



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEIT
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

Abschlussbericht

BioMähweide

Projekt Nr. 100229

Einfluss unterschiedlicher Beweidungsformen auf Boden und Pflanzenbestand in der Biologischen Landwirtschaft

Effects of different Grazing Systems on the Soil and Botanical Composition in Organic Farming

Projektlaufzeit:
2007-2015

Projektmitarbeiter:
Walter Starz (Leitung)
Rupert Pfister
Hannes Rohrer
Andreas Steinwider
alle Bio-Institut HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Eingereicht: Februar 2016

www.raumberg-gumpenstein.at



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	3
2	Summary	4
3	Einleitung und Fragestellung	5
3.1	Übersicht	5
3.2	Fragestellung	6
4	Material und Methoden.....	7
4.1	Standort	7
4.2	Versuchsdesign.....	7
4.3	Bodenproben	8
4.4	Düngung	8
4.5	Bonitur.....	8
4.6	Erträge und Inhaltsstoffe	9
4.7	Ergänzende Weideversuche.....	9
4.8	Statistik.....	11
5	Ergebnis und Diskussion.....	12
5.1	Hauptversuch am Bio-Institut	12
5.1.1	Wetter.....	12
5.1.2	Boden	12
5.1.3	Pflanzenbestand	14
5.1.4	Erträge und Graszuwächse.....	16
5.1.5	Futterqualität	18
5.2	Kurzrasen- und Koppelweide im Vergleich.....	21
5.3	Weidenutzung auf drei Standorten	23
6	Schlussfolgerungen.....	26
7	Literaturverzeichnis	27

1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Einfluss einer Kurzrasenbeweidung auf den Ertrag und die Futterqualität im Vergleich zu einer Schnittnutzung des Dauergrünlandes untersucht. Dafür wurde am Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein sechsjähriger (2007-2012) Versuch mit vier Nutzungsvarianten (jährliche Abwechslung zwischen Schnitt und Kurzrasenweide, Vierschnittnutzung, Mähweidenutzung sowie Kurzrasenweide) getestet. Im Jahr 2010 wurde auf zwei weiteren Standorten in Niederbayern und im Waldviertel Versuche zur Kurzrasenweide durchgeführt. Mit dieser Untersuchung wurden hauptsächlich die Ertrags- und Qualitätsleistungen der Kurzrasenweide im Ostalpenraum erhoben. Dabei konnten bei Kurzrasenweide im Mittel um die 10.000 kg TM/ha erzielt werden. Diese lagen zwar um gut 2.000 kg TM/ha unter der Vierschnittnutzung jedoch waren in der Kurzrasenweide die Rohproteinträge mit fast 2.100 kg/ha signifikant höher. Die Jahreserträge und Graszuwächse während der Vegetationsperiode unterschieden sich je nach Standort und erreichten ein Maximum von um die 70 kg TM/ha und Tag. Die Weidefutterinhaltsstoffe waren auf allen drei Standorten sehr hoch. So lag die Energiekonzentration zu Beginn bei knapp über 7 MJ NEL/kg TM und sank im Sommer auf ca. 6,5 ab. Die Rohproteinkonzentration nahm bis zum Herbst auf über 220 g/kg TM zu.

Neben der Kurzrasenweide ist die Koppelweide ein weites wichtiges System in der Milchviehhaltung für eine weidebasierte Fütterung. Eine weitere Untersuchung widmete sich diesen beiden Weidesystemen und testete sie auf einem trockenheitsgefährdeten Standort. Der Versuch wurde auf einem biologisch bewirtschafteten Milchviehbetrieb in Niederösterreich, mit langjährig etablierten Weidebeständen, durchgeführt. Die Versuchsfläche wurde von der Beweidung ausgeschlossen und die Weidesysteme stattdessen simuliert. Die Kurzrasenweide wurde bei einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 8,5 cm zu 9 Terminen und die Koppelweide bei 14,8 cm und 6 Terminen im Jahr 2010 gemäht. Zeitperioden mit geringen Niederschlägen zeigten bei der Kurzrasenweide deutlich geringere Graszuwächse als im Vergleich zur Koppelweide. Bei Betrachtung des gesamten Untersuchungsjahres erreichte die Koppelweide höhere Mengen- (10.561 kg/ha TM), Energie- (86.359 MJ NEL/ha) und Rohproteinträge (1.916 kg/ha) als die Kurzrasenweide (7.753 kg/ha TM, 52.792 MJ NEL/ha und 1.636 kg/ha XP). Obwohl im Untersuchungsjahr längere Trockenperioden ausblieben und die Kurzrasenweide von Juni bis August signifikant höhere NEL und XP Gehalte im Futter aufwies, erreichte die Koppelweide höhere Jahreserträge. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen somit, dass die Koppelweide auf trockenheitsgefährdeten Dauergrünlandstandorten der Kurzrasenweide überlegen ist, sofern das aufwändigere Management einer Koppelweide optimal durchgeführt wird.

2 Summary

The impact of continuous grazing in comparison to cutting management on the yield and forage feeding value at permanent grassland swards was investigated in this study. A six year trial (2007-2012) was established at the Institute of Organic Farming of AREC Raumberg-Gumpenstein to test four types of permanent grassland utilisation (annual change between cutting management and continuous grazing, four-times cutting management, cut of the first growth following continuous grazing and continuous grazing). In 2010, the trial was expanded to two further locations in Lower Bavaria and in Lower Austria and focused on continuous grazing. This trial also estimated the yield and forage feeding value of continuous grazing in the eastern Alps. The continuous grazing variants achieved an average yield of 10,000 kg DM ha⁻¹. This yield was about 2,000 kg DM ha⁻¹ lower than in the four-times cutting management but the significant highest crude protein yield (over 2,100 kg ha⁻¹) was measured in continuous grazing system. The annual yield and grass growth rate differed according to the location with a maximum growth rate of 70 kg DM ha⁻¹ and day⁻¹. Energy concentration of continuously grazed swards reached 7 MJ NEL kg⁻¹ DM in spring and decreased to 6.5 MJ NEL kg⁻¹ DM in summer. Crude protein content increased to 220 g kg⁻¹ DM until autumn.

Next to continuous (CG) rotational grazing (RG) is another important strategy for pasture based milk production systems. Another study tests both grazing systems on their suitability for permanent grassland areas with drought tendency. The investigation was carried out on an organic dairy farm in Lower Austria on a permanent pasture sward in 2010. Simulated grazed swards were used at an average sward height of 8.5 cm (CG) and 14.8 cm (RG). CG variant was cut 9 times and RG variant 6 times in 2010. Low precipitation periods showed an effect on CG by reduced grass growth. RG reached significant higher yields in dry matter (10,561 kg ha⁻¹), net energy lactation (68,359 MJ ha⁻¹) and crude protein (1,916 kg ha⁻¹) as CG (7,753 kg DM ha⁻¹, 52,792 MJ NEL ha⁻¹ and 1,636 kg CP ha⁻¹). Differences were also measured in energy and CP content. CG yielded highest energy and CP contents from June to August. Results of this study suggest that RG is more suitable at locations with drought tendency. However, implementation of RG requires good management to reach higher forage yields.

3 Einleitung und Fragestellung

3.1 Übersicht

Eine intensivere Weidehaltung von Milchkühen im Alpenraum bzw. im Alpenvorland wird für Biobetriebe aus ökonomischer Sicht (Kirner, 2009) immer interessanter. Der Erfolg eines guten Weidesystems wird neben dem Tier- und Betriebsmanagement sehr stark durch den Pflanzenbestand bestimmt. Auf die Ertragsleistung eines Pflanzenbestandes haben aber nicht nur die Artenzusammensetzung einen Einfluss sondern im großen Maße auch die Klimafaktoren (Dietl und Lehmann, 2004).

Die Weidehaltung ist nicht nur die natürlichste Form der Nutztierfütterung, sondern entspricht auch den Idealen der Biologischen Landwirtschaft. Die produktiven Grünlandflächen in Gunstlagen bieten die Möglichkeit intensive Weidesysteme wie die Kurzrasenweide umzusetzen und damit während der gesamten Weidesaison konstant hohe Grünfutttermengen zu liefern. Abgesehen von der Tiergerechtheit der Weidehaltung stellt sich für Betriebe in ostalpinen Regionen dennoch die Frage, wie die Mengen- und Qualitätserträge, im Vergleich zu landesüblichen Schnittnutzungssystemen aussehen. Vielfach herrscht auf den Betrieben die Meinung vor, dass durch die Weidenutzung auf den Flächen geringere Jahreserträge erzielt werden können als bei einer Schnittnutzung.

Die Weidehaltung ist nicht nur die natürlichste Form der Nutztierfütterung sondern entspricht auch den Idealen der Biologischen Landwirtschaft. Die produktiven Grünlandflächen in Gunstlagen bieten die Möglichkeit intensive Weidesysteme wie die Kurzrasenweide umzusetzen und damit während der gesamten Weidesaison konstant hohe Grünfutttermengen und Weidefutterqualitäten zu liefern. Abgesehen von der Tiergerechtheit der Weidehaltung stellt sich für Betriebe in ostalpinen Regionen dennoch die Frage, mit welcher Qualität im Weidefutter gerechnet werden kann. Bisherige Ergebnisse aus den klimatisch begünstigteren schweizerischen Westalpen zeigten auf Kurzrasenweide hohe Inhaltsstoffkonzentrationen (Kessler *et al.*, 1999, Thomet und Hadorn, 1996).

Die Feststellung des Ertrages auf Weiden im Vergleich zur üblichen Schnittnutzung war eine Fragestellung dieser Arbeit. Darüber hinaus sollte auch die Qualität des Weidefutters unter dem ostalpinen-alpinen Klima erhoben werden. Zur Überprüfung der Ergebnisse auf einem Versuchsstandort, wurden im Jahr 2010 auch auf zwei weiteren Bio-Betrieben im Alpenvorland (Bayern) und im südlichen Waldviertel (Österreich) Versuche durchgeführt.

Kurzrasen- und Koppelweide sind effizienteste und arbeitssparendste Weideformen und eignen sich ideal für Standorte mit ausreichenden Niederschlägen. Doch nicht überall sind diese optimalen Bedingungen gegeben. Gerade intensiv genutzte Dauerweiden sind für einen gleichmäßigen Ertrag auf eine kontinuierliche Wasserversorgung angewiesen. In diesem Zusammenhang wird beschrieben, dass auf trockenheitsgefährdeten Standorten die Koppelweide günstiger als die Kurzrasenweide einzustufen ist (Thomet und Blättler, 1998). Daher war die Zielsetzung dieser Forschungsarbeit etwaige Unterschiede zwischen Kurzrasen- und Koppelweide auf einem trockenheitsgefährdeten Standort hinsichtlich Ertragsleistung und Futterqualität zu messen. Schlussendlich sollten die Ergebnisse eine Entscheidungshilfe für ein standortangepasstes Weidesystem auf einem trockenheitsgefährdeten Dauergrünlandstandort bereitstellen.

3.2 Fragestellung

Dieses Forschungsprojekt wurde aufgrund zahlreicher Fragen aus der Praxis zu intensiven Weidenutzsystemen konzipiert. Da intensive Weidesysteme im ostalpinen Klimaraum bisher kaum untersucht wurden, konnten Fragen zur Ertragslage, der Futterqualität oder Änderungen im Boden, unzureichend beantwortet werden.

Im Rahmen von Diskussionen mit Bäuerinnen und Bauern sowie Beraterinnen und Beratern wurden folgende Fragen aufgeworfen:

- Welchen Einfluss hat die Beweidung auf Bodenverdichtung und Bodeneinhaltsstoffe?
- Welche langfristigen Veränderungen sind im Pflanzenbestand bei Weide, Mähweide oder Schnitt zu erwarten?
- Wie hoch ist die Ertragsleistung bei Weide, Mähweide und Schnittnutzung?

4 Material und Methoden

4.1 Standort

Der Versuch wurde auf einer biologisch bewirtschafteten Weidefläche des Institutes für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere (Standort Trautenfels) der HBLFA Raumberg-Gumpenstein angelegt. Vor Versuchsbeginn wurde die Fläche als Mähweidesystem geführt. Nach dem 1. Schnitt erfolgte die Beweidung in Form von Portionsweide.

Der Bodentyp der Versuchsfläche wird der Felsbraunerde zugeordnet und hat einen durchschnittlichen pH-Wert von 5,9, einen Humusgehalt von 8,5 % und einen Tongehalt von 18 %. Die nach Süden exponierte Fläche (Breite 47° 30' 60'' N und Länge 14° 04' 20'') liegt auf eine Seehöhe von ca. 680 m. Am Standort wird im langjährigen Mittel eine Jahresdurchschnittstemperatur von 6,9 °C und eine Jahresniederschlagssumme von 1.014 mm erreicht (Abbildung 1).

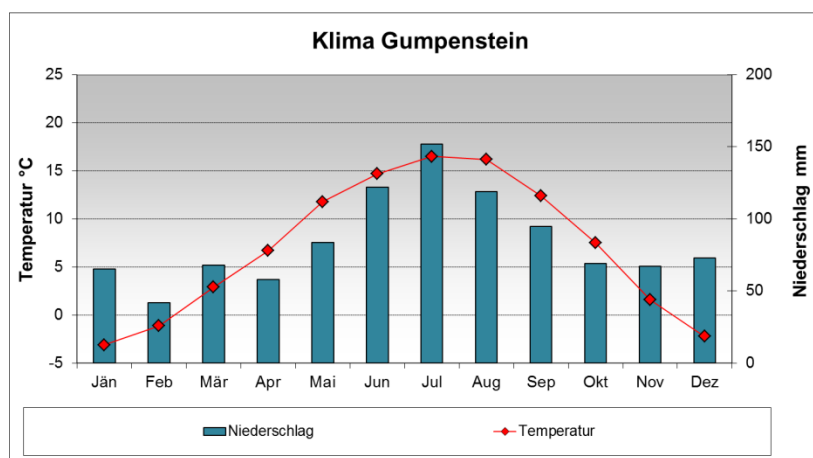


Abbildung 1: Langjähriges Mittel (1971-2000) des Klimas

4.2 Versuchsdesign

Im Rahmen des Versuches wurden über einen Zeitraum von 6 Jahren (2007-2012) wurde die Kurzrasenweide mit drei anderen Grünlandnutzungssystemen verglichen. Eine Nutzungsform war eine jährliche Abwechslung von Vierschnittnutzung und Kurzrasenweide (Variante 1), eine weitere eine Vierschnittnutzung (Variante 2), sowie eine Mähweidenutzung (1. Schnitt und danach Kurzrasenweide, Variante 3) und die 4 Variante stellte die Kurzrasenweide dar. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage angelegt und vierfach wiederholt (siehe Abbildung 2).

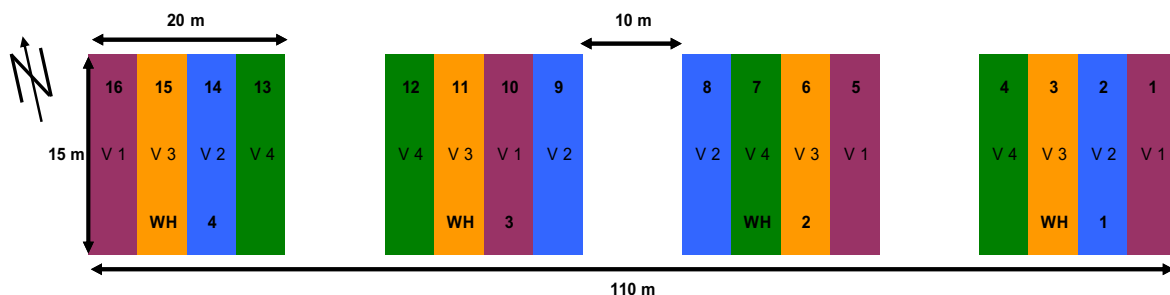


Abbildung 2: Parzellenplan der einfaktoriellen, randomisierten Blockanlage

Die Versuchsfläche war in einer 1,8 ha großen Kurzrasenweidefläche integriert und befand sich auf einem einheitlich geneigten Bereich. Alle nicht beweideten Varianten wurden mittels Elektrozaun von der Beweidung ausgeschlossen.

Die einzelnen Parzellen wurden in 3 Sektoren unterteilt (siehe Abbildung 3), um so die Bewirtschaftungseffekte besser abbilden zu können. Damit durch die Schnitteinwirkung auf den zu bonitierenden Weideparzellen keine Auswirkungen hatte.

4.3 Bodenproben

In den Jahren 2007, 2010 und 2013 wurden von jeder Parzelle, im Frühling vor der Düngung, Bodenproben aus dem mittleren Sektor einer jeden Parzelle (siehe Abbildung 3) gezogen. Dabei wurden mit einem Schüsserlbohrer 10 Einstiche bis in eine Tiefe von 10 cm vorgenommen und daraus eine Mischprobe zusammengestellt. Diese wurde getrocknet und zur weiteren Analyse an die AGES geschickt, wo folgende Parameter untersucht wurden:

- pH-Wert
- Tongehalt
- Humusgehalt
- Kohlenstoffgehalt
- Stickstoffgehalt
- Phosphor
- Kalium

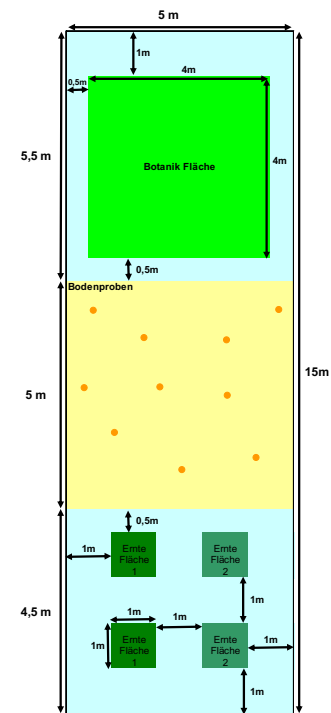


Abbildung 3: Aufbau einer Parzelle mit den jeweiligen Bereichen für die periodische Exaktbonitur und Weideernteflächen

4.4 Düngung

Als Düngermittel wurde die hofeigene Rindergülle verwendet, die vor der Ausbringung im Chemischen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein auf den Stickstoffgehalt hin untersucht wurde. Im Anschluss erfolgte die Düngung nach N kg/ha wie in Tabelle 1 beschrieben. Bei den als Kurzrasenweide geführten Varianten wurde in der Weideperiode keine Düngung mehr durchgeführt, da die Tiere ständigen Zugang zu den Weidevarianten hatten. Für die Schnittvarianten wurden 130 kg N/ha und Jahr angesetzt. Bei den Weidevarianten wurde eine Kalkulation der zu erwartenden tierischen Ausscheidungen gemacht (Starz und Steinwidder, 2007).

Tabelle 1: Stickstoff-Ausbringmengen je Variante über Rindergülle

Zeitpunkt	Variante 1		Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Weide	Schnitt			
Frühling	15 kg N/ha	30 kg N/ha	30 kg N/ha	30 kg N/ha	15 kg N/ha
1. Schnitt	0 kg N/ha	40 kg N/ha	40 kg N/ha	0 kg N/ha	0 kg N/ha
2. Schnitt	0 kg N/ha	35 kg N/ha	35 kg N/ha	0 kg N/ha	0 kg N/ha
3. Schnitt	0 kg N/ha	25 kg N/ha	25 kg N/ha	0 kg N/ha	0 kg N/ha

4.5 Bonitur

Die Artenbonituren der Pflanzenbestände wurden in den Untersuchungsjahren 2007, 2010 und 2013 mit Hilfe der Flächenprozentsschätzung erhoben. Es wurde dafür die „wahre Deckung“ (Schechtner,

1958) erhoben. Dabei handelt es sich um jene Fläche, die von der Pflanzenbasis eingenommen wird. Für die Artenbonitur wurde im oberen Bereich der Parzelle eine eigene Bonitierungsfläche von 16 m² eingerichtet (siehe Abbildung 3). Dadurch sollte der Einfluss der Weidekörbe ausgeschaltet werden.

Zusätzlich erfolgte vor jeder Ernte in der Schnitt- und Weidevariante die prozentmäßige Schätzung der Lücken und Artengruppen (Kräuter, Leguminosen und Gräser), ebenfalls auf Basis der „wahren Deckung“.

4.6 Erträge und Inhaltsstoffe

Bei der Feststellung des TM-Ertrages wurden zwei unterschiedliche Erntemethoden, je nach Nutzung angewendet. Die geschnittenen Varianten wurden 4-Mal pro Jahr mit einem Motormäher im unteren Bereich der Parzelle (siehe Abbildung 3) beprobt. Bei den als Kurzrasenweide geführten Varianten erfolgten 7 Beerntungen pro Jahr bzw. ein 1. Schnitt und 5 weitere Beprobungen in der Variante 3 (Mähweide). Für die Ertragsermittlung auf der Weide wurden pro Parzelle zwei Weidekörbe von je 1 m² Grundfläche gewählt. Die Position in der Parzelle ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Aufwuchs in den Weidekörben wurde bei einer Aufwuchshöhe von 10-15 cm (gemessen am Weißklee) gemäht (Schnitthöhe 5 cm) und danach die Weidekörbe auf einen anderen Bereich der Parzelle wieder aufgestellt. Zuvor wurde die Fläche noch mit dem Motormäher gleichmäßig abgemäht, damit so der Zuwachs gemessen werden konnte.

Vom Erntegut wurde aus einer Doppelprobe der Trockenmassegehalt (TM) bestimmt. Dazu wurde die Frischmasse bei 105 °C über 48 Stunden getrocknet. Der restliche Teil der Frischprobe kam zur schonenden Trocknung (50 °C) in das hauseigene Chemische Labor. Dort erfolgte die Analyse der Roh Nährstoffe nach Weender. Aus den Roh Nährstoffen wurde mit Hilfe der Regressionsformeln der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1998) der Energiegehalt in MJ Nettoenergie-Laktation (NEL) errechnet.

4.7 Ergänzende Weideversuche

Im Rahmen dieses Projektes wurde in einer Maserarbeit an der BOKU in Wien ein zusätzlicher Versuch angelegt, in dem Kurzrasen- und Koppelweide miteinander verglichen werden sollten. Der Versuch befand sich auf einer langjährigen Kurzrasenweidefläche eines Bio-Betriebes in Niederösterreich (Breite 48° 12' 30,35'' N, Länge: 14° 58' 47,95'' E; 360 m Seehöhe, 9,1 °C Ø Temperatur, 745 mm Ø Jahresniederschlag). Als Versuchsanlage wurde im Jahr 2010 eine randomisierte Anlage gewählt, wobei sowohl die Kurzrasen- als auch die Koppelvariante vierfach wiederholt wurden. Die acht Parzellen (siehe Abbildung 4) wurden auf einer einheitlichen Fläche platziert und mittels Elektrozaun vor dem weidenden Milchvieh geschützt. Aus botanischer Sicht handelte es sich um einen homogenen Englisch Raygras-Wiesenrispengras-Weißklee Bestand. Die Parzellen wurden einmal im Monat (von April bis August) mit Gülle gedüngt, wobei die jährliche Stickstoffmenge von 130 kg/ha auf 5 Teilgaben aufgeteilt wurde. Die Aufwuchshöhe der simulierten Kurzrasenweide lag bei durchschnittlich 8,5 cm und bei der Koppelweide im Schnitt bei 14,8 cm (gemessen mit dem Meterstab). Dadurch ergaben sich im Versuchsjahr 2010 bei der Kurzrasenvariante 9 Erntetermine und bei der Koppelvariante 6, die sich von Mitte April bis Ende Oktober erstreckten. Für die Darstellung der Graszuwachskurven wurden die 3 fehlenden Werte der Koppel rechnerisch aufgefüllt. Zur Ernte der gesamten Parzelle kam eine elektrische Handgartenschere (theoretische Schnitthöhe 3 cm) zum Einsatz und die Trocknung erfolgte unter Dach. Anschließend wurde das Material zur Bestimmung der Restfeuchte sowie der bereits oben beschriebenen Inhaltstoffe im Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein untersucht.

Um etwaige Veränderungen durch die unterschiedliche Bewirtschaftung feststellen zu können wurden zusätzlich die Artengruppen zu jedem Erntetermin und monatliche Wurzelproben von 0-5 cm und 5-10 cm Bodentiefe während der Vegetationsperiode genommen. Dazu wurden mittels eines Erdbohrers 5 Bohrkern je Parzelle mit einem Durchmesser von 6,2 cm und einer Länge von 10 cm entnommen. Diese Bohrkern wurden in der Mitte mit einem Messer geteilt und so in die zwei Horizonte 0-5 und 5-10 cm unterteilt. Pro Parzelle und Horizont wurden die Bohrkern zusammengekommen. Dieses Material wurde in einer Wurzelwaschanlage weiterbearbeitet. Vom Prinzip her funktionierte die Separierung der Wurzeln vom Erdreich in der Wurzelwaschanlage nach dem Prinzip Wasserauftrieb mit Luftdurchwirbelung. Das so aufgeschlämmte Material wurde in einem Auffangsieb mit einer Maschenweite von 750 µm aufgefangen. Nach einer händischen Nachsortierung wurden die Wurzeln im Trockenschrank über 48 Stunden bei 105 °C getrocknet.

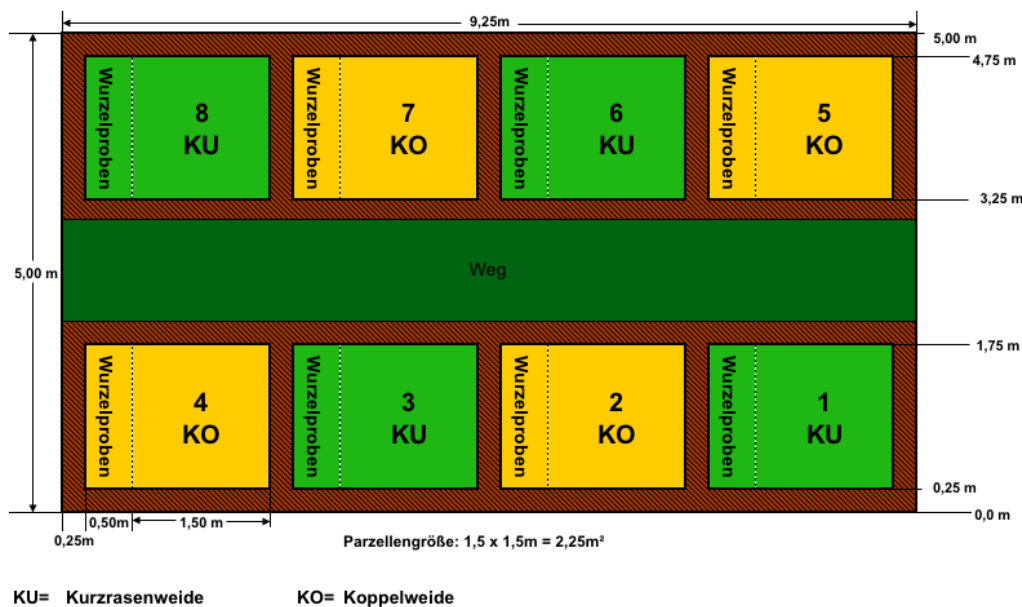


Abbildung 4: Parzellenplan für den Vergleichsversuch von Kurzrasen- und Koppelweide

2010 wurde, im Rahmen einer Diplomarbeit an der HBLFA Raumberg-Gumenstein ein einjähriger Versuch zur Kurzrasenweide, ebenfalls als Blockanlage, in Niederbayern auf einem biologisch bewirtschafteten Betrieb (Breite: 48° 27' 3" N, Länge: 13° 2' 14" E, 380 m Seehöhe, 8,1 °C Ø Temperatur, 870 mm Ø Jahresniederschlag) durchgeführt. In diesem Versuch wurde ebenfalls eine Simulierte Kurzrasenweide mit der Schnittnutzung verglichen. Zusätzlich wurden beide Nutzungsvarianten noch mit und ohne Übersaat (16 kg/ha Wiesenrispengras der Sorte LATO) angelegt, was zu vier Varianten in jeder Wiederholung führte (siehe Abbildung 5). Für die Auswertung in diesem Projekt wurden nur die Weidevarianten in der weiteren Betrachtung herangezogen.

Da 2010 auf drei unterschiedlichen Standorten die Kurzrasenweide in Versuchen erhoben wurde, wurden die Daten miteinander verglichen. Für diese Auswertung wurden nur die als Kurzrasenweide genutzten Varianten herangezogen und der jeweilige Versuchsstandort bildete in diesem Fall den Hauptfaktor des Modells. In allen Versuchen wurde die Kurzrasenweide simuliert und bei 10-15 cm Aufwuchshöhe (gemessen mit dem Meterstab) geerntet. Daraus ergaben sich am Standort des Bio-Instituts 7, am Standort in Bayern 10 und am Standort in Niederösterreich (Waldviertel) 9 Erntetermine pro Jahr. Die Beerntung erfolgte mittels Motormäher bzw. elektrischem Handmäher bei einer Schnitthöhe von 3-5 cm.

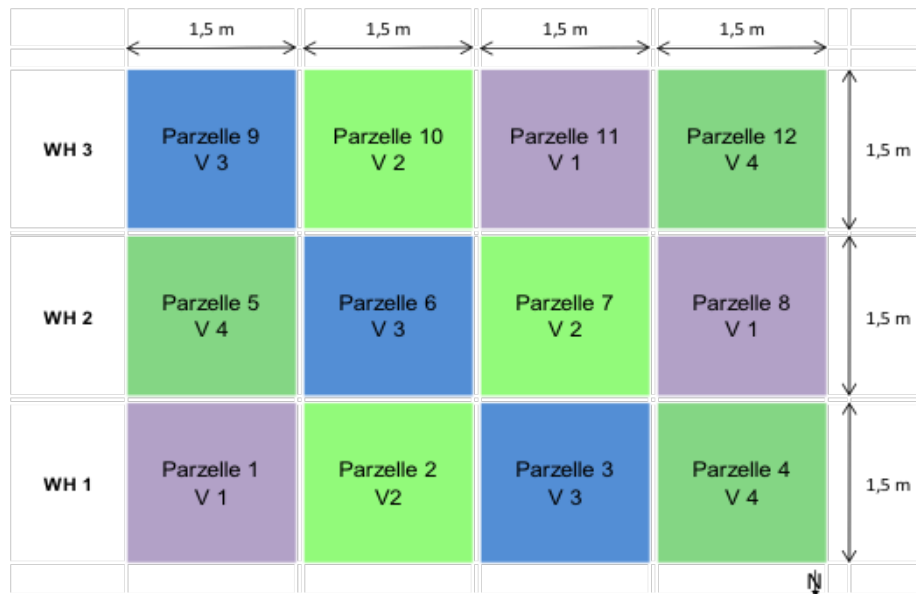


Abbildung 5: Plan der Versuchsanlage in Niederbayern mit den vier Varianten in dreifacher Wiederholung (V1: Schnitt+Übersaat, V2: Kurzrasenweide+Übersaat, V3: Schnitt, V4: Kurzrasenweide)

4.8 Statistik

Die Residuen der Daten wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität untersucht und bestätigt. Für die statistische Auswertung wurde die MIXED-Prozedur (Programm SAS 9.4) verwendet. Die fixen Effekte (Variante, Jahr und Termin) sowie die Wechselwirkungen bildeten das statistische Modell. Die Wiederholungen und die Senkrechten Spalten der Versuchsanlage, sowie die Wechselwirkung der beiden wurden als zufällig (random) angenommen. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ gewählt. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden die Least Square Means (LSMEANS) sowie der Standardfehler (SEM) und die Residualstandardabweichung (se) angegeben. Die paarweisen Vergleiche der LSMEANS wurden mittels Tukey-Test vorgenommen. Die Kennzeichnung signifikanter Unterschiede erfolgte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben.

5 Ergebnis und Diskussion

5.1 Hauptversuch am Bio-Institut

5.1.1 Wetter

Im Versuchszeitraum lagen die Jahresniederschläge im langjährigen Mittel. Lediglich in den Jahren 2007, 2009 und 2012 wurden Niederschlagssummen über dem Mittel gemessen (siehe Tabelle 2). Ein deutlich unterschiedlicheres Bild zeigten die Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode (Abbildung 6). Hier war das Jahr 2008 am trockensten und 2012 hatten die Grünlandpflanzen während der Wachstumszeit die meisten Niederschläge mit 920 mm.

Tabelle 2: Jahres-Niederschläge und Niederschläge während der Vegetationszeit sowie die jährliche Durchschnittstemperatur in den Versuchsjahren

Parameter	Einheit	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Niederschlagssumme	mm	1.287	987	1132	988	981	1261
Niederschlag in der Vegetationszeit	mm	882	665	824	795	805	920
Temperaturmittel	°C	8,9	8,9	8,6	7,7	8,8	8,5

Die Jahresdurchschnittstemperatur lag in allen Jahren, mit durchschnittlich 1,5 °C deutlich über dem langjährigen Mittel für den Standort.

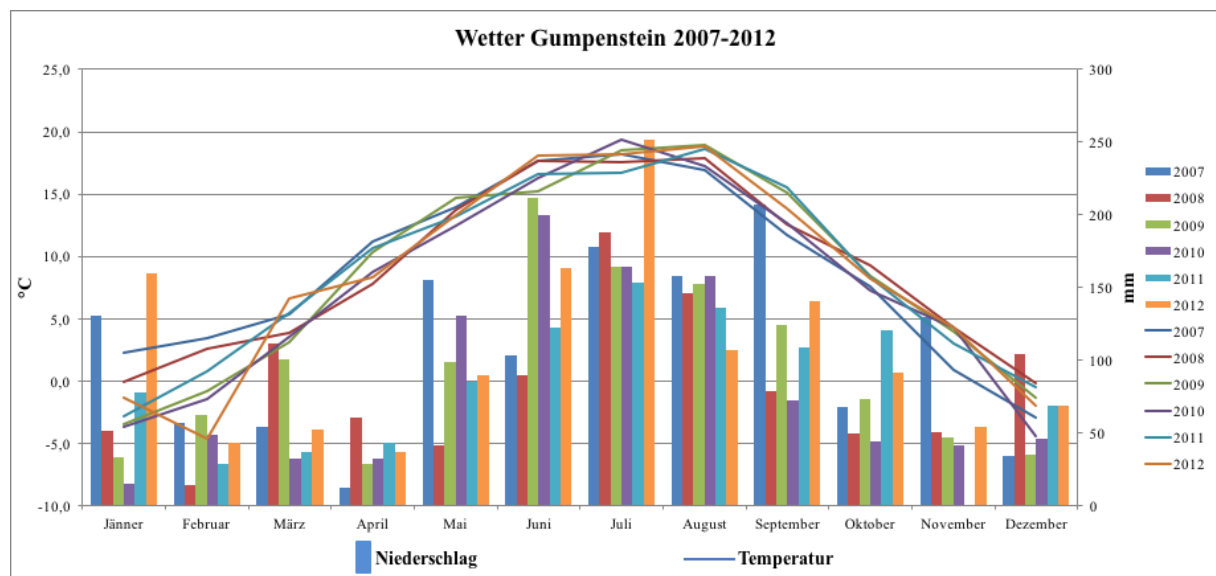


Abbildung 6: Entwicklung der Niederschlagssummen und der durchschnittlichen Temperaturen in den einzelnen Monaten der Versuchsjahre (2007-2012)

5.1.2 Boden

Bei den in diesem Versuch gemessenen bodenphysikalischer Parameter und Inhaltsstoffen konnte zwischen den Varianten, mit Ausnahme des Kaliums, kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe Tabelle 3). Der Humusgehalt war in allen Varianten mit um die 8 % hoch, jedoch für einen Boden im alpinen Dauergrünland im üblichen Bereich (Bohner, 2005).

Die Werte des Kaliums (CAL) waren in der ständig als Kurzrasenweide genutzten Variante (4) signifikant höher als in den geschnittenen Varianten (1 und 2). Die Mähweidenutzung (Variante 3) unterschied sich nicht von den übrigen Varianten (siehe Tabelle 3). Ähnlich hohe Kalium (CAL) Werte konnten auch in Dauerweiden auf anderen Standorten festgestellt werden (Bohner und Tomanova, 2006)

Tabelle 3: Bodenparameter im Mittel der drei Probenziehungsjahre (2007, 2010 und 2013) für den Faktor Nutzungsvariante

Parameter	Einheit	Variante						s_e	
		4-Schnitt-nutzung/Kurzrasenweide LSMEAN	4-Schnittnutzung LSMEAN	Mähweide		Kurzrasenweide			
				LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM		p
pH-Wert		5,9	6,0	5,9		5,8	0,1	0,0718	0,1
Humus	%	8,0	7,9	8,5		8,4	0,3	0,1146	0,5
Kohlenstoffgehalt	%	4,7	4,6	5,0		4,9	0,2	0,1166	0,3
Ton-Gehalt	%	16	17	17		17	0,9	0,8558	2,5
P-Gehalt	mg/kg	28	23	32		35	4,1	0,0860	10,3
K-Gehalt	mg/kg	121 ^b	102 ^b	129 ^{ab}		154 ^a	8,9	0,0017	25,0

Bei Betrachtung der Entwicklung der Inhaltstoffe über die Jahre hinweg fällt auf, dass in allen Varianten die Humus- und Kohlenstoffgehalte im Boden signifikant abnahmen. Ein möglicher Grund könnte das wärmere Klima sein, wodurch die Mineralisation im Boden intensiver stattfindet. Da zwischen den Varianten keine Signifikanz gemessen werden konnte, kann eine Beeinflussung über die Bewirtschaftung ausgeschlossen werden.

Tabelle 4: Entwicklung analysierter Bodenparameter in den Jahren der Probenahme (2007, 2010 und 2013) über alle Varianten hinweg

Parameter	Einheit	Jahr					s_e
		2007 LSMEAN	2010 LSMEAN	2013		p	
				LSMEAN	SEM		
pH-Wert		5,8 ^b	5,9 ^a	5,9 ^a	0,1	0,0015	0,1
Humus	%	9,0 ^a	8,1 ^b	7,5 ^c	0,2	<0,0001	0,5
Kohlenstoffgehalt	%	5,2 ^a	4,7 ^b	4,4 ^c	0,1	<0,0001	0,3
Ton-Gehalt	%	17,6 ^a	18,1 ^a	14,1 ^b	0,8	0,0001	2,5
P-Gehalt	mg/kg	35 ^a	30 ^{ab}	24 ^b	3,5	0,0123	10,3
K-Gehalt	mg/kg	103 ^b	137 ^a	139 ^a	7,3	0,0003	25,0

Die erhöhten Kaliumgehalte in den beweideten Varianten können in erster Linie auf den Harn der Weidetiere zurückgeführt werden, da auf diesem Weg der überwiegende Teil der Kaliumausscheidung erfolgt (Troxler *et al.*, 2010). Die hier aufgetretene Signifikanz im Bereich des Kaliums zeigt auch, dass auf den Versuchspartellen eine Dungabsetzung durch die Versuchstiere stattgefunden hat und somit dieser Effekt miterfasst werden konnte.

Die Werte des Kaliums (CAL) waren in der ständig als Kurzrasenweide genutzten Variante (4) signifikant höher als in den geschnittenen Varianten (1 und 2). Die Mähweidenutzung (Variante 3) unterschied sich nicht von den übrigen Varianten (siehe Tabelle 3 und Abbildung 7). Ähnlich hohe Kalium (CAL) Werte konnten auch in Dauerweiden auf anderen Standorten festgestellt werden (Bohner und Tomanova, 2006)

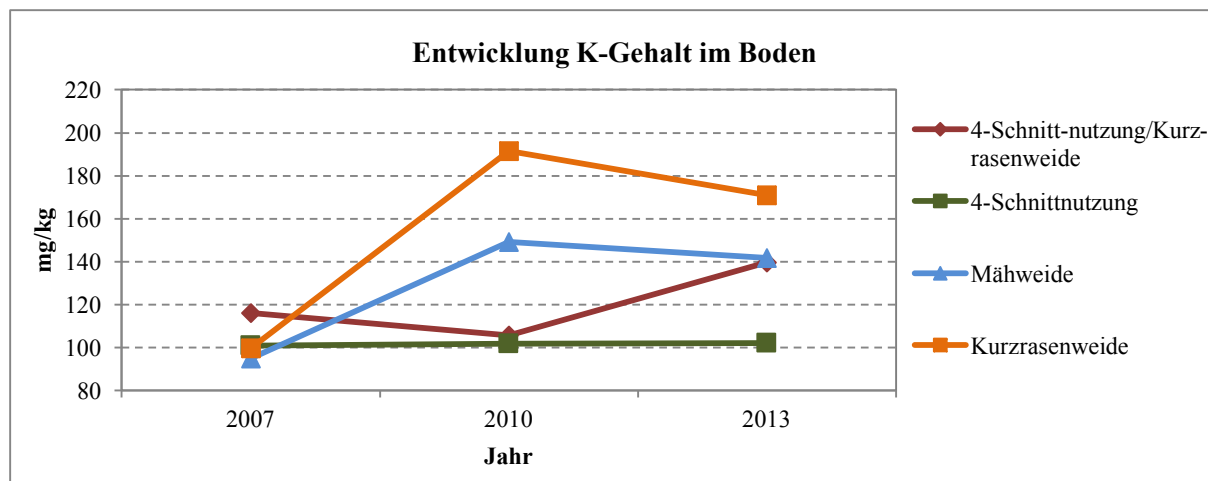


Abbildung 7: Entwicklung der Kalium-Gehalte (CAL) im Boden in den vier Nutzungsvarianten

5.1.3 Pflanzenbestand

Der Einfluss einer intensiven Beweidung auf alpine Dauergrünlandbestände war ein zentraler Bestandteil dieses Versuches. Im siebenten Projektjahr, im Frühling 2013, wurde auf den als Kurzrasenweide genutzten Parzellen (Variante 4) der Pflanzenbestand in Flächenprozent erhoben (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Zusammensetzung des Weidebestandes nach 6 Jahren intensiver Kurzrasenbeweidung

Artengruppen	Arten	Flächenprozent
Gräser		69
	<i>Agrostis stolonifera</i>	8
	<i>Cynosurus cristatus</i>	5
	<i>Festuca pratensis</i>	5
	<i>Lolium perenne</i>	22
	<i>Phleum pratense</i>	2
	<i>Poa pratensis</i>	20
	<i>Poa supina</i>	4
Leguminosen		19
	<i>Trifolium repens</i>	19
Kräuter		12
	<i>Ranunculus repens</i>	4
	<i>Taraxacum officinale</i>	3

19 % der Fläche wurden auf der Kurzrasenweide vom *Trifolium repens* eingenommen. Dies konnte auf vielen Biologischen intensiv genutzten Dauerweiden in Österreich festgestellt werden. In dem hier beschriebenen Versuch wurden die Kurzrasenweideparzellen nur im Frühling vor Weidebeginn mit 15 kg N/ha und Jahr aus Gülle gedüngt. Die über die Tiere anfallenden N-Ausscheidungen auf dieser Fläche bewegen sich zwischen 100 und 140 kg N/ha und Jahr (Starz und Steinwidder, 2007). Diese relativ geringe Düngermenge im Vergleich zu dem intensiven Nutzungssystem lässt auf die starke Präsenz von *Trifolium repens* schließen. Kräuter spielten mit 12 Flächenprozent eine untergeordnete Rolle, wobei nur *Ranunculus repens* und *Taraxacum officinale* Flächenanteile von über 1 % einnahmen.

Bei den Gräsern bildeten typische Weidegräser wie *Lolium perenne* und *Poa pratensis* den Hauptteil des Kurzrasenweidebestandes. Gerade in Lagen über 700 m Seehöhe wird Ostalpenraum *Poa pratensis* bedeutender, da hier *Lolium perenne* immer mehr mit einem Schneeschimmelbefall im Winter zu kämpfen hat. In geringen Anteilen von 8 und 4 Flächenprozent traten oberflächlich verfilzende Grasarten *Agrostis stolonifera* und *Poa supina* auf. Gerade *Poa supina* gilt als wenig gewünschte Art, da sie bei Trockenheit ausfällt, wenig Ertrag liefert und beim Weiden von den Tieren ausgerissen und die Büschel wieder ausgespuckt werden. Interessant war die Beobachtung, dass sich *Festuca pratensis*, *Phleum pratense* und *Cynosurus cristatus* ausdauernd im Bestand halten konnten. Auf den übrigen Weideflächen konnte eine Zunahme dieser drei Arten festgestellt werden. In den Geilstellen bildeten diese bald Samentriebe, die nicht mehr von den Tieren abgegrast wurden. Auf der Fläche wurde zu dieser Zeit kein Reinigungsschnitt durchgeführt. Somit kamen diese wertvollen Weidegräser in die Samenreife und konnten sich als typische Gräser vom horstförmigen Wuchs auch im sehr intensiv genutzten Kurzrasenweidesystem etablieren.

Neben der Kurzrasenweide (Variante 4) wurden auch alle anderen Varianten in den Jahren 2007, 2010 und 2013 bonitiert (siehe Abbildung 8). Alle vier Varianten zeigten deutliche Veränderungen im Pflanzenbestand. Alle Bestände waren sehr dicht und zeigten kaum Lücken. Alle Varianten zeigten mit den Jahren ein Ansteigen von Englischem Raygras (*Lolium perenne*). Dies könnte auch eine Reaktion auf das wärmer werdende Klima sein, wodurch günstigere Wachstumsbedingungen für diese Art Neben dem Englischen Raygras konnten sich auch das Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) in allen Varianten ausbreiten. Am stärksten in denen die auch beweidet wurden (Varianten 1, 3 und 4). In klimatisch günstigen Weidegebieten ist meist das Englische Raygras die bestandesbildende Art (Creighton *et al.*, 2010). Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass auf Dauergrünlandflächen im klimatisch rauen Ostalpen-Raum neben diesem auch das Wiesenrispengras eine zumindest gleichwertige Rolle spielt (Starz *et al.*, 2013).

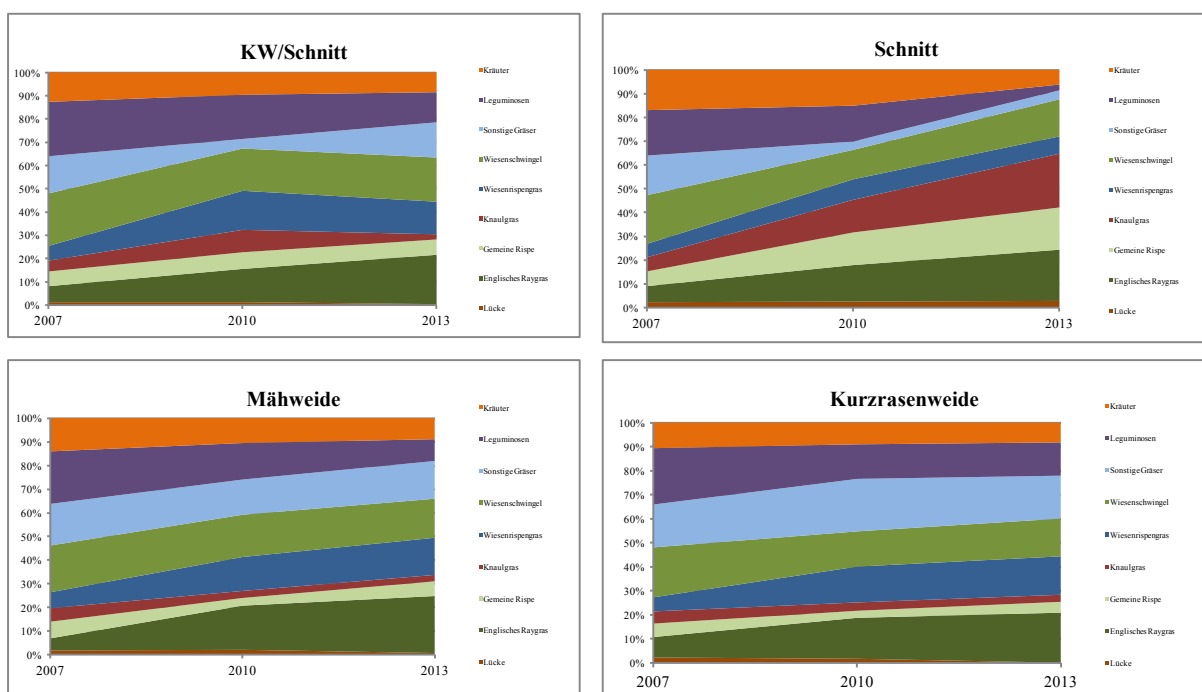


Abbildung 8: Entwicklung der Pflanzenbestände in den 4 Varianten über die sechsjährige Versuchszeit

Auffällig war auch die Entwicklung von zwei anderen Grasarten. Knautgras (*Dactylis glomerata*) konnte sich nur in der reinen Schnittnutzung behaupten und dort sogar leicht ausbreiten. Dies Ent-

wicklung zeigt zum wiederholten Mal (Starz et al., 2011a), dass Knaulgras an eine regelmäßige intensive Beweidung nicht gut angepasst ist und rasch an Bedeutung auf Weideflächen verliert. Gegenläufig verlief die Entwicklung der Gemeinen Risppe (*Poa trivialis*). Durch die regelmäßige Schnittnutzung (Variante 2) blieb der Flächenanteil auf fast 20 % (siehe Tabelle 6). In allen übrigen Varianten spielte die Gemeine Risppe eine geringe Rolle. Hier zeigt sich, dass dieses Gras eine intensive Beweidung nicht gut verträgt. Diese Beobachtung wurde bereits in einer anderen Untersuchung am selben Standort gemacht (Starz et al., 2010).

Tabelle 6: Pflanzenbestand in den einzelnen Varianten nach der Versuchszeit im Frühling 2013

Parameter	Einheit	Variante								p	s _e
		4-Schnitt- nutzung/Kurz- rasenweide		4-Schnittnutzung		Mähweide		Kurzrasenweide			
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM		
Lücke	%	0,4 ^b	0,4	2,8 ^a	0,4	0,9 ^b	0,5	0,0 ^b	0,4	0,0011	0,7
Gräser	%	78,4 ^b	1,9	89,3 ^a	1,9	80,8 ^a	2,2	77,5 ^b	1,9	0,0037	0,0
Englisches Raygras	%	21,3	1,9	21,5	1,9	24,0	1,9	21,0	1,9	0,4796	1,0
Knaulgras	%	2,3 ^b	1,3	22,5 ^a	1,3	2,8 ^b	1,3	3,0 ^b	1,3	<0,0001	0,9
Gemeine Risppe	%	6,5 ^b	1,3	18,0 ^a	1,3	6,3 ^b	1,5	4,5 ^b	1,4	0,0001	0,9
Wiesenrispengras	%	13,9 ^b	1,5	7,6 ^a	1,4	15,0 ^b	1,6	16,4 ^b	1,4	0,0027	1,0
Wiesenschwingel	%	19,0	1,4	15,8	1,4	16,5	1,4	15,8	1,4	0,3167	0,9
Sonstige Gräser	%	15,7 ^a	2,2	4,2 ^b	2,2	15,2 ^a	2,6	17,4 ^a	2,2	0,0030	1,0
Leguminosen	%	12,7 ^a	1,8	1,5 ^b	1,8	9,5 ^{ab}	2,1	14,5 ^a	1,8	0,0020	1,0
Kräuter	%	8,5 ^a	0,7	6,3 ^b	0,7	8,8 ^a	0,7	8,3 ^a	0,7	0,0072	0,8

Der Kräuteranteil war in der reinen Schnittvariante (Variante 2) am höchsten. Der Leguminosenanteil nahm in der Schnittnutzung (Variante 2) deutlich ab. In allen, zumindest zeitweilig beweideten Varianten (1, 3 und 4), pendelte sich der Weißklee (*Trifolium repens*) auf einen optimalen Flächenanteil von um die 15 % ein (siehe Tabelle 6). Gerade der Weißklee kann durch den oberirdischen Kriechtrieb sich rasch im Bestand ausbreiten, was im Jahresverlauf auf der als Kurzrasenweide genutzten Fläche (Variante 4) auch beobachtet werden konnte und sich auch den hohen Rohprotein-Werten widerspiegelt.

5.1.4 Erträge und Graszuwächse

Während des Versuchszeitraumes von 2007-2012 erreichte die 4-Schnittnutzung mit 12.518 kg TM/ha die signifikant höchsten Mengenerträge (siehe Tabelle 7 und Abbildung 9) am Standort des Bio-Instituts. Bei diesen Erträgen muss berücksichtigt werden, dass es sich um praktisch verlustfrei geerntete Mengenerträge handelt. Die übrigen drei Varianten lagen mit Erträgen von um die 10.000 kg TM/ha unter der reinen Schnittnutzung aber erreichten trotzdem einen für den Standort hohen Ertrag. Die Kurzrasenweide erreichte zwar den numerisch geringsten Mengenertrag aber dafür den signifikant höchsten Rohproteinertrag mit 2.092 kg/ha.

Der Energieertrag in MJ NEL/ha war in der Schnittnutzungsvariante signifikant am höchsten. Innerhalb der drei übrigen Nutzungsformen konnten keine Unterschiede festgestellt werden (siehe Tabelle 7). Im 6-jährigen Versuch am Bio-Institut wurden in allen Varianten sehr hohe Erträge am Dauergrünland ermittelt. Bei diesen Versuchserträgen muss immer mitberücksichtigt werden, dass gerade im Schnittsystem mit TM-Verlusten, die bei der Ernte, Konservierung und Lagerung passieren, veranschlagt werden müssen. Bei der Berücksichtigung von Verlusten im Schnittsystem von 15-25 % würden sich die Erträge angleichen und die Ertragsunterschiede, gemessen an der verwertbaren Futtermasse je Fläche würden sich angleichen. Die knapp 10.000 kg TM/ha bei Kurzrasenweidenutzung liegen

in der Badbreite von Untersuchungen in den schweizerischen Westalpen, wo Erträge von 6.276 kg TM/ha (Schori, 2009) bis 13.470 kg TM/ha (Thomet *et al.*, 2004) gemessen werden. In dieser Bandbreite finden sich auch die Erträge der vorliegenden Untersuchung.

Tabelle 7: Mengen- und Qualitätserträge der vier Nutzungsvarianten im Mittel der Jahre 2007-2012 am inneralpinen Standort des Bio-Instituts am LFZ Raumberg-Gumpenstein.

Parameter	Einheit	Variante						s_e
		4-Schnitt- nutzung/Kurz- rasenweide	4-Schnitt- nutzung	Mähweide	Kurzrasen- weide			
		LSMEAN	LSMEAN	LSMEAN	LSMEAN	SEM	p	
TM-Ertrag	kg/ha	10.385 ^b	12.518 ^a	10.273 ^b	9.813 ^b	459	<0,0001	1.086
NEL-Ertrag	MJ/ha	64.112 ^b	73.524 ^a	63.254 ^b	63.226 ^b	2.916	<0,0001	6.807
XP-Ertrag	kg/ha	1.840 ^b	1.855 ^b	1.933 ^{ab}	2.092 ^a	98	0,0014	222

Eindeutig unterlegen sind die Graszuwächse im Ostalpenraum gegenüber den günstigen Dauergrünland Klimazonen im Westalpenraum. In schweizer Untersuchungen (Thomet, 2005) konnten Graszwachstumsraten von 60-110kg TM/ha und Tag Anfang April bis Anfang Mai festgestellt werden. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass es sich hierbei teilweise um konventionelle Untersuchungen handelte, wo eine Ergänzungsdüngung mit mineralischen Stickstoffdüngern vorgenommen wurde. Ein gravierender Faktor bei der Beeinflussung des Graszwachstums sind jedoch die Niederschläge. Dies kann in erster Linie auf die geringeren Niederschläge auf diesem Standort zurückgeführt werden. Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Betrachtung der Graszuwachskurven für die einzelnen Versuchsjahre (siehe Abbildung 10). Gerade diese Unterschiede in den einzelnen Jahren verdeutlichen, die Bedeutung einer guten Weideplanung (Starz *et al.*, 2014a). Zwar sind tendenzielle Regelmäßigkeiten des Graszwachstums im Vegetationsverlauf erkennbar, jedoch werden diese in den einzelnen Jahren sehr stark von den Niederschlagsmengen in den Monaten beeinflusst.

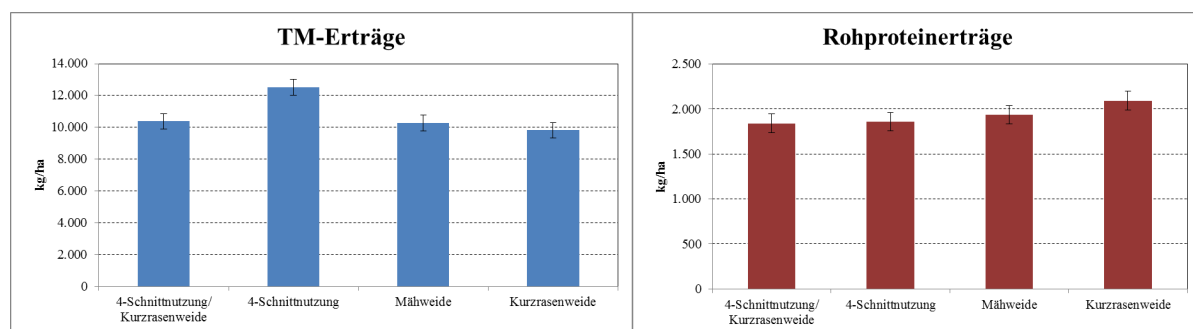


Abbildung 9: Gegenüberstellung der Mengenerträge (links) und Rohproteinträge (rechts) für die vier Nutzungsvarianten im Mittel des 6-jährigen Versuchs am Bio-Institut

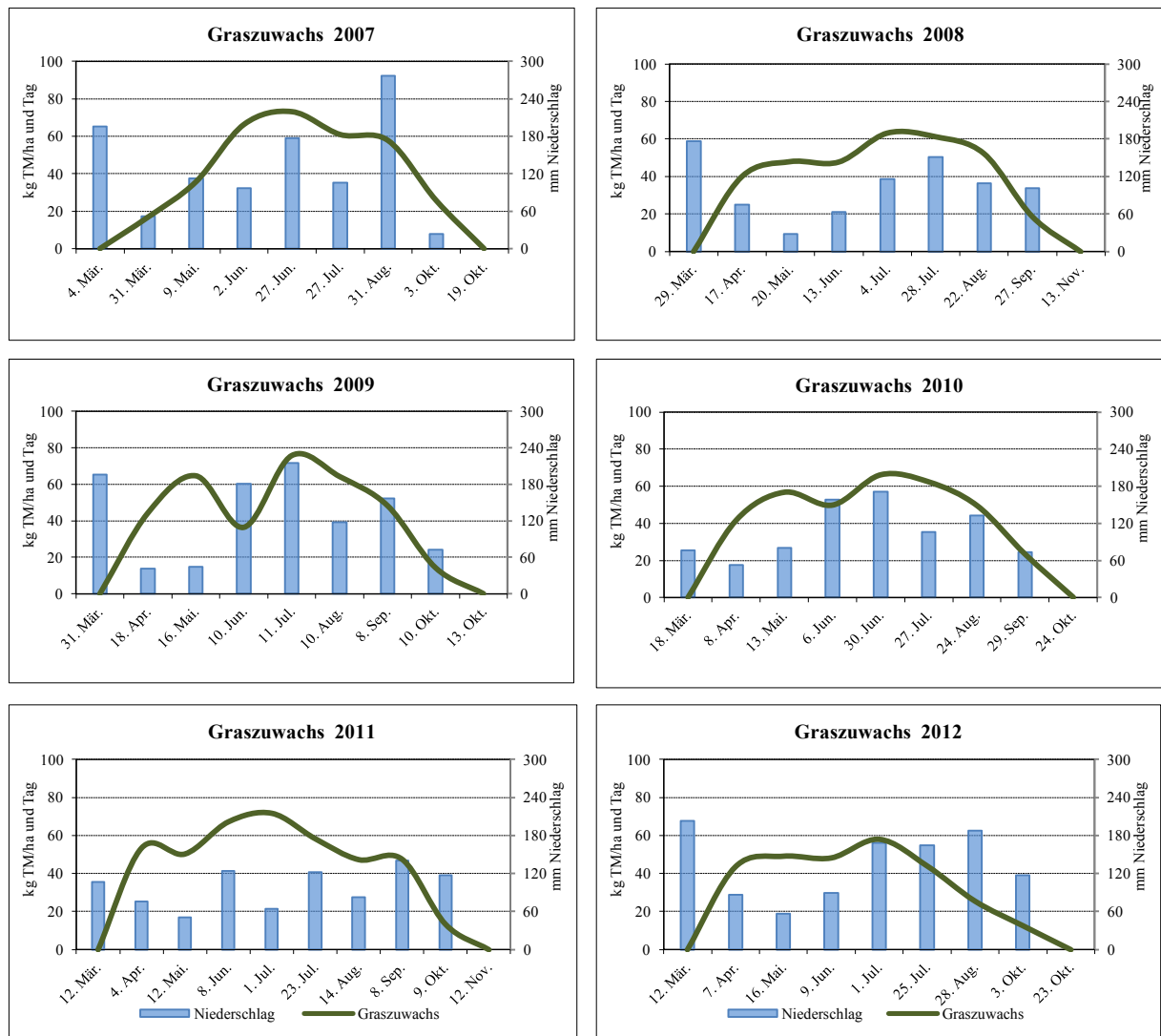


Abbildung 10: Graszuwachskurven der sechs Versuchsjahre (2007-2012) sowie die Niederschlagssummen während der Vegetationsperiode (Summe der Niederschläge von einem zum nächsten Erntetermin, Niederschlagsmenge zum ersten Termin ist die Summe vom 01. Jänner)

5.1.5 Futterqualität

Da bei weidebasierten Fütterungssystemen die Weideflächen zum Futtertisch werden spielen die Futterqualität des Weidefutters und der Verlauf der Inhaltsstoffe während der Vegetationsperiode eine große Rolle.

In Tabelle 8 sind die Verläufe der Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen, Energie, Mineralstoffe und Spurenelemente zu den 7 Erntezeitpunkten in der Vegetationsperiode dargestellt. In der Rohproteinkonzentration (Tab. 2 und Abb. 1) zeigt sich ein Anstieg vom Sommer (19 %) bis zum Herbst hin (23 %). In diesem Stadium erreicht das Weidefutter XP-Konzentrationen, die dem Niveau der Körnererbse entsprechen. Mitverantwortlich dafür dürfte der hohe Anteil an *Trifolium repens* im Bestand sowie das Nutzungsstadium sein.

Bei den Verläufen von Rohprotein und Energie ist ein Absacken der Konzentrationen im Sommer zu beobachten (Tabelle 8 und Abbildung 11). Diese Abnahme ist bei der Energie ausgeprägter als beim Rohprotein. Eine mögliche Erklärung dafür liefern die Veränderungen der Gehalte an Strukturkohlen-

hydrate im Vegetationsverlauf. Diese nahmen zum zweiten Erntetermin im Mai stark zu (Tabelle 8 und Abbildung 12). Dabei handelt es sich um den Zeitpunkt wo die in dieser Untersuchung die Grasarten verstärkt mit der Halmbildung begannen. Diese Tendenz der Halmbildung war speziell auch bei *Loilium perenne* ausgeprägt, da aufgrund der Winterhärte im Ostalpenraum hauptsächlich frühreife Typen in Übersaaten verwendet werden. Aber auch *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense* und *Cynosurus cristatus* zeigen in dieser Vegetationsperiode trotz intensiver Beweidung eine deutliche Tendenz Fruchtstände hervorzubringen.

Tabelle 8: Inhaltstoffe im Vegetationsverlauf (01.05.-22.10.) im Schnitt der sechsjährigen Versuchsdauer bei simulierter Kurzrasenweide

Parameter	Einheit	Termine														p-Wert	s _e
		1		2		3		4		5		6		7			
		LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM	LSMEAN	SEM		
Erntehöhe	cm	8,4 ^{abc}	0,4	8,0 ^{bc}	0,4	7,7 ^{bc}	0,4	8,5 ^{ab}	0,4	9,2 ^a	0,4	7,3 ^c	0,4	5,3 ^d	0,4	< 0,0001	0,8
TM	g/kg FM	173 ^{bc}	2,5	195 ^a	2,5	182 ^b	2,0	174 ^c	2,0	168 ^c	2,0	172 ^c	2,0	171 ^c	2,0	< 0,0001	12,9
XA	g/kg TM	88 ^e	0,8	92 ^d	0,8	101 ^{ab}	0,6	99 ^{bc}	0,6	100 ^{abc}	0,6	98 ^c	0,6	102 ^a	0,6	< 0,0001	4,5
XP	g/kg TM	199 ^d	2,6	186 ^e	2,6	222 ^b	2,0	211 ^c	2,0	224 ^{ab}	2,0	231 ^a	2,0	229 ^{ab}	2,0	< 0,0001	14,0
XL	g/kg TM	31 ^a	0,3	26 ^d	0,3	29 ^c	0,2	30 ^b	0,2	29 ^{bc}	0,2	29 ^{bc}	0,2	29 ^c	0,2	< 0,0001	1,6
XF	g/kg TM	194 ^d	2,3	239 ^a	2,3	223 ^b	1,8	221 ^{bc}	1,8	215 ^c	1,8	199 ^d	1,8	178 ^e	1,8	< 0,0001	12,5
NDF	g/kg TM	382 ^e	4,4	449 ^a	4,4	430 ^b	3,4	429 ^b	3,4	411 ^c	3,4	398 ^d	3,4	365 ^f	3,4	< 0,0001	22,6
ADF	g/kg TM	230 ^c	2,4	280 ^a	2,4	264 ^b	1,9	274 ^a	1,9	257 ^b	1,9	236 ^c	1,9	216 ^d	1,9	< 0,0001	13,5
ADL	g/kg TM	26 ^c	0,6	34 ^a	0,6	33 ^a	0,5	33 ^a	0,5	33 ^a	0,5	31 ^b	0,5	27 ^c	0,5	< 0,0001	2,9
XX	g/kg TM	518 ^a	2,7	489 ^c	2,7	459 ^e	2,2	472 ^d	2,2	460 ^e	2,2	461 ^e	2,2	502 ^b	2,2	< 0,0001	14,1
NFC	g/kg TM	299 ^a	4,2	247 ^c	4,2	218 ^e	3,3	231 ^d	3,3	236 ^{cd}	3,3	243 ^c	3,3	275 ^b	3,3	< 0,0001	20,9
NEL	MJ/kg TM	7,00 ^a	0,02	6,48 ^b	0,02	6,21 ^c	0,02	6,22 ^c	0,02	6,25 ^c	0,02	6,41 ^b	0,02	6,41 ^b	0,02	< 0,0001	0,1
P	g/kg TM	4,4 ^c	0,1	4,5 ^c	0,1	5,4 ^a	0,1	5,4 ^a	0,1	5,6 ^a	0,1	5,6 ^a	0,1	5,1 ^b	0,1	< 0,0001	0,4
K	g/kg TM	23,3 ^a	0,6	22,4 ^{ab}	0,6	23,9 ^a	0,5	23,1 ^a	0,5	23,7 ^a	0,5	23,4 ^a	0,5	21,2 ^b	0,5	< 0,0001	2,4
Ca	g/kg TM	8,4 ^e	0,2	9,2 ^{cd}	0,2	10,7 ^a	0,2	9,8 ^{bc}	0,2	10,0 ^b	0,2	9,2 ^d	0,2	10,0 ^b	0,2	< 0,0001	1,0
Mg	g/kg TM	2,9 ^c	0,1	3,1 ^c	0,1	3,8 ^{ab}	0,1	3,6 ^b	0,1	3,6 ^b	0,1	3,8 ^a	0,1	3,8 ^a	0,1	< 0,0001	0,3
Na	mg/kg TM	420 ^{cd}	35,6	360 ^{cd}	35,6	346 ^d	30,9	430 ^c	30,9	535 ^b	30,9	690 ^a	30,9	683 ^a	30,9	< 0,0001	143,3
Cu	mg/kg TM	12 ^d	0,2	11 ^d	0,2	13 ^c	0,2	13 ^b	0,2	15 ^a	0,2	15 ^a	0,2	13 ^b	0,2	< 0,0001	1,0
Mn	mg/kg TM	55 ^e	5,0	66 ^{de}	5,0	78 ^{cd}	4,2	84 ^{bc}	4,2	96 ^{ab}	4,2	99 ^a	4,2	99 ^a	4,2	< 0,0001	22,7
Zn	mg/kg TM	55 ^d	3,8	52 ^d	3,8	92 ^{bc}	3,1	91 ^{bc}	3,1	86 ^c	3,1	109 ^a	3,1	99 ^{ab}	3,1	< 0,0001	18,3

Die Energiedichte im Weidefutter startete im Frühling mit sehr hohen Konzentrationen von um 7 MJ NEL/kg TM (Tab. 2 und Abb. 1). Bei der zweiten Beerntung im Mai ging die Energiekonzentration im Sommer deutlich auf 6,5 zurück und lag im weiteren Verlauf zwischen 6,2 und 6,3 MJ NEL/kg TM. Im Herbst, beim letzten und jungen Aufwuchs, lag die Energiekonzentration bei 6,4 MJ NEL/kg TM. Sowohl Energie- und Eiweißkonzentrationen bewegen sich auf einem Niveau, das in einem vorangegangenen Versuch am selben Standort erhoben wurde (Starz *et al.*, 2011b). Neben Rohprotein und Energie zeigte das Futter der simulierten Kurzrasenweide auch hohe Konzentrationen an Mineralstoffen und Spurenelementen was auch den Ergebnissen vergleichbarer Weidefutteruntersuchungen entspricht (Kessler *et al.*, 1999).

Die hohen Gehalte an Kalzium können neben dem Nutzungszeitpunkt auch auf die hohen Bestandesanteile an *Trifolium repens* im Bestand zurückgeführt werden. Beachtlich sind auch die hohen Konzentrationen an Phosphor einzustufen (Abbildung 11), obwohl die Böden laut Bodenuntersuchung nur gering mit verfügbarem Phosphor versorgt waren. Ein ähnliches Bild konnte in einem anderen Kurzrasenweideversuch auf einem Standort in Niederösterreich im südlichen Waldviertel festgestellt werden (Starz *et al.*, 2014b). Hier wurden auf Böden, die laut Bodenuntersuchung eine sehr geringe verfügbare P-Konzentration aufwiesen, P-Gehalte von bis zu 7,1 g/kg TM im Futter bestimmt. Auch auf diesem Standort bildete *Trifolium repens* einen wichtigen Anteil im Kurzrasenweidebestand. Die Ergebnisse weisen aber auch darauf hin, dass die derzeitige Bodenuntersuchungsmethodik auf humusreichen und umsetzungsaktiven Grünlandböden den P-Versorgungsstatus der Pflanzen nicht bzw. nur bedingt abbilden können.

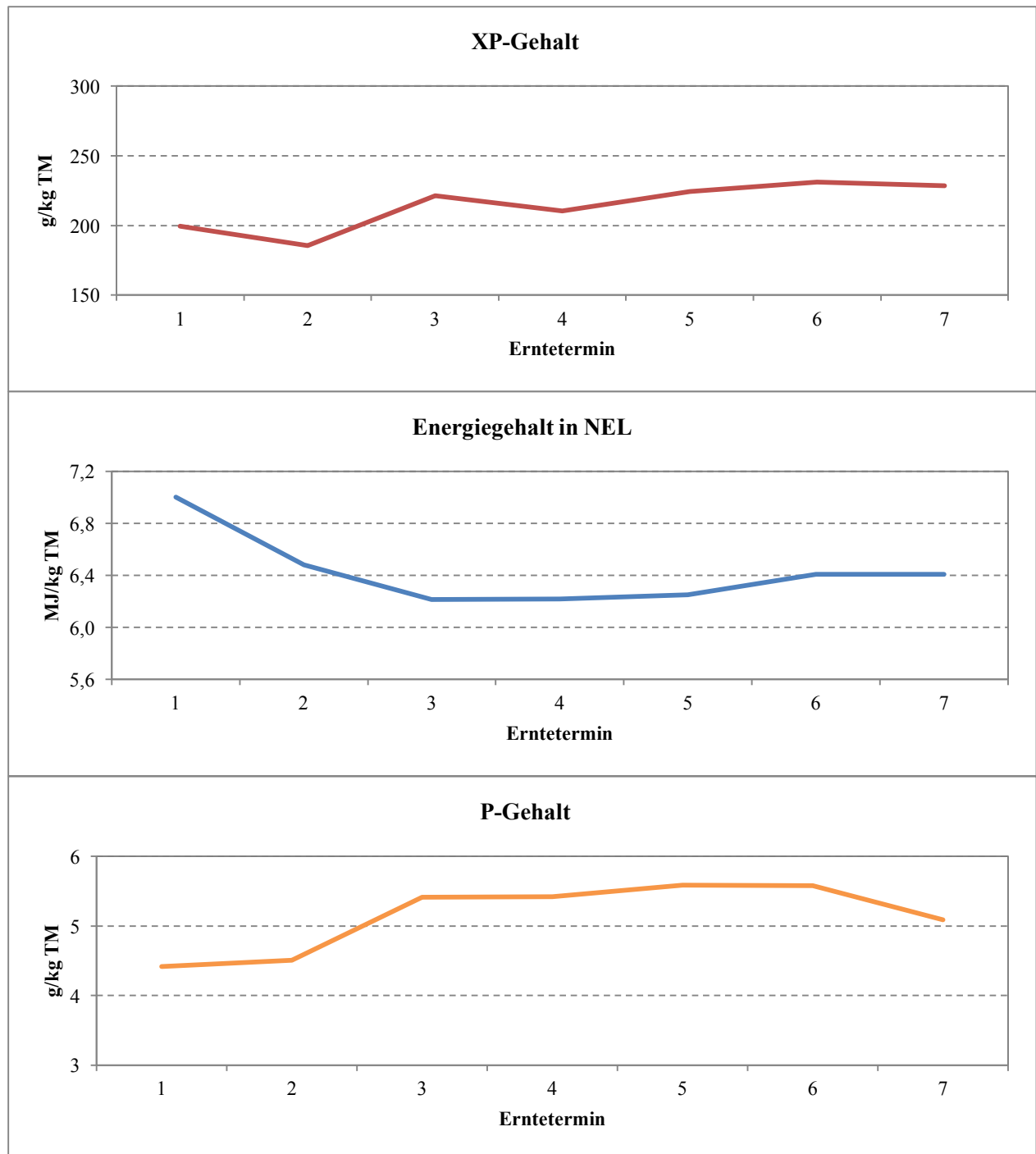


Abbildung 11: Verlauf der Rohprotein-, NEL- und Phosphorgehalte im Vegetationsverlauf (01.05.-22.10.) bei simulierter Kurzrasenweide

Die Rohfaserkonzentration stieg von 19 % auf 24 % zum zweiten Termin im Mai und blieb über den Sommer auf 22 % (Tabelle 8). Erst im Spätsommer und Herbst sank sie bis auf 17 % ab. Ein Ähnliches Bild zeigen auch die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF und ADL). Diese waren während der Sommermonate am höchsten und nur im Frühling und Herbst niedriger (Tabelle 8 und Abbildung 12). Diese Effekte dürften ebenfalls hauptsächlich auf die Jahreszeitlich unterschiedliche Halmbildungstendenz der Gräser zurückzuführen sein. Wenn man die Werte für Lignin (ADL) betrachtet, dann zeigen diese die signifikant höchsten Mengen von Mai bis August.

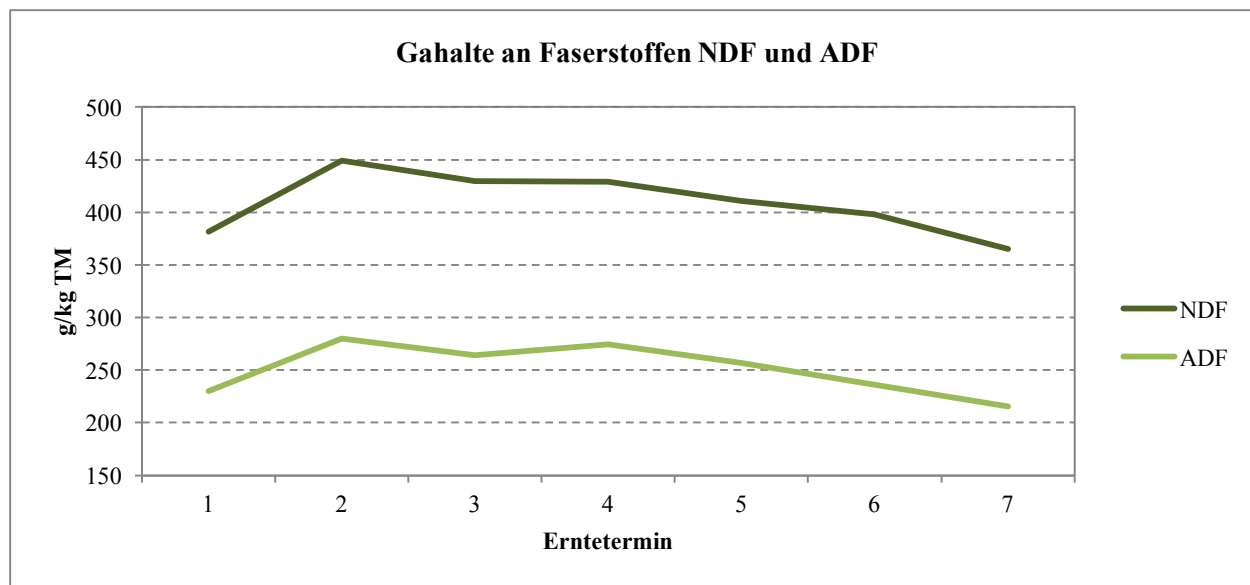


Abbildung 12: Verlauf der Gerüstsubstanzen NDF und ADF im Vegetationsverlauf (01.05.-22.10.)

Da höhere Anteile von Faserstoffen einen großen Einfluss auf die Energiedichte im Grundfutter haben, sank die Energiekonzentration in den Sommermonaten unter 6,5 MJ NEL/kg TM ab. In Gunstlagen – wo auch spätreife *Lolium perenne* Sorten verwendet werden – wurden im Vergleich zu den vorliegenden Ergebnissen geringere Jahreszeitliche Schwankungen festgestellt (Thomet und Hadorn, 1996). Hinsichtlich ausreichender Strukturkohlenhydrat-Versorgung der Wiederkäuer zeigt sich bei begrenztem Kraftfutareinsatz kein Risiko. Laut dem National Research Council sollte die NDF Konzentration für hochleistendes Milchvieh im Bereich von zumindest 250-330 g/kg TM (NRC, 2001) liegen.

5.2 Kurzrasen- und Koppelweide im Vergleich

Das Untersuchungsjahr 2010 war mit 853 mm ein überdurchschnittlich gutes Niederschlagsjahr für den Versuchsstandort. Trotzdem gab es in den Sommermonaten Phasen mit geringeren Niederschlagsmengen, die einen Effekt auf den Graszuwachs zeigten (siehe

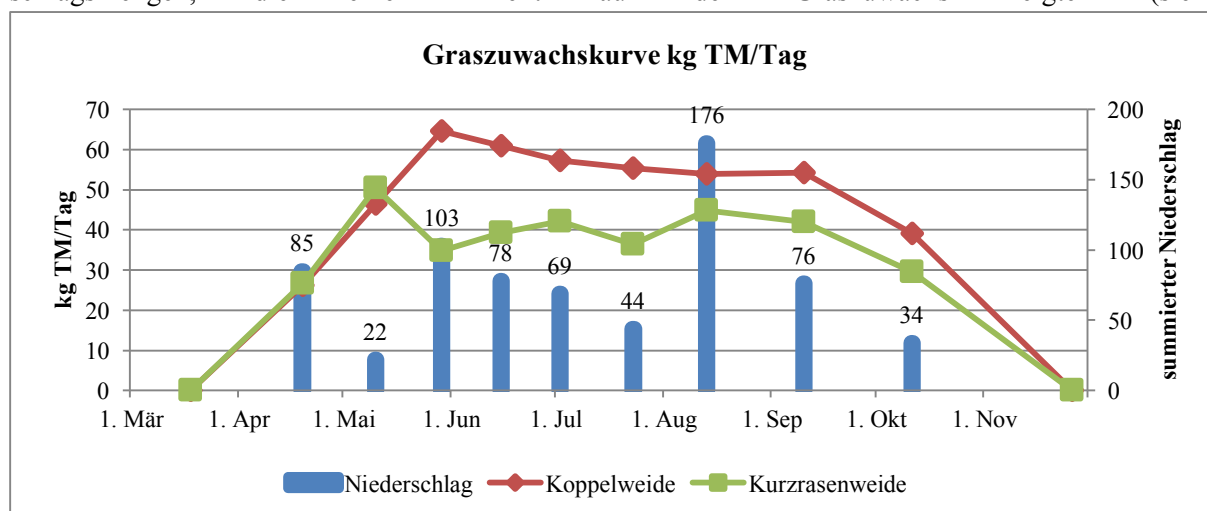


Abbildung 13).

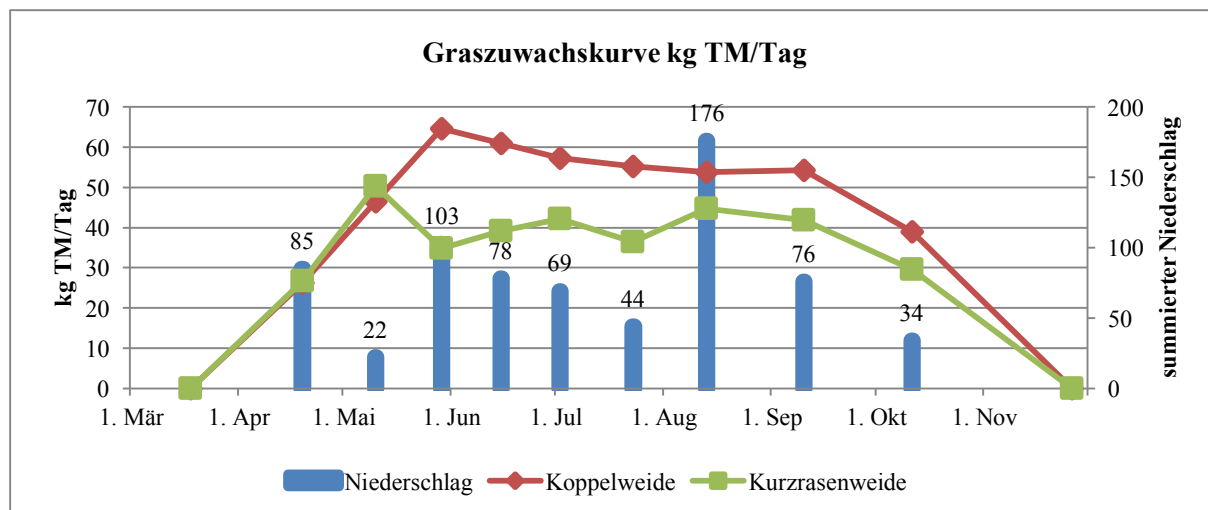


Abbildung 13: Graszuwachskurve für Kurzrasen- und Koppelweide sowie Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit 2010

Die Kurzrasenvariante reagierte auf geringeren Niederschlag mit einem Rückgang des Graszuwachses, wobei nach Regenperioden im Sommer das Graswachstum wieder leicht anstieg. Das Wachstumsmaximum wurde bei beiden Varianten im Mai erreicht, wobei es bei der Koppelvariante 65 kg und bei der Kurzrasenvariante 50 kg TM/ha und Tag betrug. Generell war die Kurzrasenweide, von Mai bis Oktober, der Koppelweide beim Graszuwachstum unterlegen.

Tabelle 9: Mengen- und Qualitätserträge bei Kurzrasen- und Koppelweide

Parameter	Einheit	Variante		SEM	p-Wert	s _e
		Kurzrasen LSMEAN	Koppel LSMEAN			
TM-Ertrag	kg/ha	7.753 ^b	10.561 ^a	176	0,0003	69
ME-Ertrag	MJ/ha	86.363 ^b	112.822 ^a	1.307	0,0010	1.187
NEL-Ertrag	MJ/ha	52.792 ^b	68.359 ^a	712	0,0011	736
XP-Ertrag	kg/ha	1.636 ^b	1.916 ^a	18	0,0085	37

Der TM-Jahresertrag war mit 10.561 kg/ha beim Koppelsystem signifikant höher als bei der Kurzrasenweide mit 7.753 kg/ha (siehe Tabelle 9). Dasselbe Bild zeigt sich beim Energie- und Rohproteinertrag, wo die Koppel signifikant höhere Erträge lieferte als das Kurzrasensystem.

Betrachtet man die Energie- (NEL) und Rohproteinkonzentrationen (XP) während der Vegetationszeit 2010, so erreichte das Futter der simulierten Kurzrasenweide von Juni bis August höhere NEL und XP Gehalte als die Koppelweide. Am 19. April 2010 wurden beide Varianten gleichzeitig geschnitten und das Futter erreichte zu diesem Zeitpunkt eine Energiekonzentration von 7,1-7,2 MJ NEL/kg TM. Danach fiel die Energiekonzentration ab und stieg Richtung Herbst wieder an. Der Abfall war im Koppelsystem deutlicher ausgeprägt.

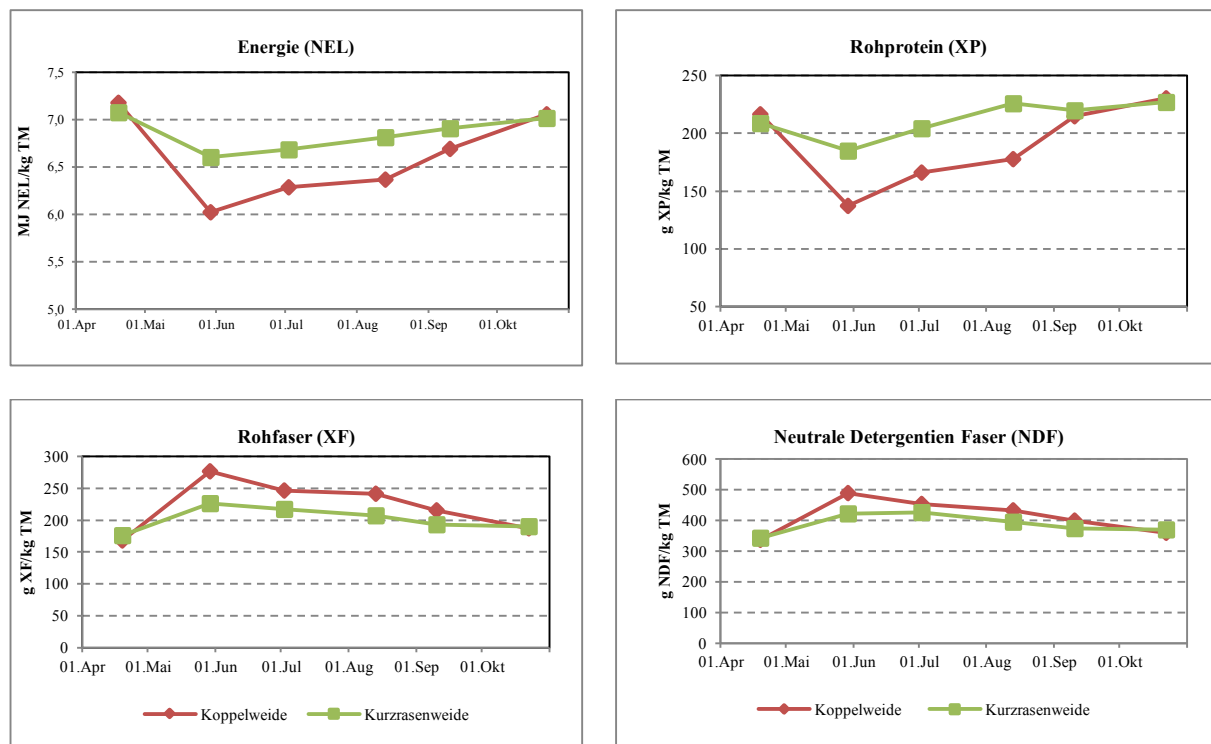


Abbildung 14: Konzentrationen an Energie (NEL), Rohprotein (XP), Rohfaser (XF) und Neutral Detergenzien Faser (NDF) im Futter der Kurzrasen- und Koppelweide

Der Rohproteingehalt verhielt sich ähnlich und war auch in den Sommermonaten in der Kurzrasenweide am höchsten. Das Kurzrasensystem hatte bis auf den zweiten Termin immer Gehalte über 200 g/kg TM. Im Gegenzug dazu war sowohl die Konzentration an Rohfaser (XF) als auch der Neutralen Detergenz Fasern (NDF) in der Koppelweide etwas höher. Die Rohfasergehalte waren in den Sommermonaten in beiden Systemen über 200 g/kg TM und unterschritten diese Grenze lediglich zu Weidebeginn bzw. zu Weideende.

Die größte Wurzelmasse konnte im Horizont 0-5 cm beobachtet werden (siehe Tabelle 2). Zwischen den beiden untersuchten Weidevarianten konnten keine eindeutigen Unterscheide ausgemacht werden. Klar zu erkennen ist der deutliche Trend einer ansteigenden Wurzelmasse während es Sommer hin in Richtung Herbst, wo beachtliche Größen von um die 10.000 kg/ha festgestellt wurden. Demgegenüber spielte die Wurzelmasse im Horizont 5-10 cm mit mehreren hundert kg eine untergeordnete Rolle

Tabelle 10: Wurzelmassen in den einzelnen Monaten und den zwei Beprobungshorizonten

Monat	Einheit	Horizont 0-5 cm		Horizont 5-10 cm	
		Kurzrasenweide	Koppelweide	Kurzrasenweide	Koppelweide
April	kg/ha	3.432	5.301	282	270
Mai	kg/ha	4.140	7.199	230	360
Juni	kg/ha	7.212	3.432	356	293
Juli	kg/ha	8.045	4.688	517	338
August	kg/ha	11.406	9.816	296	356
September	kg/ha	12.007	8.715	343	958

Während sowohl die Artengruppenverteilung als auch die Wurzelmassen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Weidesystemen erbrachten, zeigte der TM Ertrag die Tendenz, dass die

Kurzrasenweide sensibel auf die Niederschlagsmenge reagiert und bei kurzzeitigem Wasserstress das Graswachstum schneller reduziert als die Koppelweide. Aufgrund des höheren Pflanzenbestandes im Koppelsystem dürften günstigere kleinklimatische Bedingungen herrschen, wodurch die Verdunstung des offenen Bodens geringer ausfällt. Die Koppelweide konnte beim selben Pflanzenbestand um 2.800 kg/ha mehr TM, 280 kg/ha mehr XP und 15.567 MJ NEL/ha mehr produzieren. Dieser zusätzliche Energieertrag entspricht rein theoretisch um 2.400 kg mehr Milch je ha, wenn der Betrieb statt der bisherigen Kurzrasenweide das Koppelsystem umsetzen würde. Beide Weidesysteme liefern sehr hohe Energie- und Rohproteinkonzentrationen, was typisch für Weidefutter ist (Starz *et al.*, 2011b). Die Konzentration an XF und NDF liegt in der Hauptweideperiode bei beiden Systemen im wiederkäuergerechten Bereich. Laut dem National Research Council sollte die NDF Konzentration für hochleistendes Milchvieh im Bereich von 250-330 g/kg TM (NRC, 2001) liegen. Wird bei Weidehaltung keine größere Ergänzungsfütterung mit Kraftfutter durchgeführt, kann die Strukturwirksamkeit des Weidefutters (sowohl bei Kurzrasen-, als auch bei Koppelweide) als ausreichend eingestuft werden.

5.3 Weidenutzung auf drei Standorten

Im Vergleich der drei Standorte im Jahr 2010 erzielte die Kurzrasenweide am Bio-Institut die höchsten Erträge (siehe Tabelle 11), die sich zwar nicht von den Erträgen in Bayern unterschieden sehr wohl aber von denen auf dem Betrieb im Waldviertel. Bei den Qualitätserträgen konnten keine Unterschiede zwischen den Standorten festgestellt werden, obwohl der inneralpine Standort des Bio-Instituts mit 2.349 kg/ha den numerisch höchsten Rohproteintrag erzielte. Beim Vergleich der drei Standorte hatte der Betrieb im Waldviertel die niedrigsten Zuwachsraten und erreichte auch die geringsten Jahreserträge auf der Weide.

Tabelle 11: Mengen- und Qualitätserträge bei simulierter Kurzrasenweide auf 3 unterschiedlichen Standorten im Jahr 2010

Parameter	Einheit	Bayern	SEM	inneralpin AT	SEM	Waldviertel AT	SEM	p-Wert	s _e
		LSMEAN		LSMEAN		LSMEAN			
TM-Ertrag	kg/ha	8.858 ^{ab}	511	10.198 ^a	460	7.753 ^b	577	0,0093	1.007
NEL-Ertrag	MJ/ha	58.432 ^a	9.669	83.941 ^a	8.517	52.792 ^a	11.673	0,0829	22.807
XP-Ertrag	kg/ha	1.983 ^a	208	2.349 ^a	180	1.636 ^a	254	0,1178	509

Die Graszuwachskurven zeigten einen Standortseinfluss (siehe Abbildung 15). Der Vegetationsbeginn war zwar im Jahr 2010 auf den 3 Standorten identisch, aber während der Wachstumsphase traten je nach Standort mehr oder wenig stark ausgeprägte Schwankungen auf. Die geringste zeigte der inneralpine Standort. Dieser Standort wies aber eine geringere Vegetationsdauer im Vergleich zu den anderen beiden Standorten auf. Die höchsten Graszuwächse wurden in Bayern und am inneralpinen Versuchstandort des Bio-Instituts mit um die 70 kg TM/ha und Tag gemessen.

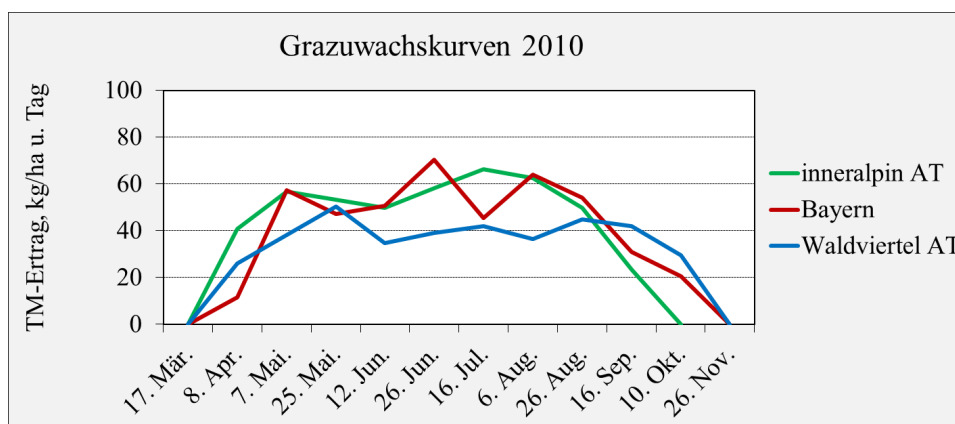


Abbildung 15: Grazuwachskurven der drei Versuchsstandorte im Jahr 2010

In Abbildung 16 ist der Verlauf der Energie in NEL, der Rohprotein-, Rohfaser- und Phosphorgehalt für alle drei Standorte im Jahr 2010 dargestellt. Hier zeigte sich, dass der grundsätzliche Verlauf auf allen Standorten ähnlich war. Was sich teilweise größer unterschied ist die absolute Höhe zu einem bestimmten Termin. So begann die Energiekonzentration bei knapp über 7, sank zum Sommer hin auf bis 6,4 ab und stieg im Herbst wieder auf über 6,5 MJ NEL/kg TM an. Das Absinken im Sommer war auf dem Standort in Bayern und im Waldviertel weniger stark ausgeprägt als am Bio-Institut.

Ebenso einheitlich auf allen Standorten verlief der Rohproteingehalt, der bis zum Herbst hin auf über 220 g/kg TM anstieg und sich damit im Niveau der Körnererbse befand. Ebenso einen Anstieg bis zum Herbst verzeichneten die Phosphorgehalte im Weidefutter. Diese waren generell sehr hoch und lagen immer über 4 g/kg TM. Beachtlich sind die P-Gehalte im Herbst am Betrieb im Waldviertel mit 7,1 g/kg TM. Bei der Rohfaser wurde ein Anstieg im Sommer auf knapp über 200 g/kg TM beobachtet bevor er im Herbst wieder unter 200 g/kg TM absank.

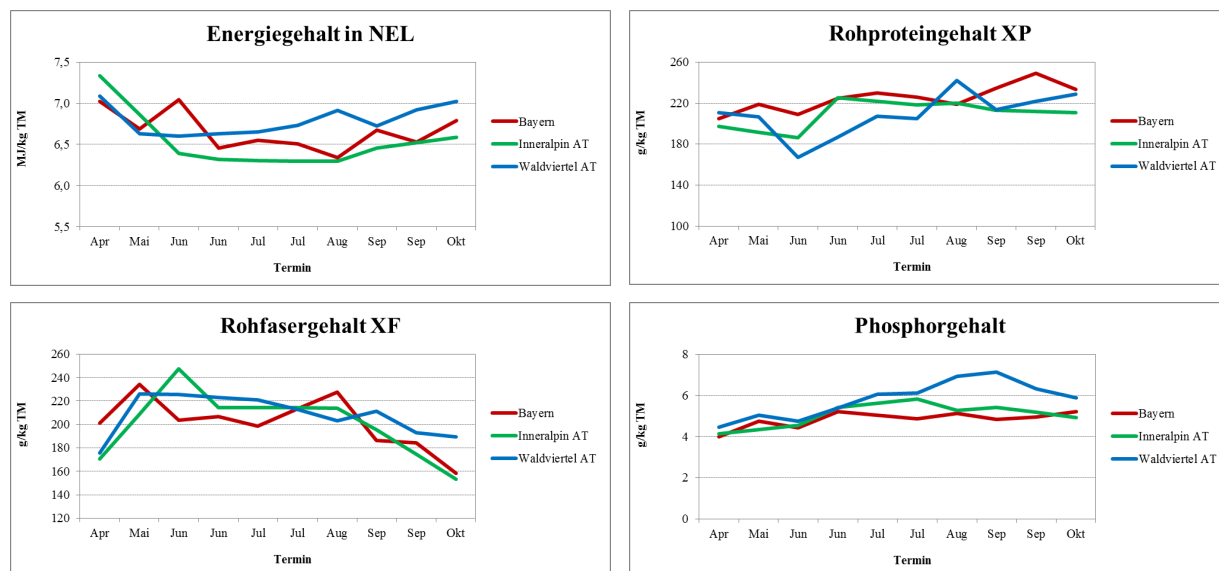


Abbildung 16: Verläufe von Energie, Rohprotein, Rohfaser und Phosphor im Weidefutter auf den drei Standorten im Versuchsjahr 2010

6 Schlussfolgerungen

Die Kurzrasenweide ist aufgrund der geringeren Arbeitsbelastung, gegenüber anderen Weisesystemen, gerade für Betriebe mit kleinen Herdengrößen interessant. Die österreichische Landwirtschaft ist sehr klein strukturiert. So beträgt die durchschnittliche Größe der Bio-Betriebe 19 ha und es werden 10 Kühe pro Bio-Betrieb gehalten. Daher kann die Kurzrasenweide ein interessantes System für viele Grünlandbetriebe im Berggebiet der Ostalpen darstellen.

Neben Englischem Raygras stellen Wiesenrispengras, Wiesenschwingel, Wiesenlischgras und Kammgras wichtige Arten intensiver genutzten Dauerweidebeständen in alpinen Lagen dar. Damit können auch bei einer intensiven Nutzung eine relativ hohe Biodiversität und damit stabile Pflanzengesellschaften erreicht werden.

Mit dieser Untersuchung konnte grundsätzlich gezeigt werden, dass unter dem rauerem Klima des Ostalpenraumes hohe Futterqualitäten im System der Kurzrasenweide erreichbar sind. Die größte Einschränkung gegenüber den klimatisch begünstigteren Gebieten in den Westalpen ist die kürzere Vegetationsdauer. Trotz der kürzeren Wachstumszeit erreichen die Bestände hohe Inhaltstoffkonzentrationen und liefern damit den Wiederkäuern ein qualitativ hochwertiges Weidefutter.

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit lassen ebenso die Tendenz erkennen, dass auf trockenheitsgefährdeten Standorten die Koppelweide günstiger abschneidet als die Kurzrasenweide. Trotzdem muss beachtet werden, dass die Umsetzung der Koppelweide eine gute Planung und ein optimales Management voraussetzen damit das höhere Ertragspotential auch ausgeschöpft werden kann.

7 Literaturverzeichnis

- Bohner, A. (2005): Organic matter in alpine grassland soils and its importance to site quality. Soil organic matter and element interactions - Austrian-Polish Workshop, Wien, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen, ALVA-Mitteilungen Heft 3/2005, 20.-21.04.2005, 91-98.
- Bohner, A. und Tomanova, O. (2006): Effects of cattle grazing on selected soil chemical and soil physical properties. 21st General Meeting on "Sustainable grassland productivity" Grassland Science in Europe, Badajoz, Spain, 11, 03.-06.04.2006, 89-91.
- Creighton, P.; Kennedy, E.; Gilliland, T.; Boland, T.M. und O'Donovan, M. (2010): The effect of sward *Lolium perenne* content and defoliation method on seasonal and total dry matter production. Grassland in a changing world - Proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, 15, 904-906.
- Dietl, W. und Lehmann, J. (2004): Ökologischer Wiesenbau - nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden, *Österreichischer Agrarverlag*, Leopoldsdorf, 136 S.
- GfE (1998): Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen, 7, *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 141-150.
- Kessler, J.; Vogel, R.; Thomet, P. und Hadorn, M. (1999): Mineralstoffgehalt von Kurzrasenweiden. *Agrarforschung* 6 (3), 88-91.
- Kirner, L. (2009): Vollweide in der Bio-Milchviehhaltung aus ökonomischer Sichtweise am Beispiel Österreichs. Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel, Zürich, Verlag Dr. Köster, 10, 11.-13.02.2009, 250-253.
- NRC (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. In Council (Ed.), *National Academy Press*, Washington, D.C., 37.
- Schechtner, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandesaufnahme mittels "Flächenprozentschätzung". *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 105 (1), 33-43.
- Schori, F. (2009): Weidebesatzstärken: Auswirkung auf Milchleistung und Grasqualität. *Agrarforschung* 16 (11-12), 436-441.
- Starz, W.; Steinwidder, A.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2011a): Vergleich zwischen Kurzrasenweide und Schnittnutzung unter ostalpinen Klimabedingungen. 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis - Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, Verlag Dr. Köster, 16.-18.03.2011, 93-96.
- Starz, W.; Steinwidder, A.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2013): Etablierung von Wiesenrispengras in einer 3-schnittigen alpinen Dauerwiese mittels Kurzrasenweide. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung, Bonn, 05.-08.03.2013, 146-149.
- Starz, W.; Steinwidder, A.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2011b): Forage feeding value of continuous grazed sward on organic permanent grassland. Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions - Proceedings of the 16th Symposium of the European Grassland Federation, Irtdning, 16, 29.-31.08.2011, 356-358.

- Starz, W.; Steinwidder, A. und Kirner, L. (2014a): Grünlandbasierte Low-Input-Milchviehhaltung. *Journal* **7/2014** (Issue).
- Starz, W.; Steinwidder, A.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2010): Continuous grazing in comparison to cutting management on an organic meadow in the eastern Alps. Grassland in a changing world - Proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, 15, 1009-1011.
- Starz, W.; Steinwidder, A.; Pfister, R. und Rohrer, H. (2014b): Ertrag und Futterqualität auf Weiden im bayrischen und österreichischen Alpenvorland sowie im inneralpinen Raum. Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern - Öko-Landbau-Tag 2014, Triesdorf, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, 09.04.2014, 49-55.
- Starz, W. und Steinwidder, A. (2007): Stickstoffflüsse auf der Weide bei Vollweidehaltung im alpinen Raum Österreichs. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zwischen Tradition und Globalisierung, Universität Hohenheim,, Stuttgart, 20.-23.03.2007, 17-20.
- Thomet, P. und Hadorn, M. (1996): Futterangebot und Milchproduktion auf Kurzrasenweiden. *Agrarforschung* **3** (10), 505-508.
- Thomet, P. und Blättler, T. (1998): Graswachstum als Grundlage für die Weideplanung. *Agrarforschung* **5** (1), 25-28.
- Thomet, P.; Leuenberger, S. und Blättler, T. (2004): Projekt Opti-Milch: Produktionspotenzial des Vollweidesystems. *Agrarforschung Schweiz* **11** (8), 336-341.
- Thomet, P. (2005): Angepasste Vollweidehaltung – Boden, Pflanze und Ökologie. Österreichische Fachtagung für biologische Landwirtschaft - "Low-Input" Milchproduktion bei Vollweidehaltung, Eiweißversorgung in der biologischen Nutztierfütterung, Irdning, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 09-10.11.2005, 11-16.
- Troxler, J.; Ryser, J.-P.; Pittet, J.-P.; Jaccard, H. und Jeangros, B. (2010): Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen. *Agrarforschung Schweiz* (10), 384-391.