sich durch den bereits sehr hohen Grasanteil im Jahr 2005 erklären lässt.

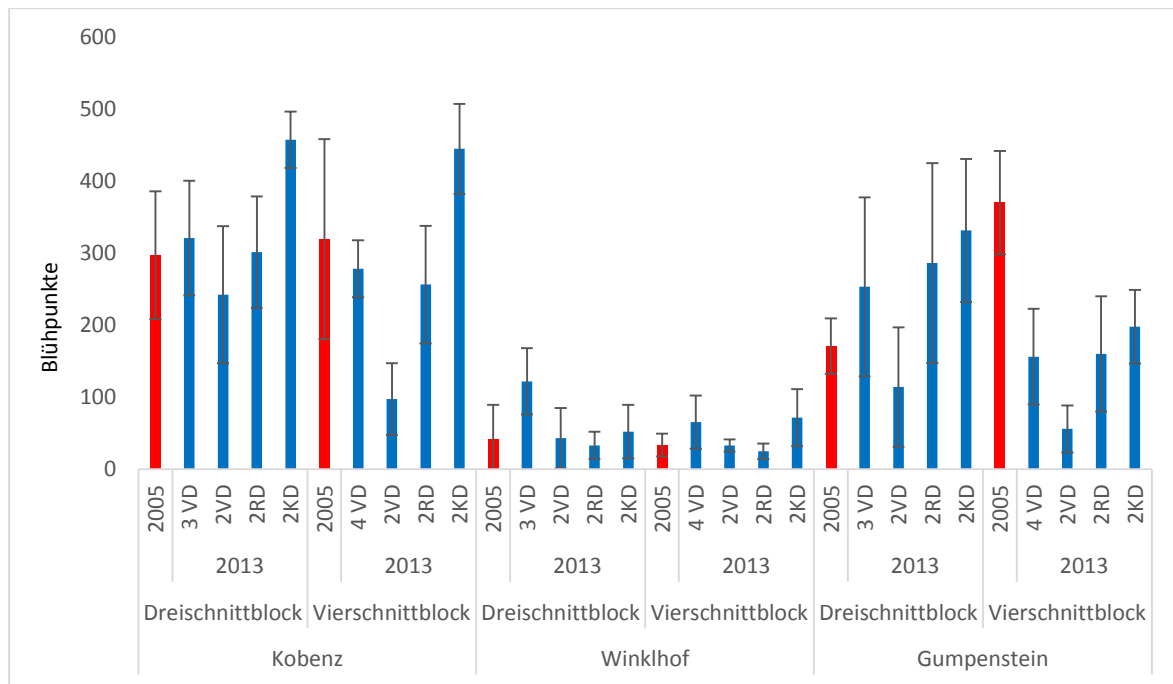


Abbildung 17: Blühpunkte der drei Versuchsstandorte mit Standardabweichung (Durchschnitt über alle Düngevarianten)

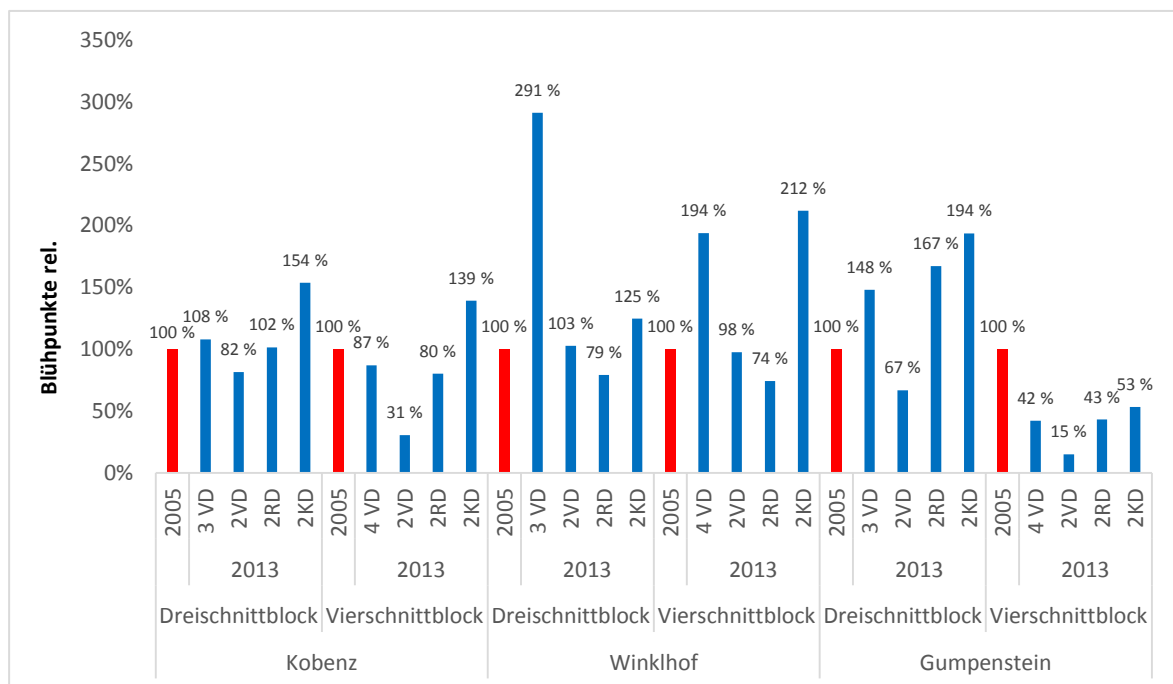


Abbildung 18: Blühpunkte der drei Versuchsstandorte – relative Entwicklung zum Referenzjahr 2005 (Durchschnitt über alle Düngevarianten)

Trotz der im Allgemeinen geringen Anzahl an Blühpunkten ist am Standort Winklhof innerhalb der Stufe 3VD relativ gesehen der stärkste Anstieg (291 %) festzustellen (**Abbildung 18**). Auch im Vierschnittblock konnten in den Stufen 4VD und 2KD starke

Zuwächse an Pflanzen, welche den Blühwert steigern, festgestellt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass sich am Standort Winklhof vor allem das Alter des Bestandes positiv auf den Blühwert auswirkt. Grünlandbestände, welche 20 Jahre und älter sind, gelten als besonders artenreich. Maßnahmen wie Neuansaat oder Nachsaat vermindern die Phyto-diversität und senken somit die Attraktivität solcher Standorte für bestäubende Insekten (Osborne et al., 1991). Die starke Reduktion im Vierschnittblock am Standort Gumpenstein ist in den Stufen 4VD und 2VD auf den Anstieg des Gräseranteils zurückzuführen. In den Stufen 2RD und 2KD konnte im geringeren Ausmaß auch ein erhöhter Gräseranteil festgestellt werden. Hinzu kam, dass eine starke Reduktion von Gew. Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*) festzustellen war. Bedingt durch den hohen Blühwert des Gew. Löwenzahns (Crane et al., 1984; MLR, 2011) ist ein Abfall des Blühwertes auf diesen Flächen die Folge.

Bei der Beurteilung der Düngerarten muss vor allem auf die Auswirkung der Dünger auf das Artengruppenverhältnis geachtet werden. So beschreiben Buchgraber und Gindl (2004, 104ff) einen rückläufigen Kleeanteil, einhergehend mit einem steigenden Krautanteil beim Einsatz von Gülle und Jauche. Durch Stallmist und Mistkompost kann der Leguminosenanteil längerfristig gesteigert werden, mineralisch gedüngter Stickstoff hingegen schlägt sich in einem rückläufigen Leguminosenanteil nieder.

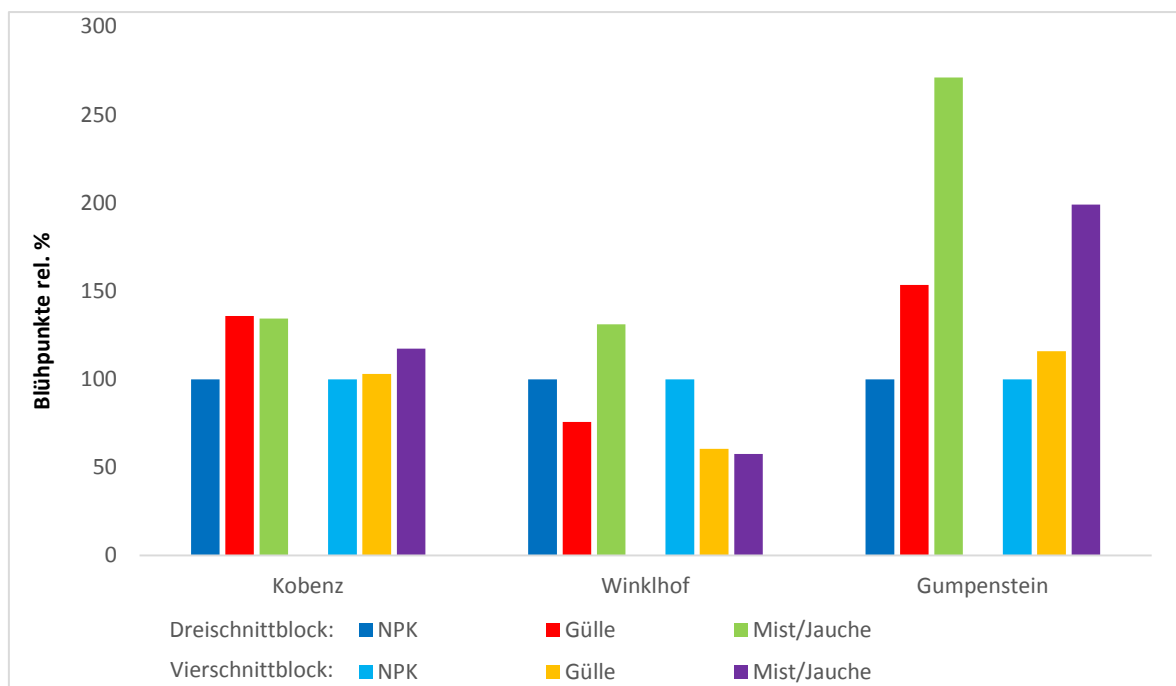


Abbildung 19: Blühpunkte unterschiedlicher Wirtschaftsdüngersysteme im relativen Vergleich zur mineralischen Düngung im Jahr 2013 (Durchschnitt über alle Nutzungsvarianten)

Bei genauerer Betrachtung der Flächen lässt sich ein eindeutiger Trend hin zu erhöhten Blühwerten nach einer Mist/Jauche Düngung feststellen (**Abbildung 19**). Auch die Güllevariante zeigt hinsichtlich der Blühpunkte einen positiven Einfluss im Vergleich zur mineralischen Düngung. Insbesondere im Dreischnittblock lässt sich das, trotz der gleichen Menge an appliziertem Stickstoff, auf einen erhöhten Gräseranteil in den mineralisch gedüngten Flächen zurückführen. Dies erklärt Pötsch (1997, 22) durch den höheren Anteil an rasch verfügbarem N in mineralischen Düngern. Durch die rasche Verfügbarkeit dieser leichtlöslichen Stickstofffraktionen kommt es zu einer zunehmenden Reduktion der legumenen N-Bindung und weiterführend zu einer Verringerung des Leguminosenanteils zugunsten der Gräser.

Neben dem tatsächlichen Vorkommen an wichtigen insektenblütigen Arten ist vor allem ein durchgehendes Nahrungsangebot essentiell. Durch versetzte Erntetermine sowie optimal eingeteilte Blühflächenverteilungen kann das Nahrungsangebot für Insekten während der gesamten Vegetationsperiode maßgeblich verbessert werden (Lang, 2016, 113). In der zweiten Maßnahme des ÖPUL 2007, Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen, wurde versucht, mithilfe einer Reduktion auf maximal zwei Nutzungen auf zumindest 5% der Mähfläche (ohne Bergmähder) eine Aufsplittung der Erntetermine zu erreichen. Um dieses Ziel besser erfüllen zu können, wurde im ÖPUL 2015 in der ersten Maßnahme, Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung, für die Grünlandflächen einige Modifikationen durchgeführt. Der erste Schnitt auf den Biodiversitätsflächen ist frühestens mit dem zweiten Schnitt auf vergleichbaren Flächen, frühestens jedoch am 1. Juni, durchzuführen. Ebenso ist eine Beweidung vor dem ersten Schnitt nicht zulässig. Jedenfalls können die Flächen ab dem 1. Juni gemäht werden, wobei ein Abtransport des Mähgutes von der Fläche zu erfolgen hat. Des Weiteren müssen die Biodiversitätsflächen während des gesamten Verpflichtungszeitraumes am gleichen Standort belassen werden, wodurch eine positive Entwicklung des Pflanzenbestandes auf diesen Flächen gefördert wird.

3.3 Bodenkundliche Kennwerte

3.3.1 Bodenreaktion

Als Indikator für die Bodenfruchtbarkeit, über welche sich Aussagen für die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort, die Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen u.v.m.

treffen lassen, gilt der pH-Wert als eine der wichtigsten Bodenkenngrößen (Blume et al., 2010, 151; Böhner, 2016). In Abhängigkeit der Bodenschwere liegt das pH-Optimum eines ertragsfähigen und artenreichen Grünlandbodens im sauren bis schwach sauren Bereich bei einem pH-Wert zwischen 5,0 - 6,5 (BMLFUW, 2017, 18; Böhner, 2016; Pötsch, 1997, 51). Auf allen der drei Versuchsstandorte konnte am Ende des Versuchs ein pH-Wert innerhalb dieses Optimums festgestellt werden. Flächen, welche während des Versuchszeitraumes einer mineralischen Düngung unterlagen, zeigten einen tendenziell geringeren pH-Wert (**Tabelle 24**). Auch auf den ungedüngten Flächen ließ sich eine leichte Bodenversauerung während der Versuchsperiode erkennen. Da die Summe der Nährstoffe, welche Pflanzen in Form von Kationen aufnehmen, jene der Anionen übersteigt, vor allem wenn Stickstoff in Form von NH_4^+ aufgenommen wird, muss die Pflanze, um die Elektroneutralität aufrecht zu erhalten, über die Wurzel H^+ Ionen abgeben, welche im Rhizosphärenbereich zu einer Bodenversauerung führen (Blume et al., 2010, 155). Aufgrund der beträchtlichen Mengen an Kalzium und Magnesium in Wirtschaftsdüngern, welche in Form von Kalziumoxid bzw. Magnesiumoxid vorliegen, kann der natürlichen Versauerung des Bodens mit einer standortangepassten Wirtschaftsdüngerapplikation entgegengewirkt werden. Angeringer et al. (2014) weisen unter anderem auf die pH-Wert puffernde Wirkung von neutralen Wirtschaftsdüngern in ihrem dreijährigen Dauerwiesenversuch hin.

Tabelle 24: pH-Wert des Bodens der Düngevarianten auf den verschiedenen Standorten, inklusive pH-Wert Differenz von 2008 zu 2013

Standort		NPK				Gülle				Mist/Jauche			
		3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Kobenz	2013	5,0	5,2	5,2	5,1	5,6	5,9	5,7	5,3	5,9	5,9	5,7	5,3
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,4	0,1	-0,3	0,5	0,4	0,2	-0,8
Winklhof	2013	6,0	5,9	5,9	6,4	6,1	6,3	6,1	6,3	6,2	6,4	6,1	6,1
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1
Gumpenstein	2013	5,5	5,5	5,4	5,6	5,9	6,0	5,8	5,7	6,1	6,3	6,0	5,8
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,2	0,5	0,2	0,0

Standort		NPK				Gülle				Mist/Jauche			
		4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Kobenz	2013	5,2	5,1	5,4	5,2	5,8	6,0	5,8	5,5	6,2	6,4	6,2	5,8
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	-0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,1	0,0	-0,2	-0,4	0,3	0,5	0,3	-0,2
Winklhof	2013	5,4	5,4	5,5	5,8	6,0	6,1	6,0	6,0	6,4	6,2	6,3	6,2
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,2	0,3	0,2	0,1
Gumpenstein	2013	5,4	5,5	5,8	5,6	6,2	6,1	6,1	6,0	6,3	6,4	6,3	6,1
	$\Delta \text{pH}^{2013/2008}$	-0,3	-0,5	0,0	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,2	0,0	0,1	0,0	0,0

Da sich alle untersuchten Standorte in dem nach Ulrich (1981) hinsichtlich Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung bzw. am Sorptionskomplex günstigen Silikat-Pufferbereich ($\text{pH} = 5\text{--}6,2$), bzw. im unteren Bereich des Karbonat-Pufferbereichs ($\text{pH} = 6,2\text{--}8,3$) befinden, kann von optimalen Voraussetzungen für eine Vielzahl an erwünschten Grünlandpflanzen gesprochen werden. Würde jedoch bei dauerhaftem Verzicht auf Düngung oder bei längerfristiger mineralischer Düngung der pH -Wert weiter in Richtung Aluminium- und Aluminium/Eisen-Pufferbereich absinken, so wäre auf diesen Standorten auf jeden Fall eine Kalkdüngung entsprechend den Vorgaben des BMLFUW (2017) zu empfehlen.

3.3.2 Phosphorgehaltswerte

Phosphor stellt sowohl für die Tier- als auch für die Pflanzenwelt eines der wichtigsten Hauptnährelemente dar. Als wichtiger Bestandteil von Phospholipiden, Nucleinsäuren, ATP und vielen weiteren Bestandteilen der pflanzlichen Zelle nimmt Phosphor eine zentrale Bedeutung im pflanzlichen Organismus ein (Blume et al., 2010, 412). Aufgrund der geringen Phosphorgehaltswerte in österreichischen Grünlandböden, welche speziell in Kombination mit geringer Kaliumversorgung geringere Erträge, schlechtere Futterqualität und deutlich rückläufige Leguminosenanteile verursachen (Bohner et al., 2012; Liebisch, 2011, 4; Pötsch et al., 2013b), und den limitierten Phosphorvorräten (Cordell et al., 2009; Rosemarin et al., 2009) steht eine mineralische Phosphordüngung im direkten Konflikt mit umweltrelevanten Aspekten. Zu hohe P-Gaben können wesentlich zur Gewässereutrophierung beitragen, vor allem die oberflächliche Erosion von Feinbodenbestandteilen sowie der präferenzielle Abfluss von Sickerwasser durch Makroporen verursachen hierbei erhebliche Phosphorverluste. Der steigende Preis und der teils hohe Cadmiumgehalt in apatitischen Phosphordüngermitteln, welcher erheblich zur Schwermetallbelastung der Böden beitragen kann, sind zusätzliche negative Aspekte einer ergiebigen mineralischen P-Düngung (Djadjic, 2016). In **Tabelle 25** sind die Gehaltsklassen an mg Phosphor pro 1000g Feinböden ersichtlich.

Tabelle 25: Einstufung der Phosphorgehalte (BMLFUW, 2017, 21)

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Ackerland	Grünland
		mg P/1000g	
A	sehr niedrig	unter 26	unter 26
B	niedrig	26 – 46	26 – 46
C	ausreichend	47 – 111	47 – 68
D	hoch	112 – 174	69 – 174
E	sehr hoch	über 174	über 174

3.3.2.1 Kobenz

Der Ausgangsgehalt im Jahr 2008 an CAL-löslichem Phosphor kann in den mit mineralischem Dünger und mit Mist/Jauche gedüngten Dreischnittflächen sowie auf den mit Gülle gedüngten Vierschnittflächen als ausreichend (Gehaltsklasse C) bezeichnet werden. Während die mit Gülle gedüngten Dreischnittflächen im Jahr 2008 als niedrig versorgt (Gehaltsklasse B) einzustufen sind, weisen die mineralisch und mit Mist/Jauche gedüngten Vierschnittflächen eine hohe Nährstoffversorgung (Gehaltsklasse D) auf.

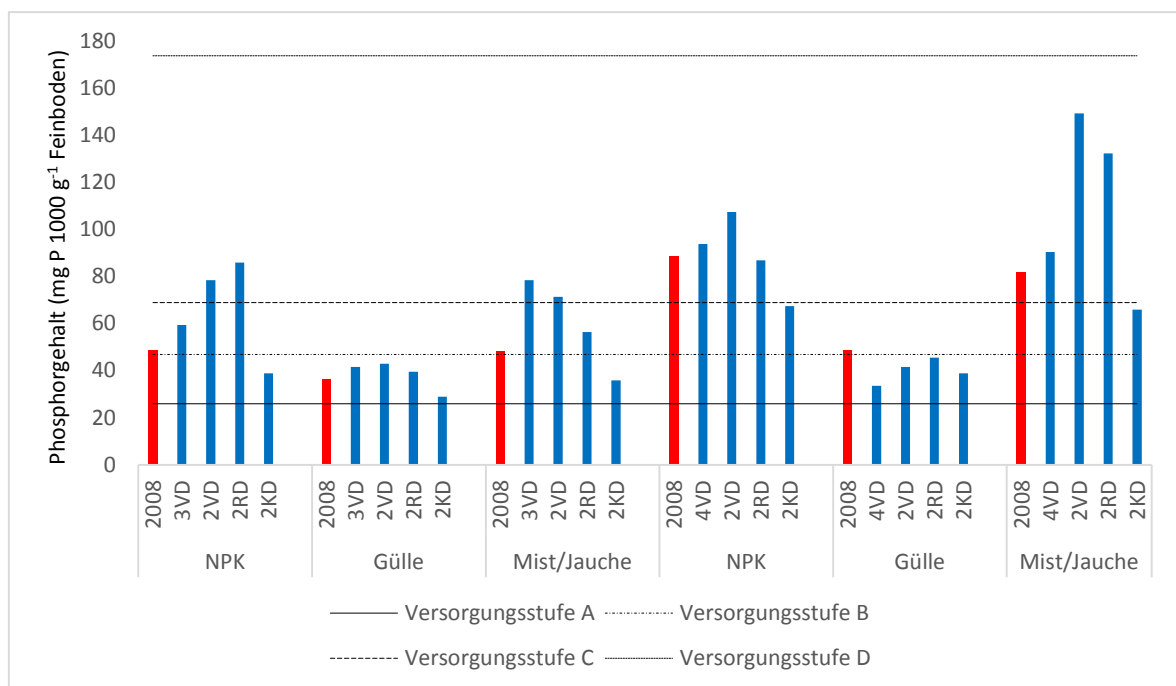


Abbildung 20: Phosphorgehalt des Bodens am Standort Kobenz des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

Mit Ausnahme der im Vierschnittblock mit Gülle gedüngten Flächen konnten aufgrund des positiven Saldos am Standort Kobenz (**Tabelle 26**) die Phosphorgehaltswerte auf allen gedüngten Flächen angehoben werden (**Abbildung 20**). Flächen, welche nach der Versuchs-

umstellung im Jahr 2010 keinen Dünger mehr erhielten, zeigten unabhängig vom vorausgegangenen Treatment im Jahr 2013 bereits deutlich geringere Phosphorgehaltswerte als im Jahr 2010. Vor allem nach reduzierter Schnitthäufigkeit und anhaltend hoher Düngung konnte ein Anstieg des Phosphorgehalts im Boden festgestellt werden. Aufgrund der vorhin genannten negativen Umweltauswirkung ist auf ausreichend versorgten Flächen unter dieser Bewirtschaftungsintensität von hohen P-Gaben abzuraten. Bei niedriger Nährstoffversorgung (Gehaltsklasse B) hingegen kann sogar ein Zuschlag von 25 % zu den Empfehlungen der Richtlinie für sachgerechte Düngung erfolgen. Flächen, welche sich in der Gehaltsklasse D befinden, dürfen jedenfalls keine zusätzliche mineralische Phosphordüngung erhalten. Eine Rückführung des Phosphors auf diesen Flächen mittels Wirtschaftsdünger ist jedoch möglich (BMLFUW, 2017, 52).

Tabelle 26: P_2O_5 -Zufuhr, Entzug und Bilanz ($kg\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) der einzelnen Varianten am Standort Kobenz (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	75	75	45	0	56	59	35	0	101	101	60	0
Entzug	24	24	20	16	22	20	18	16	23	20	19	19
Saldo	51	51	25	-16	34	38	17	-16	77	81	41	-19

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	100	100	45	0	57	59	36	0	90	92	57	0
Entzug	32	26	21	18	32	23	21	18	35	25	22	20
Saldo	68	74	24	-18	24	36	14	-18	55	67	35	-20

3.3.2.2 Winklhof

Im Vergleich zum Standort Kobenz weisen die untersuchten Parzellen am Standort Winklhof im Jahr 2008 deutlich geringere Phosphorgehaltswerte auf. So zeigen lediglich die mineralisch und Mist/Jauche gedüngten Vierschnittparzellen eine ausreichend hohe Nährstoffversorgung. Alle übrigen Flächen befinden sich in der Gehaltsklasse B (**Abbildung 21**).

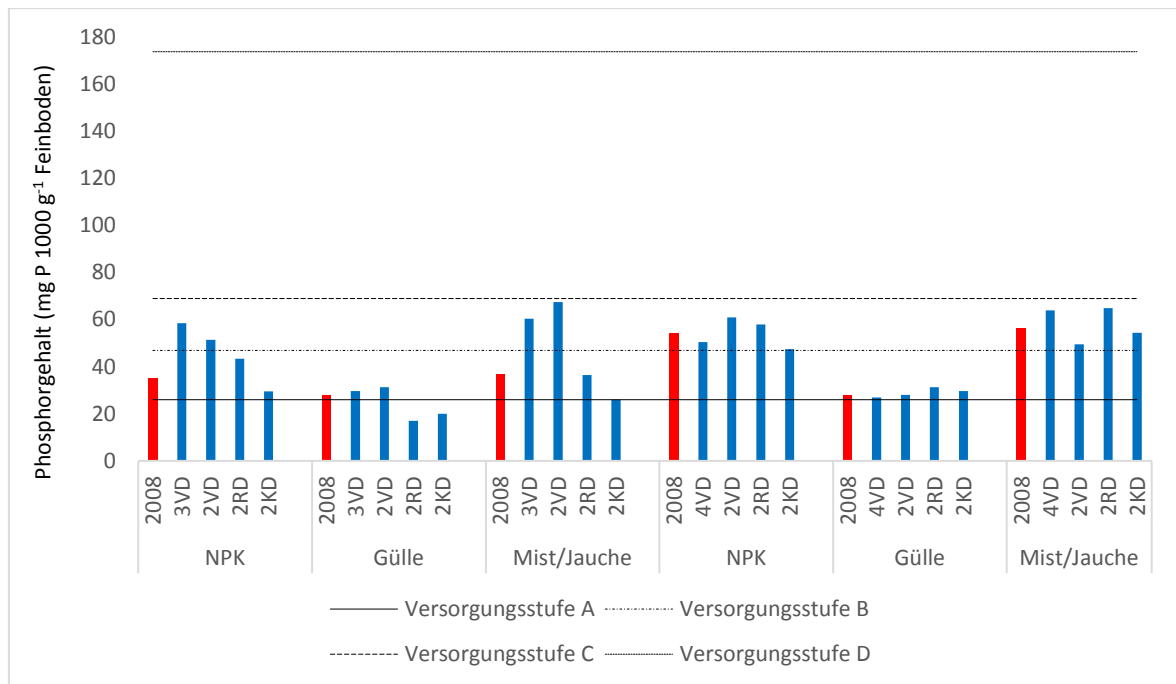


Abbildung 21: Phosphorgehalt des Bodens am Standort Winklhof des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

Insbesondere weisen die mit Gülle gedüngten Flächen geringe Phosphorgehaltswerte auf. Dies lässt sich durch den im Vergleich zu Stall- bzw. Rottemist niedrigen P_2O_5 -Gehalt in der Gülle erklären (BMLFUW, 2017, 75ff). Auch **Tabelle 27** zeigt, dass unter gleich hohem N-Input (**Tabelle 6**) die mit Gülle ausgebrachte Menge an Phosphor deutlich geringer ist als jene, die mit Mist/Jauche bzw. NPK appliziert wurde. Infolge der deutlich positiven Phosphorbilanz war es möglich, die Nährstoffversorgung von sehr gering auf gering anzuheben. Der höchste Anstieg konnte in den mineralisch bzw. mit Mist/Jauche gedüngten Dreischnittflächen verzeichnet werden. Auf den Vierschnittflächen, welche sich bereits im Jahr 2008 in Versorgungsstufe B befanden, wurden trotz des deutlich positiven Gesamtsaldos nur sehr mäßige Anstiege verzeichnet. Bei Teilnahme am Maßnahmenprogramm ÖPUL sollte die Düngung vornehmlich mit Wirtschaftsdüngern erfolgen. Liegen jedoch derart geringe Phosphorgehaltswerte vor (Gehaltsstufe A & B), wird eine P_2O_5 Ergänzung mit physiologisch sauer oder neutral wirkenden Phosphordüngern angeraten. Im Bereich der Gehaltsstufe A kann ein Zuschlag von 50 % zur empfohlenen Phosphordüngermenge gegeben werden, innerhalb der Gehaltsstufe B beläuft sich dieser Zuschlag auf 25 %. Wird auf diesen Flächen ein pH-Wert von > 6 vorgefunden, so ist je nach ÖPUL-Maßnahme auch der Einsatz von aufgeschlossenen leicht löslichen Phosphaten wie z.B. Superphosphat erlaubt, da weicherdiges Phosphat unter solcher Bodenreaktion keine Wirkung zeigt (BMLFUW, 2017, 52).

Tabelle 27: P_2O_5 -Zufuhr, Entzug und Bilanz ($kg\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) der einzelnen Varianten am Standort Winklhof (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	75	75	45	0	56	59	35	0	101	101	60	0
Entzug	36	27	26	20	36	26	24	23	34	27	25	25
Saldo	39	48	19	-20	20	33	11	-23	66	73	34	-25

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	100	100	45	0	57	59	36	0	90	92	57	0
Entzug	34	27	24	20	32	24	21	21	38	26	24	23
Saldo	66	73	21	-20	25	34	14	-21	52	66	33	-23

Der mineralische Phosphor wurde in den vorliegenden Versuchen auch in Form von Superphosphat ausgebracht. Hohe Niederschlagsmengen (1400 mm), wie sie am Standort Winklhof vorherrschen, in Kombination mit leicht löslichem Phosphor, können aber auch einen erhöhten Verlust an Phosphor aufgrund von steigender Oberflächenerosion zur Folge haben (Kleinman et al., 2006). Dies könnte eine Erklärung für die nur mäßigen Anstiege der Phosphorgehaltswerte trotz deutlich positiver Phosphorbilanzen am Standort Winklhof sein. Deshalb ist bei der Ausbringung von phosphorhaltigen Düngermitteln unbedingt auf die standortgegebenen Umweltbedingungen zu achten. Auch schlägt sich der geringe Phosphorgehalt in der Artenzusammensetzung nieder, so lässt sich der sehr geringe Anteil an Leguminosen (Ø 0,1 Gewichtsprozent) unter anderem durch die geringe Phosphorversorgung auf diesem Standort erklären (Stöcklin und Körner, 1999).

3.3.2.3 Gumpenstein

Innerhalb der drei untersuchten Standorte weist Gumpenstein im Jahr 2008 die mit Abstand höchsten Phosphorgehaltswerte auf. Mit Ausnahme der mit Gülle gedüngten Dreischnittparzellen, welche ausreichend mit Phosphor versorgt sind, befinden sich alle übrigen Parzellen in der Gehaltsklasse D und sind somit hoch versorgt (**Abbildung 22**). Auch im österreichischen Vergleich (Heinzlmaier et al., 2009) weisen diese Flächen erstaunlich hohe Gehaltswerte an Phosphor auf.

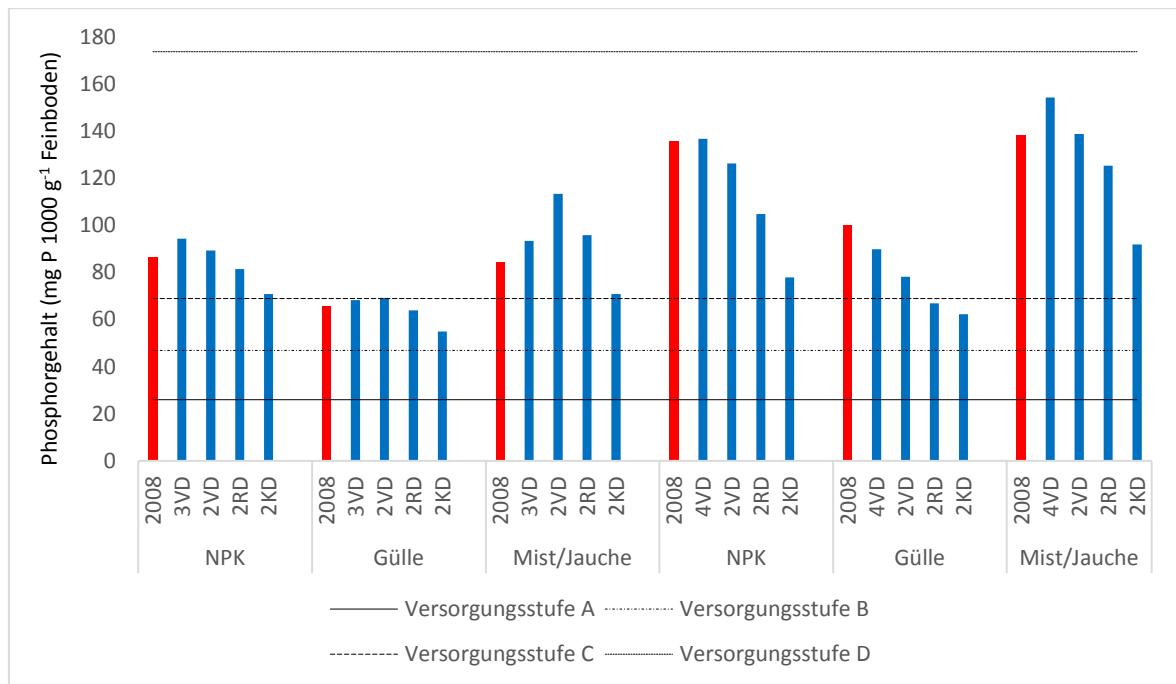


Abbildung 22: Phosphorgehalt des Bodens am Standort Gumpenstein des Jahres 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

Ähnlich wie am Standort Kobenz stiegen die Phosphorgehaltswerte vor allem auf den mineralisch und Mist/Jauche gedüngten Flächen während der Versuchsperiode weiter an. Aufgrund der begrenzt verfügbaren Phosphorquellen sowie umweltrelevanter Aspekte ist bei Vorliegen der Gehaltsstufe D nur eine Rückführung von Phosphor aus dem Wirtschaftsdünger erlaubt.

Tabelle 28: P_2O_5 -Zufuhr, Entzug und Bilanz ($kg\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) der einzelnen Varianten am Standort Gumpenstein (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	75	75	45	0	56	59	35	0	101	101	60	0
Entzug	39	31	25	13	31	26	19	15	29	22	21	19
Saldo	36	44	20	-13	25	33	16	-15	71	79	39	-19

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	100	100	45	0	57	59	36	0	90	92	57	0
Entzug	47	33	28	15	36	29	23	15	41	29	23	22
Saldo	53	67	17	-15	21	30	12	-15	49	63	33	-22

Trotz der zuvor bereits sehr gut mit Phosphor versorgten drei- bzw. vierschnittgenutzten Referenzparzellen wiesen diese im Jahr 2010 mit durchschnittlich 3,1 Gewichtsprozenten

einen geringen Leguminosenanteil auf. Durch die deutlich positiven Phosphorsalden konnte dieser Wert auf 6,0 % im Jahr 2013 gesteigert werden. Auf den schnittreduzierten Flächen konnte lediglich innerhalb der düngungsreduzierten Parzellen ein nennenswerter Anstieg des Leguminosenanteils (+2,5 %) verzeichnet werden.

3.3.3 Kaliumgehaltswerte

Kalium stellt für den pflanzlichen Organismus ein essentielles Element dar und wird in Form eines einwertigen Kations (K^+) aus der Bodenlösung aufgenommen. Nach Stickstoff ist Kalium das mengenmäßig wichtigste Element für Pflanzen. Zu den Hauptaufgaben des Kaliums zählen der Ausgleich des osmotischen Drucks und die Regulierung des Wasserhaushalts. Kalium weist eine sehr hohe Mobilität innerhalb der Pflanze auf und ist das meist vorhandene Kation im pflanzlichen Cytosol. Da auch auf gedüngten Flächen nur sehr wenig pflanzenverfügbares Kalium in der Bodenlösung vorhanden ist (ca. 5-15 kg ha⁻¹), müssen große Mengen an Kalium mittels Diffusion von Feststoffen in die Bodenlösung gelangen. Die größten K-Ressourcen weisen hierbei Dreischichttonminerale auf. Die Kaliumversorgung der Böden wird wie die Phosphorversorgung in Form des CAL-extrahierbaren Kaliums erfasst. Je tonreicher ein Standort ist, desto weniger anfällig ist er im Hinblick auf Kaliumauswaschung, allerdings neigen tonhältige Böden auch zur Kaliumfixierung. Kalium besitzt auf sandigen Standorten im Vergleich zu Phosphor jedoch ein stärkeres Auswaschungspotenzial, das jedoch im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor keine unmittelbare Belastung für Gewässer darstellt (BMLFUW, 2017, 64; Blume et al., 2010, 423 ff; Hawkesford et al., 2012). In **Tabelle 29** ist die Einstufung in die Gehaltsklassen in Abhängigkeit von mg Kalium pro 1000g Feinboden ersichtlich.

Tabelle 29: Einstufung der Kaliumgehalte (BMLFUW, 2017, 21)

		Ackerland			Grünland
		Bodenschwere/Tongehalt (%)			mg K/1000g
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht < 15	mittel 15 – 25	schwer > 25	
A	sehr niedrig	unter 50	unter 66	unter 83	unter 50
B	niedrig	50 – 87	66 – 112	83 – 137	50 – 87
C	ausreichend	88 – 178	113 – 212	138 – 245	88 – 170
D	hoch	179 – 291	213 – 332	246 – 374	171 – 332
E	sehr hoch	über 291	über 332	über 374	über 332

3.3.3.1 Kobenz

Am Standort Kobenz konnte auf den unveränderten Referenzflächen sowie auf den schnittreduzierten Flächen, welche volle bzw. reduzierte Düngegaben erhielten, eine Erhöhung des CAL-löslichen Kaliums im Vergleich zum Jahr 2008 festgestellt werden. Am deutlichsten fiel dieser Anstieg in den voll- bzw. reduziert gedüngten Zweischnittflächen aus.

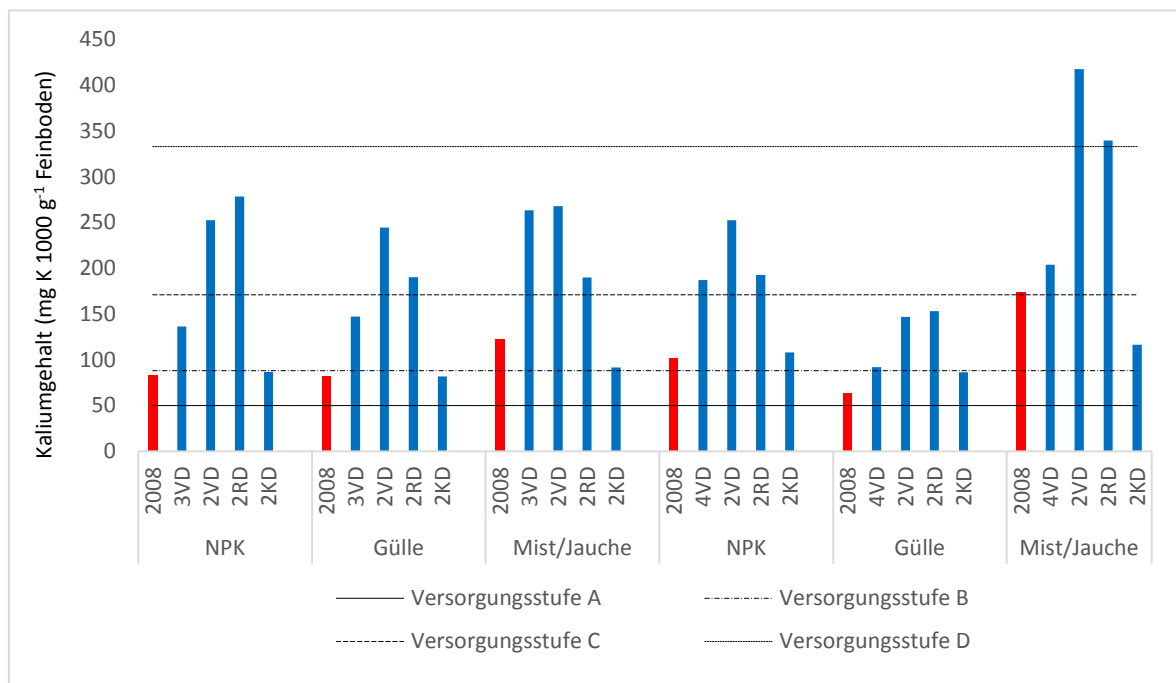


Abbildung 23: Kaliumgehalt des Bodens am Standort Kobenz im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

So konnte im Jahr 2013, mit Ausnahme der mit Gülle gedüngten Flächen im Vierschnittblock, auf allen Parzellen die Gehaltsstufe D festgestellt werden (**Abbildung 23**). Hinsichtlich der Kaliumsalden wurden vor allem auf den reduziert sowie ungedüngten Flächen teilweise stark negative Werte festgestellt. Die tendenziell negativsten Werte wurden auf den mit Gülle gedüngten Flächen ermittelt. Dies lässt sich vor allem auf den niedrigeren

Kaliumgehalt dieses Wirtschaftsdüngers im Vergleich zu Jauche oder Rottemist erklären (BMLFUW, 2017, 75ff). Trotz dieser negativen Salden gelang es auf nahezu allen Parzellen den Gehalt an CAL-löslichem Kalium zu steigern. Dies weist vor allem auf ein gutes Kaliumnachliefervermögen dieses Standortes hin. Von einer Erhöhung der Kalidüngung ist aufgrund der positiven Entwicklung im Hinblick auf die Gehaltsklassen, trotz der negativen Salden, abzuraten. Wie beim Phosphor darf bei Vorliegen der Gehaltsklassen D und E keine zusätzliche mineralische K_2O Düngung erfolgen, eine Rückführung über Wirtschaftsdünger ist jedoch zulässig (BMLFUW, 2017, 52).

Tabelle 30: K_2O -Zufuhr, Entzug und Bilanz ($kg\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) der einzelnen Varianten am Standort Kobenz (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	180	180	108	0	145	144	86	0	232	234	140	0
Entzug	191	178	136	95	159	145	125	93	171	141	137	116
Saldo	-11	2	-28	-95	-14	0	-40	-93	62	92	4	-116

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	240	240	108	0	142	144	87	0	236	242	144	0
Entzug	228	199	141	95	195	151	131	92	234	178	150	116
Saldo	12	41	-33	-95	-54	-7	-45	-92	2	63	-7	-116

3.3.3.2 Winklhof

Die Ausgangssituation am Standort Winklhof ist als nahezu identisch mit der des Standortes Kobenz zu beschreiben. Die mit Mist/Jauche gedüngten Flächen zeigten im Dreischnittblock eine ausreichende und im Vierschnittblock eine hohe Kaliumversorgung. Alle übrigen Parzellen wiesen hingegen eine niedrige Kaliumversorgung auf. Mit Ausnahme der Stufe 2KD, konnte auf allen Parzellen eine Steigerung der Kaliumgehaltswerte von 2008 bis 2013 festgestellt werden.

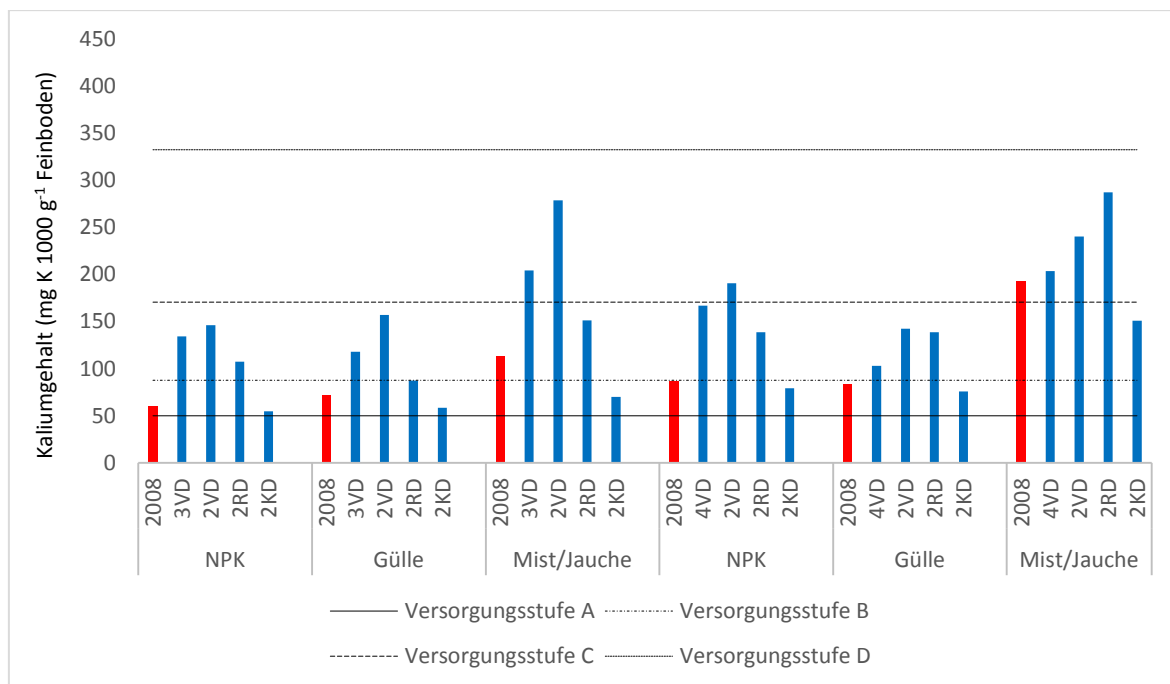


Abbildung 24: Kaliumgehalt des Bodens (mg 1000 g⁻¹ Feinboden) am Standort Winklhof im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

Hinsichtlich der Kaliumbilanzen ist auch am Standort Kobenz zu erkennen, dass die Sal- den in den mit Mist/Jauche gedüngten Flächen am deutlichsten im positiven Bereiche sind (**Tabelle 31**). Trotz der teils deutlich negativen Kaliumsalden gelang es auch am Standort Winklhof die Nährstoffversorgung der Böden anzuheben.

Tabelle 31: K₂O-Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha⁻¹ Jahr⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Winklhof (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	180	180	108	0	145	144	86	0	232	234	140	0
Entzug	191	163	133	80	167	145	117	89	182	162	135	105
Saldo	-11	17	-25	-80	-22	-1	-32	-89	50	72	6	-105

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	240	240	108	0	142	144	87	0	236	242	144	0
Entzug	207	165	125	84	165	133	114	81	232	155	131	122
Saldo	33	75	-17	-84	-24	12	-27	-81	4	87	12	-122

3.3.3.3 Gumpenstein

Auch am Standort Gumpenstein zeigt sich ein ähnliches Bild hinsichtlich der Kaliumversorgung im Jahr 2008. Die mit Mist/Jauche gedüngten Vierschnittflächen zeigen eine hohe Nährstoffversorgung. Auf diesen Flächen konnten trotz der deutlich positiven Salden während des Versuchsverlaufes keine Steigerung der Nährstoffversorgung erreicht werden. Alle anderen Parzellen wiesen im Jahr 2008 eine niedrige-ausreichende Nährstoffversorgung auf.

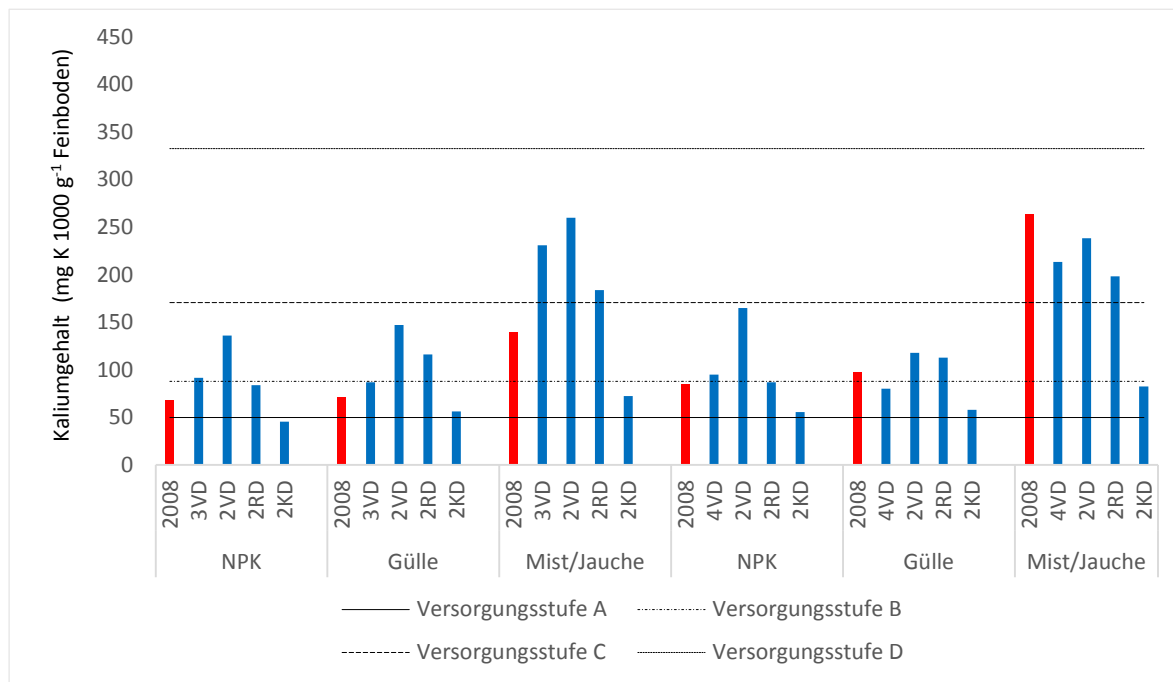


Abbildung 25: Kaliumgehalt des Bodens (mg 1000 g⁻¹ Feinboden) am Standort Gumpenstein im Jahr 2008 und der einzelnen Varianten im Jahr 2013

Am Standort Gumpenstein kam es auf allen untersuchten Parzellen (Ausnahme: Mist/Jauche gedüngte Flächen im Vierschnittblock) zu einer Anhebung des Kaliumgehaltes im Boden (**Abbildung 25**). Im Vergleich zu den anderen Standorten fiel die durchschnittliche Steigerung der Nährstoffversorgung über alle untersuchten Parzellen mit +8 g je 1000 g⁻¹ Feinboden während der Versuchsperiode am geringsten aus. Winklhof lag hier mit +44 g je 1000 g⁻¹ Feinboden im Mittel und am Standort Kobenz fand mit + 74 g je 1000 g⁻¹ Feinboden die durchschnittlich höchste Nährstoffanreicherung im Boden statt. Mit dem CAL-Extraktionsverfahren wird annähernd der Kapazitätsfaktor, welcher Aussagen über den verfügbaren Nährstoffvorrat im Boden zulässt, ermittelt. Die CAL- Methode liefert keine Informationen über den Intensitäts- bzw. Kinetikfaktor, deshalb können die ermittelten Gehaltswerte laut Böhner (2014) nicht als pflanzenverfügbar bezeichnet werden.

In der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (BMLFUW, 2017) wird der Begriff „pflanzenverfügbar“ auch ganz bewusst unter Anführungszeichen gesetzt, um auf die zusätzlichen Einflussfaktoren zur Verfügbarkeit von Nährstoffen hinzuweisen. Die Verfügbarkeit an Kalium hängt zu einem ganz wesentlichen Teil von der Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung ab. Diese Nährstoffkonzentration wird zum einen vom Nachlieferungspotential des Bodens beeinflusst, kann aber auch durch den Landwirt mittels Düngung wesentlich gesteuert werden (Hawkesford et al., 2012).

Tabelle 32: K₂O-Zufuhr, Entzug und Bilanz (kg ha⁻¹ Jahr⁻¹) der einzelnen Varianten am Standort Gumpenstein (Ø 2010 - 2013)

Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	180	180	108	0	145	144	86	0	232	234	140	0
Entzug	206	172	115	30	138	125	80	34	161	119	103	62
Saldo	-26	8	-7	-30	7	20	5	-34	71	114	37	-62

Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr	240	240	108	0	142	144	87	0	236	242	144	0
Entzug	240	191	116	47	145	131	88	40	207	172	111	86
Saldo	0	49	-8	-47	-4	13	-1	-40	28	70	33	-86

3.3.4 Stickstoffbilanzierung

Als integraler Bestandteil von Aminosäuren, Proteinen, Vitaminen, Chlorophyll, Coenzymen, Phytohormonen und vielen weiteren organischen Verbindungen ist Stickstoff das nach Kohlenstoff mengenmäßig zweitwichtigste Element im pflanzlichen Organismus. Stickstoff kann von den Pflanzen in Form von Nitrat (NO₃⁻) und Ammonium (NH₄⁺) aufgenommen werden. Pflanzenverfügbarer Stickstoff kann über legume Bindung des atmosphärischen Stickstoffs (N₂-Bindung), über Mineralisation des im Boden gespeicherten organischen Stickstoffs (größtenteils Amino-(NH₂)-Gruppen) zu Ammoniumstickstoff, über Deposition und mittels Düngung in den Boden gelangen (Blume et al., 2010, 401 ff; Hawkesford et al., 2012). Der vorhergesagte weltweite Bedarf an Stickstoff für die Düngung für das Jahr 2017 beläuft sich auf etwa 115 Millionen Tonnen (FAO, 2016). Es gibt grundsätzlich folgende drei Methoden, um eine Nährstoffbilanzierung zu berechnen:

- Hoftorbilanz
- Bodenbilanz und
- Flächenbilanz.

Der Unterschied zwischen diesen Bilanzierungsmethoden ergibt sich aus den Grenzen, welche für die Berechnung gezogen werden. Bei der Hofbilanz werden für die Berechnung alle Nährstoffe, welche das "Hoftor" passieren bzw. verlassen, berücksichtigt. Für die Bodenbilanz stellt, wie der Name bereits sagt, der Boden die Grenze dar. Alle Nährstoffe, welche in den Boden eindringen bzw. den Boden verlassen, werden in der Berechnung berücksichtigt, Informationen über mineralische und organische Düngermengen sind notwendig. Ähnliches gilt für die Flächenbilanz, hierbei werden jedoch auch die Verluste der Wirtschaftsdüngerapplikation und Wirtschaftsdüngerimport bzw. Export miteinbezogen (Eurostat, 2013, 18f; Leip et al., 2011). Aufgrund der deutlich positiven Stickstoffbilanzen in Österreich während der letzten Jahrzehnte (**Abbildung 26**) und des großen Eutrophierungspotenzials von Stickstoff (Pötsch, 2015, Markensten, 2016) wurde Betrieben, welche an der 2. Maßnahme, Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker und Grünlandflächen des Österreichischen Programmes zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft teilnahmen, folgende Voraussetzung auferlegt: Der Saldo für den gesamtjahreswirksamen Stickstoff am Betrieb und des gesamtbetrieblichen Stickstoffbedarfs abzüglich der Vorfruchtwirkung muss null oder negativ sein (BMLFUW, 2007b, 7ff).

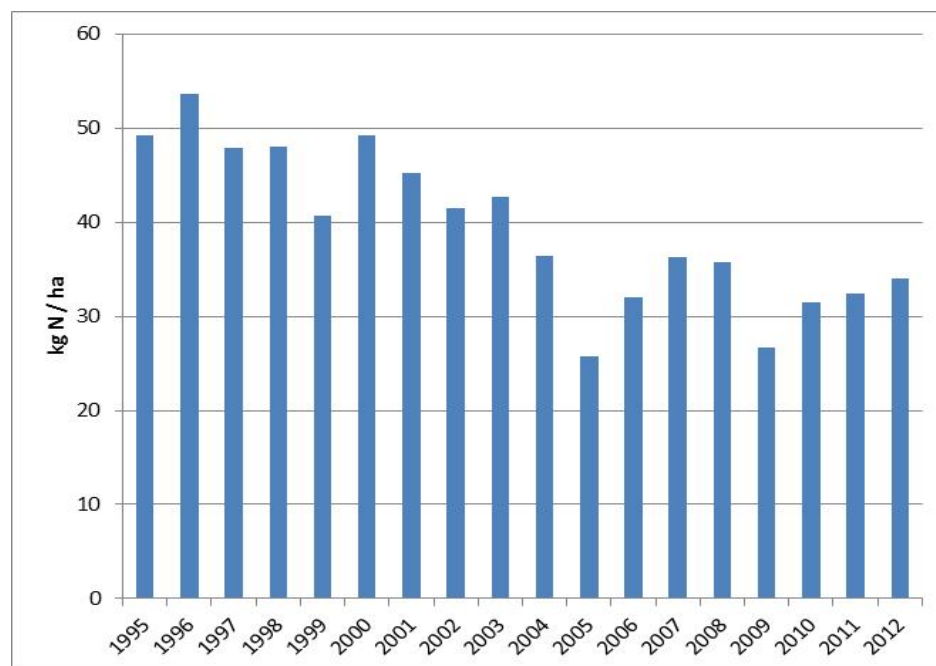


Abbildung 26: Stickstoffbilanz der österreichischen Landwirtschaft (Umweltbundesamt, 2017)

Tabelle 33: Stickstoffzufuhr, N-Deposition, legume N-Bindung und Bilanz (kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹) der unterschiedlichen Varianten auf den einzelnen Standorten (Ø 2010-2013)

Kobenz Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	150	150	90	0	131	131	78	0	136	136	81	0
Ø Deposition	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Legume N-Bindung	7	3	6	28	9	7	14	30	9	12	23	32
Entzug	145	132	93	86	117	105	90	87	113	94	97	99
Saldo	20	29	12	-49	30	41	10	-49	40	61	15	-58

Kobenz Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	200	200	90	0	181	181	78	0	186	186	81	0
Ø Deposition	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Legume N-Bindung	5	1	3	12	6	2	6	11	9	4	11	15
Entzug	196	146	97	76	191	121	96	75	190	124	98	96
Saldo	18	63	4	-55	4	70	-3	-56	12	74	2	-72

Winklhof Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	150	150	90	0	131	131	78	0	136	136	81	0
Ø Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Legume N-Bindung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entzug	183	156	130	97	174	129	114	105	158	122	114	119
Saldo	-14	14	-21	-77	-24	21	-16	-86	-3	33	-13	-99

Winklhof Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	200	200	90	0	181	181	78	0	186	186	81	0
Ø Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Legume N-Bindung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entzug	230	164	114	99	221	141	104	105	237	139	110	116
Saldo	-10	55	-5	-80	-21	59	-6	-86	-32	66	-9	-97

Gumpenstein Dreischnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD	3VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	150	150	90	0	131	131	78	0	136	136	81	0
Ø Deposition	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Legume N-Bindung	3	1	2	1	6	2	3	2	11	5	7	4
Entzug	161	139	100	46	120	102	74	53	115	86	83	65
Saldo	-1	19	-1	-38	24	37	14	-43	40	62	13	-53

Gumpenstein Vierschnittblock	NPK				Gülle				Mist/Jauche			
	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD	4VD	2VD	2RD	2KD
Zufuhr - Dünger	200	200	90	0	181	181	78	0	186	186	81	0
Ø Deposition	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Legume N-Bindung	1	1	0	1	4	1	2	0	8	3	3	4
Entzug	228	152	104	50	179	132	83	51	197	131	82	72
Saldo	-20	57	-6	-42	12	57	5	-43	4	65	10	-61

In dieser Arbeit wurde eine etwas modifizierte Form der Flächenbilanz angewandt. Zu den Inputparametern zählen die zugeführten mineralischen sowie organischen Dünger, Deposition von reduziertem Stickstoff (NH_3 , NH_4^+) sowie oxidiertem Stickstoff (HNO_3 , NO_3^-) und Stickstoff, welcher über legume Bindung im Boden fixiert wurde.

Da sich bei einigen Untersuchungen herausstellte, dass Wirtschaftsdünger aufgrund ihrer Direkt- und Nachwirkung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit in den Angaben der Richtlinie für sachgerechte Düngung oftmals unterschätzt werden, wurde in der vorliegenden Arbeit eine Wirksamkeit von 100 % des feldfallenden Stickstoffs unterstellt (Pötsch, 2008a, 26; Pötsch und Resch, 2008). Der Entzug wurde über den Stickstoffgehalt des Erntematerials ermittelt. Betreffend den N-Vorrat im Boden wurde ein Gleichgewicht von N-Mineralisation und N-Immobilisation während der Versuchsperiode unterstellt. Etwaige Auswaschungs- bzw. Erosionsverluste wurden in dieser Bilanzierung nicht berücksichtigt. Eine ausgeglichene bzw. negative Bilanz, wie sie vom ÖPUL gefordert wird, konnte auf allen schnittreduzierten Flächen, welche keine Düngung erhielten, erreicht werden. Obwohl am Standort Winklhof die höchsten Depositionseinträge zu verzeichnen waren, konnte auch auf allen Flächen der Stufe 2RD ein negativer Gesamtsaldo ermittelt werden. Erklären lässt sich dies anhand der deutlich höheren N-Entzüge über das Erntegut aufgrund von deutlich höheren TM-Erträgen bei annähernd gleich hohem Rohproteingehalt auf diesem Standort und anhand der Tatsache, dass es aufgrund des Fehlens von Leguminosen zu keiner Fixierung von N_2 gekommen ist. In den unveränderten Referenzparzellen kam es in Abhängigkeit von Standort und Düngerart zu sehr heterogenen Ergebnissen. So konnten auf den Standorten Kobenz und Gumpenstein mit +40 kg N nach Mist/Jauche-Düngung im Jahresdurchschnitt die höchsten Werte innerhalb dieser Stufe erreicht werden, während am Standort Winklhof mit -32 kg N der negativste Saldo innerhalb der Stufe 4VD nach Mist/Jauche Düngung errechnet wurde. Das ergibt für Kobenz und Gumpenstein einen Überschuss von ca. 160 kg N und für Winklhof ein Defizit von 126 kg N für die beschriebenen Varianten bezogen auf die gesamte Dauer der Versuchsperiode. Die absolut höchsten Salden wurden innerhalb der Vierschnittblöcke in der Stufe 2VD berechnet, hier konnten Werte von +74 kg N (Standort Kobenz) im Jahresdurchschnitt ermittelt werden. Auf diesen Flächen ist es angesichts der niedrigeren Schnittfrequenz und des daraus resultierenden geringen Rohproteingehaltes nicht gelungen, den zugeführten Stickstoff wieder abzutransportieren. Daher erscheint es unbedingt erforderlich, bei einer Reduktion der Nutzungsfrequenz auch eine daran angepasste Reduktion des Düngungsniveaus gemäß den Richtlinien für die sachge-

rechte Düngung vorzunehmen. Unterschiedliche Düngungsniveaus wirken sich stark auf Nutzungshäufigkeit bzw. Nutzungszeitpunkt aus (Pötsch, 2012), deswegen kommt der Anpassung der Düngungsintensität infolge einer Nutzungsreduktion eine zentrale Bedeutung zu. Überdies wird das Ertragspotential eines Grünlandstandortes wesentlich von standortbedingten Faktoren beeinflusst, weshalb eine standortangepasste Bewirtschaftungsintensität unerlässlich ist. Böden weisen allgemein eine gewisse Stickstoffspeicherkapazität über N-Immobilisierung auf, ein über eine längere Zeitperiode andauernder Überschuss an Stickstoff in dieser Größenordnung führt jedoch zunehmend zu Belastungen für die Umwelt, vor allem in Form von Denitrifikation und erhöhten Nitratwerten im Grundwasser (Watson und Foy, 2001). Um derartige Belastungen für Mensch und Umwelt zu vermeiden, wurde das Aktionsprogramm-Nitratrichtlinie als Umsetzung der EU-Richtlinie (91/676 EWG) eingeführt. Die Düngerapplikation ist in Österreich des Weiteren über das WASSERRECHTSGESETZ 1959 idF BGBl. I Nr. 58/2017 und die TRINKWASSERVERORDNUNG 2001 idF BGBl. II Nr. 208/2015 gesetzlich geregelt.

3.4 Betriebswirtschaftlicher Aspekt

Mithilfe dieser agrarökonomischen Analyse wird versucht, die einzelnen Treatments mithilfe der Internetanwendung "IDB – Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten" monetär zu bewerten. Dieses Programm dient zur raschen Entscheidungshilfe für Landwirte, anhand einer Vielzahl einzustellender Parameter können verschiedenste Produktionssysteme simuliert werden. Deckungsbeiträge für diverse Produktionsverfahren werden basierend auf österreichischen Durchschnittsdaten berechnet (AWI, 2009). Aufgrund der in dieser Versuchsreihe teilweise deutlich niedrigeren Futterqualitäten im Vergleich zu den Voreinstellungen der Internetanwendung wurden die Futtermittel dieses Versuchs monetär nach der Methode Löhr (1958) bewertet. Methodisch wird dabei die Preiswürdigkeit für Milchvieh anhand zweier wertbestimmender Inhaltsstoffe, Rohprotein und Energie, mithilfe der aktuellen Preise von Standardeiweiß- bzw. Energiefuttermittel, verglichen. Da mit dieser Methode nur zwei Inhaltsstoffe berücksichtigt werden und der Gehalt an Spurenelementen, Vitaminen und weiteren wichtigen Inhaltsstoffen nicht beachtet wird, dient dieses Verfahren nur als erste Näherung (Groß, 2010). Bei der Interpretation von **Tabelle 34** wird ersichtlich, dass sich im Vierschnittblock deutlich höhere Deckungsbeiträge im Vergleich zum Dreischnittblock, trotz der höheren variablen Kosten, ermitteln ließen. Dies ist vor allem auf die bessere monetäre Bewertung je Dezitonne Erntematerial, aufgrund der deut-

lich besseren Futterqualitäten, sowie auf den im Durchschnitt höheren TM-Ertrag zurückzuführen. Die Referenzparzellen schneiden innerhalb der einzelnen Treatments ausnahmslos am schlechtesten ab. Das lässt sich ganz einfach anhand der Tatsache erläutern, dass für dieses Treatment keine zusätzliche Förderung veranschlagt wurde.

Tabelle 34: Deckungsbeitragsberechnung der einzelnen Treatments mittels AWI Deckungsbeitragsrechner

Treatment	TM-Ertrag	Wertbestimmende Inhaltsstoffe		Monetärer Futterwert nach Nährstoffen ¹	Deckungsbeitrag	
	(dt ha ⁻¹)	g XP kg ⁻¹ TM	MJ NEL kg ⁻¹ TM	€ dt ⁻¹ FM inkl. 13% MwSt.	€ ha ⁻¹	€/Gesamtfläche (20 ha)
3VD NPK	94,2	108,4	4,8	4,81	-6,90	-138,00
2VD NPK	99,4	89,7	3,5	3,76	-142,70	1.726,20
2RD NPK	85,1	79,6	3,8	3,66	-50,20	1.818,70
2KD NPK	52	91,6	4,0	4,04	140,70	2.009,60
3VD Gülle	81,8	104,5	5,0	4,81	-28,30	-566,00
2VD Gülle	85	82,3	3,7	3,68	-164,10	1.298,20
2RD Gülle	72,5	79,6	3,9	3,71	-56,50	1.405,80
2KD Gülle	57,1	89,2	4,0	3,98	156,40	1.618,70
3VD M/J	77,6	103,0	5,1	4,82	-169,10	-3.382,00
2VD M/J	80,3	79,1	3,8	3,65	-299,70	-1.512,60
2RD M/J	75	81,8	4,3	3,94	-75,70	-1.288,60
2KD M/J	65,9	88,7	3,8	3,88	170,90	-1.042,00
4VD NPK	91,5	150,3	4,9	5,85	39,30	786,00
2VD NPK	105,8	91,5	3,2	3,66	-282,00	2.464,70
2RD NPK	84,5	77,8	3,6	3,52	-81,90	2.664,80
2KD NPK	52,6	88,3	3,8	3,87	123,70	2.870,40
4VD Gülle	85,1	144,9	5,0	5,77	91,60	1.832,00
2VD Gülle	95,9	85,5	3,3	3,57	-214,80	3.525,60
2RD Gülle	73,8	79,9	3,7	3,62	-66,40	3.674,00
2KD Gülle	55,7	86,0	3,7	3,77	120,40	3.860,80
4VD M/J	92,3	140,8	5,1	5,72	32,90	658,00
2VD M/J	98,7	83,4	3,3	3,52	-322,70	2.302,40
2RD M/J	75,5	79,7	3,8	3,66	-117,50	2.507,60
2KD M/J	68	86,6	3,9	3,87	180,10	2.805,20

Innerhalb der schnittreduzierten Flächen wurde für jedes Treatment eine ÖPUL Förderung von 100 € ha⁻¹ miteinkalkuliert. Das entspricht der Förderhöhe der 2. Maßnahme im ÖPUL

¹ Berechnet nach der Methode Löhr: In dieser Berechnung wurden Sojaektraktionsschrot (440 g XP/kg FM; 7,6 MJ NEL/kg FM; 40€ dt⁻¹ inkl. 13% MwSt.) und Winterweizen (121 g XP/kg FM; 7,51 MJ NEL/kg FM; 18,19€ dt⁻¹ inkl. 13% MwSt.) für die Bewertung herangezogen.

für Mähwiesen und Mähweiden ab 2 Nutzungen, unter der Voraussetzung, dass mehr als 0,5 RGVE ha⁻¹ gehalten werden (BMLFUW, 2007a, 37). Unabhängig von der Düngerart wurden in den Stufen 2VD die geringsten Deckungsbeiträge gefolgt von der Stufe 2RD ermittelt. Ausschlaggebend für dieses Ergebnis ist, dass proportional variable Kosten vorliegen. Mit abnehmender Bewirtschaftungsintensität (2VD > 2RD > 2KD) sinken die variablen Gesamtkosten im selben Verhältnis. Verstärkt wird das Ergebnis durch die steigenden Futterqualitäten infolge reduzierter Düngung (**Tabelle 12, Tabelle 14, Tabelle 19**). Die geringsten Deckungsbeiträge in Abhängigkeit von Düngerart wurden sowohl im Drei- als auch im Vierschnittblock für die Mist/Jauche gedüngten Flächen ermittelt. Insbesondere der höhere Gehalt an P₂O₅ und K₂O dieses Düngers, welcher anhand von Reinnährstoffkosten² in den variablen Kosten berücksichtigt wurde, und der zum Teil geringere Ertrag sind maßgeblich an diesem Ergebnis beteiligt. Bei Vernachlässigung etwaiger Ausbrun- gungsverluste, unterschiedlicher Wirksamkeiten von Wirtschaftsdüngern oder differenzierter Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Nährstoffe, kommt Wilkinson (1979) zu einem nach den Rohnährstoffen N, P₂O₅, K₂O bewerteten Wert von 5,07 \$ t⁻¹ Festmist und 2,27 \$ 1000l⁻¹ Gülle jeweils aus der Milchviehhaltung. Aktuell wird Rindergülle in Österreich in Anlehnung an Reinnährstoffkosten und an den Humusersatzwert mit 20€/m³ gehandelt (Pötsch, 2017). Da die Wertigkeit von Wirtschaftsdünger mit zunehmenden Rohnährstoffpreisen zunimmt (Beauchamp et al., 1982) und die damaligen verwendeten Rohnährstoffpreise (0,463 \$ kg⁻¹ N, 0,353 \$ kg⁻¹ P₂O₅ und 0,176 \$ kg⁻¹ K₂O) im Vergleich zu den heutigen sehr gering waren, wurden die Wirtschaftsdünger in dieser Berechnung finanziell stärker bewertet. Gleichwohl wurde auch in dieser Bewertung das Mist/Jauche System monetär stärker gewichtet. Das aus rein ökonomischer Sicht betrachtet beste Ergebnis liefert jene Variante, bei der eine ÖPUL-Teilnahme sowie eine sonst viermalige Nutzung in Kombination mit Gülledüngung erfolgt und die Biodiversitätsflächen keine Düngung erhalten. Unter diesen Annahmen ergibt sich ein Deckungsbeitrag von 3860 € 20ha⁻¹ bzw. 193 € ha⁻¹.

² Der Nährstoffgehalt der Dünger wurde mit folgenden Preisen für Reinnährstoffe bewertet:

- N: 1.2 € kg⁻¹,
- P₂O₅: 1.12 € kg⁻¹,
- K₂O: 0.77 € kg⁻¹ (inkl. 20 % MwSt.)

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, die Auswirkungen einer Nutzungsreduktion in Kombination mit verschiedenen hohen Düngungsintensitäten anhand einer Versuchsumstellung auf wichtige pflanzenbauliche, botanische, bodenkundliche sowie betriebswirtschaftliche Parameter auf Dauergrünland zu ermitteln. Die wichtigsten Ergebnisse dieser vierjährigen Versuchsserie werden wie folgt zusammengefasst:

4.1 Pflanzenbauliche Kennwerte

Der TM-Ertrag wird signifikant von der Schnitthäufigkeit, der Düngungsintensität und der Düngerart beeinflusst, wobei die Kombination von zwei Schnitten und voller Düngungsintensität die höchsten Erträge mit sich brachte. Beim Vergleich der Dünger konnte ein Trend zu höheren Erträgen nach mineralischer Düngung festgestellt werden. Auf den ungedüngten Zweischnittflächen wurden aufgrund der verzögerten und damit längerfristig wirksamen Nährstoffverfügbarkeit von Wirtschaftsdüngern, auf den im Vorversuch mit Mist/Jauche gedüngten Flächen, die höchsten Erträge ermittelt. Hinsichtlich der Futterqualität wiesen die Vierschnittflächen sowohl den höchsten Protein- als auch den höchsten Energiegehalt auf. Eine negative Korrelation zwischen Düngungsintensität und Futterqualität auf den schnittreduzierten Flächen wurde aufgrund einer rascheren physiologischen Entwicklung der Pflanzenbestände ermittelt. Da der erste Aufwuchs bezüglich Futterqualität als heterogener einzustufen ist, kann auf eine höhere Nutzungselastizität der Folgeaufwüchse geschlossen werden.

4.2 Botanische Kennwerte

Um die biodiversitätsfördernden Wirkungen der im ÖPUL 2007 und ÖPUL 2015 geforderten Maßnahmen quantitativ bestimmen zu können, wurden die floristische Diversität und die Blühwertigkeit der Pflanzenbestände unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten ermittelt. Nach einer Nutzungsreduktion zeigte ein vollständiger Düngeverzicht den stärksten Anstieg an Phytodiversität. Eine zweimalige Nutzung in Kombination mit vollem Düngereinsatz hatte die geringste floristische Vielfalt als Konsequenz, da sich nur einige wenige, vor allem nitrophile Gräser- und Kräuterarten durchsetzen konnten. Ferner war zu beobachten, dass auch dreischurig genutzte Flächen mit ange-

passster Düngungsintensität eine hohe pflanzliche Diversität aufweisen. Ähnlich wie bei der floristischen Diversität, konnten auf den zweimalig genutzten Flächen mit Verzicht auf Düngung die höchste Blühwertigkeit für Bienen, Wildbienen und Schwebfliegen festgestellt werden. In punkto Blühwertigkeit zeigten die drei- bzw. vierschnittgenutzten Referenzflächen mit vollem Düngereinsatz im Durchschnitt die zweitbesten Ergebnisse. Trotz der deutlich geringsten Anzahl an Blühpunkten im Referenzjahr 2005 konnte am Standort Winklhof relativ betrachtet ein sehr starker Anstieg in den Dreischnittflächen verzeichnet werden. Daraus lässt sich ableiten, dass vor allem der Faktor Zeit eine wichtige Rolle für eine positive floristische Entwicklung von Pflanzenbeständen darstellt.

4.3 Bodenkundliche Kennwerte

Alle Standorte befanden sich während der gesamten Versuchsdauer im optimalen pH-Bereich. Innerhalb der gedüngten Flächen wurde ein leichter Trend zu geringeren pH-Werten nach mineralischer Düngung beobachtet. Auch nach einem Düngungsverzicht wurde aufgrund der natürlichen Bodenversauerung eine höhere Bodenazidität festgestellt. Diesem Prozess kann mit einer standortangepassten Wirtschaftsdüngerapplikation entgegengewirkt werden. Bezüglich der Phosphorversorgung zeigte sich auf den drei untersuchten Standorten eine sehr heterogene Ausgangssituation, während die Böden am Standort Gumpenstein eine hohe P-Versorgung aufwiesen, zeigten die Böden am Standort Winklhof nur geringe P-Gehaltswerte. Unabhängig von den Standorten konnten auf den zweischürigen Flächen mit vollen Düngergaben die Gehaltswerte am deutlichsten angehoben werden. Die ungedüngten Flächen zeigten standortunabhängig einen Rückgang der P-Versorgung auf sämtlichen Versuchspartzen. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft ist vor allem auf den ausreichend versorgten Flächen eine P-Rücklieferung mithilfe von Wirtschaftsdüngern durchzuführen, um die knapp vorhandenen Phosphorressourcen zu schonen. Die im Durchschnitt niedrig bis ausreichend mit Kalium versorgten Flächen wurden hinsichtlich ihres Kaliumgehaltes auf den Zweischnittflächen, welche eine volle Düngung erhielten, deutlich gesteigert. Trotz der teilweise auftretenden negativen K-Salden wurden auch die Gehaltsklassen der unveränderten Referenzpartzen sowie der reduziert gedüngten Zweischnittflächen gesteigert, wodurch auf ein gutes Kaliumnachlieferungsvermögen der Böden geschlossen werden kann. Unter Einbeziehung aller zur Verfügung stehenden In- bzw. Output-Parameter wurde versucht, eine möglichst realistische Stickstoffbilanzierung durchzuführen. Im Sinne der ÖPUL-Auflagen konnten in allen reduziert und nicht gedüngten

Zweischmittflächen nahezu ausgeglichene bzw. negative Stickstoffbilanzen errechnet werden. Aufgrund des hohen Eutrophierungspotenzials von Stickstoff ist es von essentieller Bedeutung, dass die Düngung auf die jeweilige Nutzungsintensität und die standortspezifischen Gegebenheiten angepasst wird.

4.4 Betriebswirtschaftlicher Aspekt

Anhand der unterstellten Annahmen schneiden die am ÖPUL teilnehmenden Betriebe in der ökonomischen Bewertung am besten ab. Unter den teilnehmenden Betrieben werden jene, welche ihre Biodiversitätsflächen mit Verzicht auf jegliche Düngung bewirtschaften, am besten bewertet. Dies lässt sich trotz geringerer Erträge anhand von sinkenden variablen Kosten sowie höheren Futterqualitäten erklären.

4.5 Ausblick

Die biodiversitätsfördernden Maßnahmen aus dem österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft zeigen, dass es möglich ist, mit einer Kombination aus Nutzungs- und Düngungsreduktion die floristische Vielfalt der heimischen Grünlandbestände und damit die Attraktivität dieser Standorte für Insekten effektiv zu steigern. Divergent zum ÖPUL 2007 ist es seit Inkrafttreten des ÖPUL 2015 notwendig, die Biodiversitätsflächen während der gesamten Programmperiode auf demselben Standort zu belassen. Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse kann diese zusätzliche Fördervoraussetzung als besonders effektiv bezeichnet werden. Aufgrund der in Österreich sehr heterogen vorherrschenden Standortbedingungen ist es jedoch schwierig, mit einem flächendeckend einheitlichen Programm das Optimum auf jedem Standort zu erreichen. So kann auf intensiven Standorten eine dreimalige Nutzung durchaus positive Auswirkungen zeigen, wohingegen in benachteiligten Gebieten eine Reduktion auf zwei Schnitte mehr Sinn ergibt. Aus rein fachlicher Sicht gesehen, würde eine räumlich optimale Positionierung der Biodiversitätsflächen, mit möglicherweise sogar weniger Fläche, einen weiteren positiven Beitrag zu den im ÖPUL gesteckten Zielen gewährleisten. Da Nutzungsrestriktionen sehr häufig nachteilige Effekte bezüglich Ertrag und Futterqualität mit sich bringen, muss eine Weiterführung adäquater Förderungsprogramme gewährleistet werden, um die schützenswerte österreichische Kulturlandschaft weiterhin erhalten und gegebenenfalls noch verbessern zu können.

5 Literaturverzeichnis

- 34uGmbH (2017): Artensteckbriefe [Online]. Available: <http://www.artensteckbrief.de/> [Accessed 04.05 2017].
- Ahlgrimm H.-J. (1979): Der Einfluß verschiedener Witterungsfaktoren auf die Entwicklung von Grashalmen (*Phleum pratense*) und ihre Wirkung auf die Halmfestigkeit. *Angewandte Botanik* 53, 161-173.
- Allen, B.; Kon, M. und Bar-Yam, Y. (2009): A new phylogenetic diversity measure generalizing the shannon index and its application to phyllostomid bats. *The American Naturalist* 174 (2), 236-243.
- ALVA (1983): Methodenbuch für Futtermittelanalysen in Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- AMA (2017): ÖPUL - Statistiken [Online]. Agrarmarkt Austria. Available: <https://www.ama.at/Fachliche-Informationen/Oepul/Statistiken> [Accessed 01.08 2017].
- Angeringer, W.; Starz, W.; Pfister, R.; Rohrer, H. und Karrer, G. (2014): Einfluss von Mist- und Gülledüngung auf wichtige Bodenparameter im Dauergrünland. Fachtagung für biologische Landwirtschaft, 93-100.
- AWI (2009): IDB - Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten [Online]. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. Available: <http://agraroekonomik.at/index.php?id=idb> [Accessed 25.07 2017].
- Beauchamp, E.G.; Kidd, G.E. und Thurtell, G. (1982): Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Canadian Journal of Soil Science* 62 (1), 11-19.
- Becker, L.P. (1979): Geologische Karte der Republik Österreich: 1: 50 000, Bl 162 Köflach, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Bélangier, G. und Tremblay, G.F. (2010): Fodder quality of legume-based pastures, NJF Report, 6, Hvanneyri, Iceland, 97-112.
- Berendonk, C.H., H. (2011): Dauergrünland: Lehrbuch des Pflanzenbaues, *Entrup, N. L.; Schäfer, B. C.*, Bonn, 787-873.
- Binnewies, M.; Finze, M.; Jäckel, M.; Schmidt, P.; Willner, H. und Rayner-Canham, G. (2016): Allgemeine und anorganische Chemie, 3. Auflage, *Springer-Verlag*, Berlin, 964 S.
- Blume, H.-P.; Brümmer, G.W.; Horn, R.; Kandeler, E.; Kögel-Knabner, I.; Kretzschmar, R.; Stahr, K.; Wilke, B.-M.; Thiele-Bruhn, S. und Welp, G. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, *Springer Spektrum Akademischer Verlag*, Heidelberg, 569 S.
- BMLFUW (2007): ÖPUL 2007 Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. BMLFUW, Wien, 86 S.

- BMLFUW (2007b): ÖPUL 2007 Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft, Anhänge. BMLFUW, Wien, 114 S.
- BMLFUW (2013): eBOD, Digitale Bodenkarte von Österreich [Online]. Available: http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD [Accessed 20.07 2017].
- BMLFUW (2015a): ÖPUL 2015 – das Agrar-Umweltprogramm bis 2020 [Online]. Available: https://www.bmlfuw.gv.at/land/laendl_entwicklung/oepul/oepul2015.html [Accessed 04.03. 2016].
- BMLFUW (2015b): ÖPUL 2015 Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum. BMLFUW, Wien, 77 S.
- BMLFUW (2016): Grüner Bericht 2016 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 268 S.
- BMLFUW (2017): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 7. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 115 S.
- Bohner, A. (2014): Faktoren der Nährstoffverfügbarkeit im Boden des Dauergrünlandes. Fachtagung für biologische Landwirtschaft, 15 – 22.
- Bohner, A. (2016): Pflanzensoziologie und bodenkundliche Aspekte der Grünlandbewirtschaftung. Vorlesungsunterlage, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Bohner, A.; Huemer, C.; Schaumberger, J. und Liebhard, P. (2012): Einfluss der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und des Reliefs auf den Nährstoffgehalt im Oberboden mit besonderer Berücksichtigung des Phosphors. 3. Umweltökologisches Symposium, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, Österreich, 91-100.
- Buchgraber, K. und Gindl, G. (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, 2. Auflage, Leopold Stocker Verlag, Graz - Stuttgart 192 S.
- Cordell, D.; Drangert, J.-O. und White, S. (2009): The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global environmental change* 19 (2), 292-305.
- Crane, E. und Walker, P. (1984): Pollination directory for world crops, International Bee Research Association, London, 183 S.
- Crane, E.; Walker, P. und Day, R. (1984): Directory of important world honey sources, International Bee Research Association, London, 384 S.
- Djadjic, F. (2016): Agriculture and Water Quality Phosphorus. Vorlesungsunterlage, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- DLG (1997): Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 7. erweiterte und Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

- Donkor, N.T.; Bork, E.W. und Hudson, R.J. (2003): Defoliation Regime Effects on Accumulated Season- long Herbage Yield and Quality in Boreal Grassland. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189 (1), 39-46.
- Ellmauer, T. (1996): Die Bedeutung von Wiesengesellschaften für Biodiversität und Naturschutz in Österreich. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 133, 277-299.
- Eriksen-Hamel, N.S. und Whalen, J.K. (2006): Fertilization and Mowing Effects on Unimproved Mixed- Species Hayfields in Quebec, Canada. *Crop Science* 46 (5), 1955-1962.
- Eurostat (2013): Nutrient Budgets – Methodology and Handbook, *Eurostat and OECD*, Luxembourg 112 S.
- FAO (2016): World fertilizer trends and outlook to 2019, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 29 S.
- FAO (2005): Grassland of the world. Plant Production and Protection Series No. 34, Rome, 538 S.
- GBA (2012): Multithematische geologische Karte von Österreich 1:1.000.000 [Online]. Geologische Bundesanstalt. Available: <https://www.geologie.ac.at/services/webapplikationen/multithematische-geologische-karte/> [Accessed 27.07 2017].
- Gilliland, T.J. (1997): Changes induced by defoliation in the yield and digestibility of leaves and stems of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) during reproductive development. *European Journal of Agronomy* 6 (3), 257-264.
- Green, R.A. und Detling, J.K. (2000): Defoliation-induced enhancement of total aboveground nitrogen yield of grasses. *Oikos* 91 (2), 280-284.
- Groß, D. (2010): Preiswürdigkeit von Futtermitteln (Rinder) [Online]. DLR Westerwald-Osteifel. Available: <http://www.dlr.rlp.de/internet/global/themen.nsf/ALL/1E4E76E878B0F3F9C12576EF004472E8?OpenDocument> [Accessed 25.07 2017].
- Gruber, L.; Steinwigger, A.; Guggenberger, T. und Wiedner, G. (1997): Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG- Futterwerttabellen für Wiederkäuer (7. Auflage 1997).
- Hawkesford, M.; Horst, W.; Kichey, T.; Lambers, H.; Schjoerring, J.; Møller, I.S. und White, P. (2012): Chapter 6 - Functions of Macronutrients. In Marschner (Ed.): *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (Third Edition), Academic Press, San Diego, 135-189.
- Heinzlmaier, F.; Dersch, G.; Baumgarten, A. und Gerzabek, M.H. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in Böden Österreichs. *Die Bodenkultur* 60 (2), 17-27.
- Hoffman, P.C.; Sievert, S.J.; Shaver, R.D.; Welch, D.A. und Combs, D.K. (1993): In Situ Dry Matter, Protein, and Fiber Degradation of Perennial Forages. *Journal of dairy science* 76 (9), 2632-2643.
- Hothorn, T.; Bretz, F. und Westfall, P. (2008): Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical journal* 50 (3), 346-363.

- Joyce, C. (2001): The sensitivity of a species-rich flood-meadow plant community to fertilizer nitrogen: The Lužnice river floodplain, Czech Republic. *Plant Ecology* 155 (1), 47-60.
- Kirchgeßner, M. (2014): Tierernährung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis, DLG - Verlag, Frankfurt am Main, 659 S.
- Kirkham, F.W. und Tallwin, J.R.B. (1995): The influence of cutting date and previous fertilizer treatment on the productivity and botanical composition of species-rich hay meadows on the Somerset Levels. *Grass and Forage Science* 50 (4), 365-377.
- Kleinman, P.J.; Srinivasan, M.; Dell, C.J.; Schmidt, J.P.; Sharpley, A.N. und Bryant, R.B. (2006): Role of rainfall intensity and hydrology in nutrient transport via surface runoff. *Journal of Environmental Quality* 35 (4), 1248-1259.
- Klopf, K. (2012): Einfluss unterschiedlicher Düngungsintensitäten auf standortbedingte Nährstoffauswaschungen im Feldfutterbau. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 159 S.
- Kramberger, B.; Podvršnik, M.; Gselman, A.; Šuštar, V.; Kristl, J.; Muršec, M.; Lešnik, M. und Škorjanc, D. (2015): The effects of cutting frequencies at equal fertiliser rates on biodiverse permanent grassland: Soil organic C and apparent N budget. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 212, 13-20.
- Krautzer, B. und Graiss, W. (2015): Regionale Wildblumen als Nahrungsgrundlage für Honig- und Wildbienen. Symbiose Imkerei und Landbewirtschaftung – eine spannende Partnerschaft. Broschüre des LFI, Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich, 68-79.
- Lang, L.M. (2016): Einfluss der unterschiedlichen Nutzungsformen im Grünland im Hinblick auf das Ernährungspotential für die Honigbiene (*Apis mellifera*). Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Wien, 135 S.
- Ledgard, S.F. und Peoples, M.B. (1988): Biological nitrogen fixation in mixed legume /grass pastures *Plant and soil* 141, 137-153.
- Leip, A.; Britz, W.; Weiss, F. und de Vries, W. (2011): Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. *Environmental Pollution* 159 (11), 3243-3253.
- Liebisch, F. (2011): Plant and soil indicators to assess the phosphorus nutrition status of agricultural grasslands. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule ETH, Zürich, 144 S.
- Linser, H. und Scharrer, K. (1965): Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. 1. Band, Springer Verlag, Wien, 594 S.
- Löhr, L. (1958): Faustzahlen für den Landwirt, Stocker Verlag, Graz, 284 S.
- Lüscher, A.; Mueller-Harvey, I.; Soussana, J.F.; Rees, R.M. und Peyraud, J.L. (2014): Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69 (2), 206-228.
- Markensten, H. (2016): Eutrophication. Vorlesungsunterlage. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Maurizio, A. und Schaper, F. (1994): Das Trachtpflanzenbuch, Ehrenwirth Verlag, München, 336 S.

- Metz, K. (1979): Geologische Karte der Republik Österreich: 1: 50 000, Bl 129 Donnersbach, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- MLR, B.-W. (2011): Der Bienenweidepflanzenkatalog Baden-Württembergs [Online]. Baden-Württemberg. Available: http://144.41.33.58/4DAction/W_Init/BWPKBW_index_de.shtml [Accessed 05.12 2016].
- Moder, K. (2016): Statistische Versuchsplanung - Übungen. Vorlesungsunterlage. Universität für Bodenkultur, Wien.
- MSC-W (2017): EMEP: Co-operating programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe [Online]. Norwegian Meteorological Institute Available: http://emep.int/mscw/index_mscw.html [Accessed 30.07 2017].
- ÖNORM-L1083 (2006): Chemische Bodenuntersuchungen-Bestimmung der Acidität (pHWert). Österreichisches Normierungsinstitut, Wien.
- ÖNORM-L1087 (2005): Chemische-Bodenuntersuchungen: Bestimmung von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium nach der Calcium-Acetat-Lactat (CAL)-Methode. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- Opitz von Boberfeld, W. (1994): Grünlandlehre - Biologische und ökologische Grundlagen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 336 S.
- Osborne, J.L.; Williams, I.H. und Corbet, S.A. (1991): Bees, Pollination and Habitat Change in the European Community. *Bee World* 72 (3), 99-116.
- Peet, R.K. (1975): Relative Diversity Indices. *Ecology* 56 (2), 496-498.
- Peratoner, G. und Pötsch, E.M. (2015): Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland", Gumpenstein, 1.-2. Oktober 2015, 15-22.
- Plöschinger, B. (1987): Geologische Karte der Republik Österreich: 1: 50.000, Bl 94 Hallein, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Pötsch, E.M. (1997): Auswirkungen langjähriger Wirtschafts-und Mineraldüngeranwendung auf Pflanzensoziologie, Ertrag, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte von Dauergrünland. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Wien, 116 S.
- Pötsch, E.M. (2008a): Vergleich von Dauergrünland-, Wechselwiesen- und Feldfutteranlagen hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und Energieertrag mit besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Düngung, Abschlussbericht, HBLFA Raumberg Gumpenstein, 61 S.
- Pötsch, E.M. (2008b): Zur Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland. Umweltökologisches Symposium, Gumpenstein, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 4.-5. März 2008, 73-80.
- Pötsch, E.M. (2010): Multifunktionalität und Bewirtschaftungsvielfalt im österreichischen Grünland. Ländlicher Raum, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 22 S.
- Pötsch, E.M. (2012): Optimale Grünlandbewirtschaftung in Bergregionen. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchproduktion - Status quo und Anpassung an zukünftige Herausforderungen", LFZ Raumberg-Gumpenstein, 39, 25.-26. April 2012, 9-18.

- Pötsch, E.M. (2015): Düngung und Stoffflüsse im Grünland. Vorlesungsunterlage. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Pötsch, E.M. und Mösselberger, S. (2010): Befragung zur Thematik „Biodiversitätsflächen im Grünland“, Abschlussbericht gemäß Werkvertrag: BMLFUW-LE.1.3.7/0002-II/5/2010, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 33 S.
- Pötsch, E.M. und Resch, R. (2008): Nitrogen efficiency of farm manure on permanent grassland in mountainous regions. EGF-Meeting 2008 „Biodiversity and Animal Feed“, Uppsala. Grassland Science in Europe 13, 299-301.
- Pötsch, E.M.; Schwab, E. und Schwaiger, E. (2008): Beurteilung von Grünlandbeständen. Großtierpraktiker-Tagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- Pötsch, E.M.; Resch, R. und Buchgraber, K. (2013a): Auswirkung der Düngung auf P-Gehaltswerte im Boden und Futter sowie P-Bilanzen von Grünlandflächen. 18. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Phosphor im Grünlandbetrieb - Bedeutung und aktuelle Problembereiche", Gumpenstein, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 10. Oktober 2013, 41-50.
- Pötsch, E.M.; Graiss, W.; Resch, R. und Krautzer, B. (2013b): Grassland renovation by natural self-seeding. 17th EGF Symposium "The role of grasslands in a green future – threats and perspectives in less favoured areas", Akureyri, Island, Grassland Science in Europe, 18, June 23-26, 2013, 490-492.
- Pötsch, E.M. (2017): Aktuelle Düngerepreise in Österreich. Persönliche Mitteilung [14. 09 2017].
- RCoreTeam (2016): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Resch, R. (2004): Die Bestimmung der in vitro-Verdaulichkeit mit der modifizierten Zweistufenmethode nach Tilley und Terry (1963), Vortragsmanuskript für das Vorlesungsseminar Grünland II der BOKU, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft (BAL) Gumpenstein, 10 S.
- Resch, R. (2009): Aufbau, Struktur und Bedeutung der Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Tagungsbericht zum 15. Alpenländischen Expertenforum, LFZ Raumberg Gumpenstein, 26. März 2009, 11-20.
- Resch, R. (2016): Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf Proteingehalt und Proteinertrag von Dauerwiesenfutter (Impact of utilization intensity on protein-content resp. protein-yield of forage). "Eiweißpflanzen - Strategien und Chancen für Landwirtschaft und Industrie", Bildungshaus Schloss Krastowitz, Krastowitz 1, 9020 Klagenfurt, 179-181.
- Rochon, J.J.; Doyle, C.J.; Greef, J.M.; Hopkins, A.; Molle, G.; Sitzia, M.; Scholefield, D. und Smith, C.J. (2004): Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. Grass and Forage Science 59 (3), 197-214.
- Rosemarin, A.; Bruijne, G.d. und Caldwell, I. (2009): Peak phosphorus: The next inconvenient truth. The Broker 15, 6-9.
- Ruschel, A.P.; Salati, E. und Vose, P.B. (1979): Nitrogen enrichment of soil and plant by Rhizobium Phaseoli-Phaseolus Vulgaris Symbiosis. Plant and soil 51 (3), 425-429.

- Schaumberger, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation, Technische Universität Graz, Institut für Geoinformation, 264 S.
- Schechtner, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels „Flächenprozent-schätzung“. Zeitschrift für Acker-und Pflanzenbau 105, 33-43.
- Shannon, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27 (3), 379-423.
- Spiekers, H.; Nußbaum, H. und Potthast, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futterkonservierung, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.
- Stöcklin, J. und Körner, C.H. (1999): Interactive effects of elevated CO₂, P availability and legume presence on calcareous grassland: results of a glasshouse experiment. Functional Ecology 13 (2), 200-209.
- Štýbnarová, M.; Mičová, P.; Fiala, K.; Karabcová, H.; Látal, O. und Pozdíšek, J. (2014): Effect of organic fertilizers on botanical composition of grassland, herbage yield and quality. Agriculture(Polnohospodárstvo) 60 (3), 87-97.
- Tilley, J.M.A. und Terry, R.A. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and Forage Science 18 (2), 104-111.
- Ulrich, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 144 (3), 289-305.
- Umweltbundesamt (2017): Die nationale Stickstoff- und Phosphorbilanz [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/landnutzung/landwirtschaftbetriebsmittel/npbilanzeurostatocd/> [Accessed 27.07 2017].
- Van Soest, P.J. (1967): Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages. Journal of Animal Science 26 (1), 119-128.
- Van Soest, P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant, 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Voigtländer, G. und Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 480 S.
- Walter, H.K. und Lieth, H. (1960): Klimadiagramm-Weltatlas, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Watson, C.J. und Foy, R.H. (2001): Environmental Impacts of Nitrogen and Phosphorus Cycling in Grassland Systems. Outlook on Agriculture 30 (2), 117-127.
- Weiß, J.; Pabst, W.; Strack, K.E. und Granz, S. (2005): Tierproduktion, 13. überarbeitete Auflage, Parey Verlag, Stuttgart, 579 S.
- Wilkinson, S.R. (1979): Plant Nutrient and Economic Value of Animal Manures. Journal of Animal Science 48 (1), 121-133.
- Willems, J.H. und van Nieuwstadt, M.G.L. (1996): Long-Term after Effects of Fertilization on Above- Ground Phytomass and Species Diversity in Calcareous Grassland. Journal of Vegetation Science 7 (2), 177-184.

Zechmeister, H.G.; Schmitzberger, I.; Steurer, B.; Peterseil, J. und Wrбка, T. (2003): The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation* 114 (2), 165-177.

6 Anhang

Tabelle 35: **Blühwert der vorgefundenen Pflanzenarten**

Lateinischer Name	Deutscher Name	Honigbienen	Wildbienen	Schwebfliegen	Summe
<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	2	1	2	5
<i>Aegopodium podagraria</i>	Gewöhnlicher Girsch	0	3	3	6
<i>Ajuga reptans</i>	Kriechender Günsel	4	3	0	7
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Frauenmantel	0	1	1	2
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Wiesen-Kerbel	4	1	1	6
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Acker-Schmalwand	2	1	1	4
<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen	2	0	0	2
<i>Campanula patula</i>	Wiesen-Glockenblume	4	3	0	7
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewöhnliches Hirtentäschel	2	3	1	6
<i>Cardamine pratensis</i>	Wiesen-Schaumkraut	0	1	2	3
<i>Cardaminopsis halleri</i>	Hallersche Schaumkresse	2	0	1	3
<i>Carum carvi</i>	Wiesen Kümmel	5	1	2	8
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	5	2	2	9
<i>Cerastium holosteoides</i>	Gewöhnliches Hornkraut	0	1	2	3
<i>Cirsium oleraceum</i>	Kohldistel	5	3	1	9
<i>Conyza canadensis</i>	Kanadisches Berufkraut	0	2	2	4
<i>Crepis biennis</i>	Wiesenpippau	4	2	2	8
<i>Dianthus superbus</i>	Prachtnelke	0	0	0	0
<i>Filipendula ulmaria</i>	Echtes Mädesüß	3	1	1	5
<i>Fragaria vesca</i>	Waldbeere	2	1	1	4
<i>Galium album</i>	Wiesen-Labkraut	4	0	1	5
<i>Geum rivale</i>	Bach-Nelkenwurz	5	3	1	9
<i>Glechoma hederacea</i>	Gundelrebe	5	3	0	8
<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesen-Bärenklau	4	1	2	7
<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	2	2	2	6
<i>Lamium album</i>	Weißes Taubnessel	3	3	1	7
<i>Lathyrus pratensis</i>	Wiesen Platterbse	5	3	0	8
<i>Leontodon hispidus</i>	Rauer Löwenzahn	4	2	2	8
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Wiesen-Margarite	4	1	2	7
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee	5	0	0	5
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Kuckuckslichtnelke	6	1	0	7
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut	2	2	0	4
<i>Lythrum salicaria</i>	Blutweiderich	6	2	0	8
<i>Medicago lupulina</i>	Gelbklee	5	3	0	8
<i>Myosotis arvensis</i>	Acker-Vergissmeinnicht	6	1	0	7
<i>Pimpinella major</i>	Große Bibernelle	3	1	2	6
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	3	0	1	4
<i>Ranunculus acris</i>	Scharfer Hahnenfuß	0	3	3	6
<i>Ranunculus ficaria</i>	Scharbockskraut	0	2	3	5
<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß	0	0	3	3
<i>Rhinanthus minor</i>	Kleiner klappertopf	2	3	0	5

Lateinischer Name	Deutscher Name	Honigbienen	Wildbienen	Schwebfliegen	Summe
Rumex acetosa	Wiesen-Sauerampfer	0	0	0	0
Rumex obtusifolius	Stumpfbblättriger Ampfer	0	0	1	1
Sagina procumbens	Niederliegendes Mastkraut	2	0	2	4
Silene dioica	Rote Lichtnelke	4	1	0	5
Silene latifolia ssp.alba	Weißel Lichtnelke	0	1	2	3
Silene vulgaris	Taubenkropf-Leimkraut	2	1	0	3
Sinapis arvensis	Acker Senf	5	3	2	10
Solidago canadensis	Kanadische Goldrute	5	2	3	10
Sonchus arvensis	Acker Gänsedestel	5	3	3	11
Stellaria media	Gewöhnliche Vogelmire	3	1	2	6
Taraxacum officinale agg.	Gewöhnlicher Löwenzahn	6	3	2	11
Trifolium pratense	Wiesen - Rotklee	6	3	0	9
Trifolium repens	Weißklee	6	2	0	8
Urtica dioica	Große Brennnessel	0	0	1	1
Veronica arvensis	Feld Ehrenpreis	1	0	1	2
Veronica chamaedrys	Gamander-Ehrenpreis	4	1	1	6
Veronica persica	Persischer Ehrenpreis	1	2	1	4
Veronica serpyllifolia	Quendel Ehrenpreis	1	0	1	2
Vicia cracca	Vogelwicke	5	3	0	8
Vicia sepium	Zaun Wicke	4	3	0	7
Viola arvensis ssp.arvensis	Acker Stiefmütterchen	1	0	0	1

Tabelle 36: Versuchsplan des Vorversuchs, Versuchsperiode: 2000-2009

Schlag X/C

Wirtschaftsdüngerversuch Gumpenstein

Vers.-Nr.: GL-710

Anlage 1999 als Dauerwiesen B

Versuchsbeginn: Frj. 2000

3-Schnittflächen

44,56 m

4-Schnittflächen

2,56m

32d

34d

36d

38d

37d

33d

39d

31d

35d

47d

45d

44d

43d

42d

41d

46d

36c

39c

35c

31c

38c

32c

37c

34c

33c

44c

46c

42c

47c

41c

45c

43c

35b

38b

34b

32b

39b

31b

33b

37b

36b

45b

43b

46b

41b

44b

47b

42b

31a

32a

33a

34a

35a

36a

37a

38a

39a

41a

42a

43a

44a

45a

46a

47a

31 PK

32 NPK

33 NPK, Biosalin

34 Gülle 1:0,25 (61,7+61,7+61,7)

35 Gülle 1:0,25 (61,7+61,7) Biosalin

36 Gülle verdünnt 1:1 (61,7+61,7+61,7)

37 Rottemist + Jauche 1:1

38 Anbindekompost + Jauche 1:1

39 15 t Rottemist i. Herbst

4-Schnittflächen

41 NPK + zusätzlich 50N (25+25)

42 NPK + zusätzlich 50 N (25+25) u Biosalin

43 Gülle 1:0,25 (92,6+92,6+92,6) + 50 N (25+25)

44 Gülle 1:0,25 (92,6+92,6+92,6) + 50 N (25+25) u.Biosalin

45 Gülle 1:1 (92,6+92,6+92,6) + 50 N (25+25)

Düngungsniveau:

3- Schnittflächen 1,28 GVE/ha (1 ÖPUL GVE)

4- Schnittflächen 2,56 GVE/ha (2 ÖPUL GVE)

Bei NPK Varianten wird für die N-Berechnung der N-Gehalt der Gülle genommen,

NPK-Verhältnis (1 : 0,5 : 1,2) für die Düngung der mineralischen Varianten

Schnittzeitpunkt:

3- Schnittflächenfr: 25. Mai

20. Juli

30. September

4-Schnittflächen:

13. Mai

20. Juni

5. August

30. September

Handelsdüngerformen u. Verteilung:

P2O5: Superphosphat 1/2 Menge Frj.

1/2 Menge nach dem 1. Schnitt

1/2 Menge im Frj.

K2O: Kalisalz 40%

1/2 Menge nach dem 1. Schnitt

1/2 Menge nach dem 1. Schnitt

N: Nitramoncal 27%

Frj. u. nach dem 1. Schnitt

CaO: 30%

Frj. u. nach dem 1. Schnitt

MgO: 10%

500 kg/ha 3- Schnittfl. i. Herbst

800 kg/ha 4- Schnittfl. i. Herbst

S: 9%

WD-Verteilung

Gülle: Frj. n.d.1.Schnitt u.n.d.2. Schnitt

Rottemist u. Anbindekomost: i. Herbst

Jauche: n.d.1. Schnitt

Gülle: Frj., n.d.1.Schnitt, n.d.2.Schnitt u.n.d.3.Schnitt

Rottemist u. Anbindekomost: i. Herbst u.n.d.1.Schnitt

Jauche: Frj. u.n.d. 2. Schnitt

(Rottemist und Anbindekomost mit Verluste rechnen!)

3-Schnittflächen

4-Schnittflächen

Gumpenstein, 2000 03 23 El.

Tabelle 37: Versuchsplan nach der Versuchsumstellung, Versuchsperiode 2010 - 2013

