

# Qualität von Wiesenfutter in Abhängigkeit diverser Einflussfaktoren

---

Reinhard Resch

## 1 Einleitung

Die Nährstoff-/Mineralstoff- und Energieversorgung von Wiederkäuern aus dem wirtschaftseigenen Grundfutter ist in Österreich von erheblicher Bedeutung, insbesondere, weil der Grünlandanteil ca. 50 %, im benachteiligten Berggebiet sogar ca. 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche einnimmt und die Wiederkäuerrationen entsprechend viel Grünlandfutter enthalten. Aus Sicht der Wirtschaftlichkeit der Rinderproduktion und zur Vermeidung von Futterzukauf, speziell von Protein-Konzentraten aus Ländern außerhalb Europas, wäre nach BMLRT (2021) eine möglichst hohe Bedarfsdeckung durch hochwertiges Grünlandprotein für die Wiederkäuer aus wirtschaftseigener Produktion wünschenswert.

Die Pflanzenarten des Grünlandes und deren Mischungen manifestieren nach Nelson und Moser (1994) die Grundfutterqualität in Abhängigkeit der Wachstums- und Erntebedingungen, sowie des Managements. Leguminosen und Kräuter entwickeln sich im Vergleich zu Gräsern in ihrer Ontogenese unterschiedlich (Nultsch, 2001). Dikotyle Pflanzen enthalten aufgrund ihrer Morphologie mehr Protein und Mineralstoffe als Gräser, daher ist in punkto Futterqualität eine Typisierung von Wiesenbeständen nach Resch *et al.* (2015) sinnvoll. Das Reifestadium beeinflusst die Morphologie der Pflanzen über das Verhältnis von Blätter : Stängel, sowie über die Qualität der Stängel und deren Verdaulichkeit (Albrecht *et al.*, 1987). Diverse Futterwerttabellen bestätigen, dass der Nutzungszeitpunkt eines Grünlandbestandes der größte Einflussfaktor auf die Futterqualität ist (z.B. DLG (1997); (Resch *et al.*, 2017); Agroscope (2021)). Nach (Buxton und Fales, 1994) beeinflusst kein Faktor die Futterqualität so stark wie das pflanzliche Reifestadium, aber Umweltbedingungen, wie Temperatur, Strahlung und Wasserstress, sind in der Lage Morphologie und Pflanzenreife zu modifizieren. Effekte auf die pflanzliche Gestalt werden nach Nultsch (2001) als Morphosen bezeichnet – z.B. Photomorphose (Effekt der Strahlung), Thermomorphose (Effekt der Temperatur). Bedingt durch den Klimawandel treten im Sommer vermehrt Tropentage auf, wo Optimaltemperaturen für Pflanzen überschritten werden und es zu Reaktionen wie der Bildung von Hitzeschockproteinen kommen kann. Schließlich verändern Managementmaßnahmen wie die Höhe der Stickstoffdüngung den Ertrag und Leguminosenanteil und dadurch meist auch die Futterqualität. Darüber hinaus gibt es weitere Einflussfaktoren auf die Futterqualität von Dauergrünland, d.h. die Sphäre an Effekten ist durchaus komplex.

Die TM-Futterraufnahme der Wiederkäuer steigt mit zunehmender Verdaulichkeit des Grünlandfutters (Van Soest, 1994), d.h. je jünger das pflanzliche Gewebe, umso besser/schneller kann das Grundfutter verwertet werden. Eine Verkürzung der Aufwuchsdauer zugunsten der Futterqualität führt zu einer höheren Nutzungsfrequenz (Schnitthäufigkeit), welche durch eine klimawandelbedingte Verlängerung der Vegetationsperiode zusätzlich befeuert wird. Viele Pflanzenarten des Dauergrünlandes sind nur bedingt in der Lage einem hohen Nutzungsdruck nachhaltig standzuhalten. Hier stellt sich die Frage nach Grenzen der Nutzungsintensität. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Ertragsbildung bei früher Nutzung nicht voll ausgeschöpft werden kann, d.h. es gibt einen gewissen Konflikt zwischen Futterqualität, Biodiversität und TM-Ertrag (Isselstein und Ko-mainda, 2023). Eine Synthese zwischen Futterqualität und TM-Ertrag wäre ein Optimum zwischen

beiden im Sinne eines standortspezifischen Qualitätsertrages (Klingler, 2023). In Österreich existiert noch ein hoher Anteil an alten Dauerwiesen in einer sehr heterogenen klimadifferenten Region. Es stellt sich die Frage, inwieweit standortangepasste Empfehlungen für eine optimale Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen anhand von Düngungs- und Nutzungsversuchen auf unterschiedlichen Standorten abgeleitet werden können, um eine Nachhaltigkeit in Ertragsbildung, Biodiversität und Futterqualität sicherzustellen.

In diesem Beitrag wurde ein umfassender Datensatz des DW-NET Projektes (19 Standorte, Laufzeit 2002 bis 2021) ausgewertet und dargestellt, um zu zeigen welche Wirkungen auf die Nährstoff- und Mineralstoffgehalte, sowie auf die OM-Verdaulichkeit und Energiekonzentration im österreichischen Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einflussfaktoren zu erwarten sind.

### 1.1.1 Hypothesen

- (1) Das Klima (Temperaturen, Niederschläge) verändert Futtergehaltswerte.
- (2) Es gibt Langzeiteffekte auf die Futterqualität von Dauerwiesenfutter.
- (3) Aufwuchs und Erntezeitpunkt als starke Einflussfaktoren auf die Futterqualität.
- (4) Standortseigenschaften wirken sich signifikant auf Inhaltsstoffe und Mineralstoffe aus.
- (5) Das Artengruppenverhältnis (Gräser, Leguminosen, Kräuter) beeinflusst die Futterqualität.
- (6) Die Art des Wirtschaftsdüngers hat einen signifikanten Einfluss auf die Futterqualität.

## 2 Material und Methoden

Die Beschreibung des Versuchsdesigns, der Standorte und anderer relevanter Informationen zum Forschungsprojekt DW-NET ist in Resch *et al.* (2023) zu entnehmen.

### 2.1.1 Vergleich von Schnittsystemen

Im gegenständlichen DW-NET Projekt wurden ab 2002 drei Bewirtschaftungsintensitäten auf alten Dauerwiesenbeständen verglichen: 2-Schnittsystem, 3-Schnittsystem, 4-Schnittsystem. Nach Bockholt *et al.* (1996) entspricht das 2-Schnittsystem einer halbintensiven und das 3- bzw. 4-Schnittsystem einer intensiven Graslandnutzung. Auf Wunsch des Projektpartners LFS Pyhra bei St. Pölten (Site-ID 785) wurde ab 2012 auch ein sehr intensives 5-Schnittsystem mit zwei Varianten (ohne und mit Nachsaat) installiert. In diesem Beitrag zur Futterqualität werden teilweise auch Ergebnisse vom 5-Schnittsystem als Vergleich dargestellt. Da hier nur ein Standort vorliegt sind diese Daten nur für sehr ähnliche Standortbedingungen wie in Pyhra (Niederösterreich) verwendbar, d.h. die 5-Schnittvariante darf nicht allgemein auf Österreich umgelegt werden!

### 2.1.2 Futteranalysen

Nach der von Resch *et al.* (2023) beschriebenen Probeziehung von 1.000 g Frischmasse, Trocknung und Vermahlung auf 1 mm Partikelgröße erfolgte die nasschemische Analyse von Trockenmasse (TM) und Inhaltsstoffen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nach VDLUFA (1976). Der Rohproteingehalt wurde durch Messung des Gesamtstickstoffs mittels Variomax CMS (Fa. ELEMENTAR). Mit dem gleichen Equipment wurde der Schwefelgehalt gemessen. Die Energiekonzentrationen der Futtermittel basieren auf der Verdaulichkeit der organischen Masse, welche

mit der klassischen in vitro-Pansensaftmethode nach Tilley und Terry (1963) analysiert wurde. Hier wurde ein besonders hoher Analysenaufwand nach Resch (2004) betrieben, weil jede Futterprobe mindestens mit 6 Wiederholungen gemessen wurde (2 Versuchsdurchgänge mit unterschiedlichem Pansensaft  $\times$  3 Messwiederholungen). Die Energiedichte (ME und NEL) wurde durch Schätzgleichungen auf Grundlage der DLG-Futterwerttabellen (DLG, 1997) abgeleitet.

Nachdem die Futterproben der Praktiker ab dem Jahr 2015 vermehrt auf Gerüstsubstanzen (aNDF<sub>om</sub>, ADF<sub>om</sub> und ADL) analysiert werden, etabliert sich in Österreich mittlerweile die realitätsnähere Faserbewertung von Grundfutter nach Van Soest (1963). Die Forderung von Gruber (2009) das Rohfasersystem abzuschaffen und durch die Gerüstsubstanzen zu ersetzen kann heute schon vielfach erfüllt werden. Im Forschungsprojekt DW-NET wurden die Gerüstsubstanzen ab dem Jahr 2011 routinemäßig untersucht. Aufgrund fehlender Gerüstsubstanzen vor 2011 wurde in dieser Arbeit auch die Rohfaser entsprechend ausgewertet.

### 2.1.3 Rohaschekorrektur

Die Futterernte von Dauerwiesen stellt in der Praxis hinsichtlich Futtermverschmutzung mit Erde durchaus eine Herausforderung dar, das zeigten bundesweite LK-Silage- und Heuprojekte (Resch, 2021); (Resch und Stögmüller, 2023a). Bei der Validierung der Futteranalysendaten wurde bei den Rohaschegehalten (CA) festgestellt, dass von 5.172 Werten insgesamt 1.217 Proben einen Gehalt von mehr als 130 g/kg TM aufwiesen und somit nach Resch *et al.* (2014) bereits mindestens einer leichten bis mäßigen Futtermverschmutzung unterlagen. Selbst bei Einhaltung der Schnitthöhe von 5 cm in den DW-NET Feldversuchen, wiesen ca. 25 % der Futterproben Rohaschegehalte über 130 g/kg TM auf. Die Rohaschegehalte erreichten im Maximum 356 g/kg TM, also sehr starke Erdkontamination. Nach (Resch *et al.*, 2013) besteht zwischen Rohasche- und Eisengehalt im Futter eine starke Beziehung. In Abbildung 2 konnten 69 % der Datenvarianz ( $R^2$ ) mit einem polynomisches Modell (Eisen [mg/kg TM] =  $0,0598 \times CA^2$  [g/kg TM] +  $12,929 \times CA$  [g/kg TM] – 1046) erklärt werden. Eisengehalte über 1.000 mg/kg TM bestätigen viele mäßige bis sehr stark verschmutzte Futterproben (Abbildung 1).

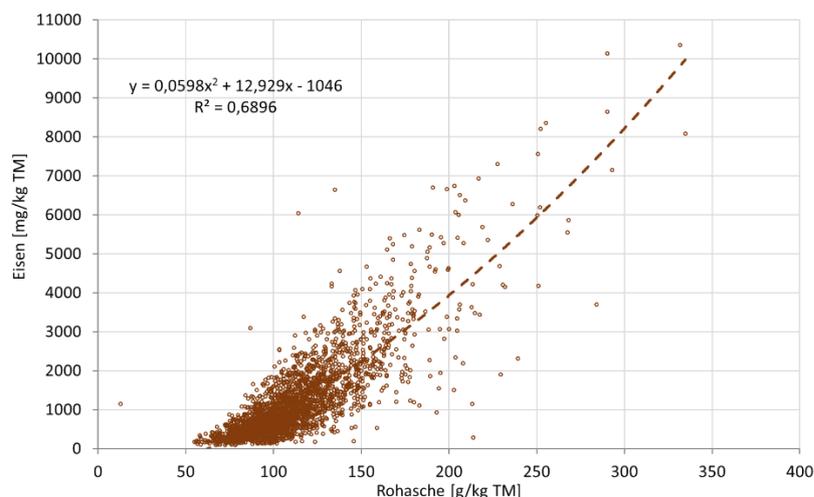


Abbildung 1: Beziehung von Rohasche- und Eisengehalt in Dauerwiesenfutter

Die vielen hohen CA-Gehalte führten zu einer rechtsschiefen Datenverteilung (Mittelwert 116 g/kg TM, Median 109 g/kg TM – Tabelle 2). Mit steigendem Verschmutzungsgrad nimmt der Effekt der Verdünnung von anderen Inhaltsstoffen zu. Daher wurden alle Rohaschegehalte über

130 g/kg TM auf Durchschnittsgehalte für den 1. Aufwuchs und für die Folgeaufwüchse in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit der Dauerwiesen mit den Gehaltswerten aus Tabelle 1 korrigiert, um eine Normalisierung der Daten zu erreichen (Abbildung 2).

**Tabelle 1: Mittlere Rohaschegehalte von Dauerwiesen-Grünfutter in Abhängigkeit von Schnitthäufigkeit und Aufwuchs**

Aufwuchs	2-Schnitt	3-Schnitt	4-Schnitt	5-Schnitt	Quelle
1. Aufwuchs	97	96	105	118	Resch et al. (2015)
2. + Folgeaufwüchse	96	101	111	125	Pötsch und Resch (2005)

Ein Vergleich der korrigierten CA-Gehalte zu CA-Mittelwerten aus anderen Feldversuchspublikationen zeigte, dass die DW-NET Ergebnisse mit jenen von Resch et al. (2015) im ersten Aufwuchs gut übereinstimmten, während die CA-Gehalte bei Pötsch und Resch (2005) im 1. Aufwuchs bei Praxisflächen deutlich niedriger waren (Schnitthäufigkeit 2x: 77 g; 3x: 80 g; 4x: 93 g CA/kg TM). Die Folgeaufwüchse stimmten relativ gut mit den vorher angesprochenen Quellen überein.

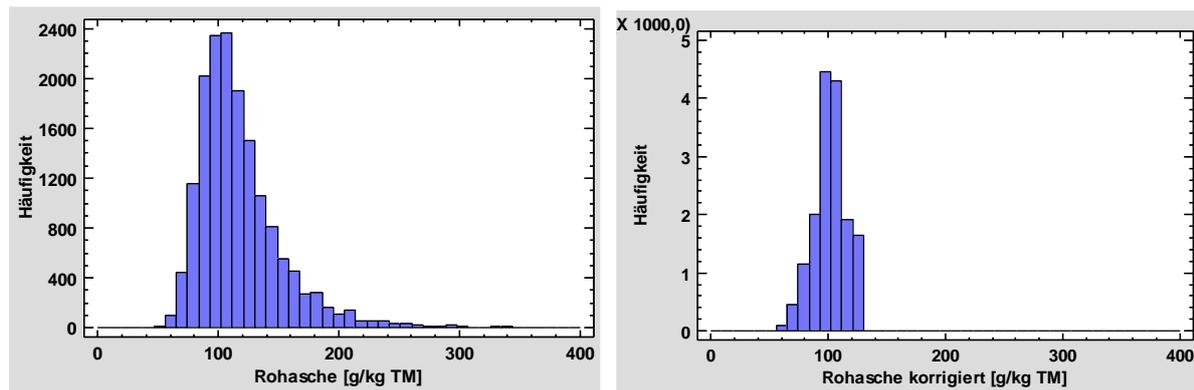


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung des Rohaschegehaltes von Dauerwiesen im Projekt DW-NET vor Normalisierung (links) und nach Korrektur (rechts)

Nach Neuberechnung der organischen Masse (OM) mit dem korrigierten CA-Gehalt ( $1000 - CA_{\text{korrr.}}$ ) wurden die Inhaltsstoffe Rohprotein (CP), Rohfaser (CF), Rohfett (CL), sowie die Gerüstsubstanzen  $aNDF_{\text{om}}$ ,  $ADF_{\text{om}}$  und ADL nach **Formel 1** neu berechnet. Außerdem musste die Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) bei allen aschekorrigierten Proben neu berechnet werden (**Formel 2**). Der Gehalt an verdaulicher OM in der TM (dOMD) war in der Folge die Grundlage für die Korrekturberechnung der metabolischen Energie (ME) und der Nettoenergie-Laktation (NEL). Die Abkürzungen der Rohnährstoffe werden aufgrund der aktuellen Anpassung der (GfE, 2023) auch in dieser Arbeit nach internationalem Standard bezeichnet – z.B. Rohprotein = Crude Protein (CP).

Da die Erdkontamination auch einen Einfluss auf den TM-Bruttoertrag hatte, musste dieser ebenfalls bereinigt werden. Dazu wurde im ersten Rechenschritt der korrigierte CA-Ertrag in kg/ha ermittelt (**Formel 3**). Anschließend konnte der korrigierte TM-Ertrag berechnet werden (**Formel 4**). Nach diesem Rechenschritt wurden noch die korrigierten Bruttoerträge von XP, ME und NEL sowie der N-Entzug je Hektar nach dem Prinzip von Formel 3 kalkuliert.

$$\text{Formel 1: } \text{Inhaltsstoff korr [g]} = \frac{\text{Inhaltsstoff [g]}}{\text{OM [g]}} \times \text{OMkorr [g]}$$

$$\text{Formel 2: } d\text{OMD [g]} = \text{OM korr [g]} \times (d\text{OM [\%]} \div 100)$$

$$\text{Formel 3: } \text{XA Ertrag korr [kg]} = \text{TM Ertrag [dt]} \div 10 \times \text{XA korr [g]}$$

$$\text{Formel 4: } \text{TM Ertrag korr [dt]} = \text{TM Ertrag [dt]} - \left( \frac{\text{XA Ertrag [kg]} - \text{XA Ertrag korr [kg]}}{100} \right)$$

### 2.1.4 Statistische Auswertung

Die Datenanalyse wurde mittels linearer Modellierung durchgeführt, um die Effekte der Einflussfaktoren mit entsprechenden P-Werten bzw. Koeffizienten beschreiben zu können. Für die lineare Modellierung wurde mit GLM (General Linear Model) und der Software Statgrafics Centurio XVII gearbeitet. Für die Mittelwertvergleiche wurde Tukeys HSD-Methode gewählt. Das lineare Modell wurde folgendermaßen umgesetzt:

$$y_{ijklmnop} = \mu + J_i + ST_j + C_k + A_l + G_m + L_n + T_o + PR_p + \varepsilon_{ijklmnop}$$

$y_{ijklmnop}$  = Beobachtungswert der abhängigen Variable (TM-Gehalt, Roh Nährstoffe, Mineralstoffe)

$\mu$  = gemeinsame (mittlere) Konstante

$J_i$  = zufälliger Effekt des Jahres (2002 bis 2021)

$ST_j$  = zufälliger Effekt des Standortes (19 Stationen von Hohenems bis Güssing)

$S_k$  = fixer Effekt des Schnittsystems (2- bis 4-Schnittsystem)

$A_l$  = fixer Effekt des Aufwuchses (1. bis 4. Aufwuchs)

$G_m$  = Effekt der Covariable Gräseranteil in Gewichtsprozent

$L_n$  = Effekt der Covariable Leguminosenanteil in Gewichtsprozent

$T_o$  = Effekt der Covariable Temperatursumme (Stationsdaten bis 2011 + INCA-Daten ab 2012)

$PR_p$  = Effekt der Covariable Niederschlagssumme (Stationsdaten bis 2011 + INCA-Daten ab 2012)

$\varepsilon_{ijklmnop}$  = nicht erklärter Rest der Streuung

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungen der Futterqualität von alten Dauerwiesenflächen aus Österreichs Regionen unter differenzierter Bewirtschaftungsintensität und der Klärung welche Effekte maßgeblich für qualitative Veränderungen waren, stehen im Vordergrund dieser Arbeit. Die Erkenntnisse sollen insbesondere der Praxis, der Beratung und der Lehre dienen, um das Wissen über Grünlandmanagement im Sinne einer standortangepassten, nachhaltigen Bewirtschaftung zu verbessern. In diesem Zusammenhang stellt der Vergleich der DW-NET Daten zu anderen Arbeiten einen wichtigen Mosaikstein für die Entwicklung des Wissens zur Grünlandwirtschaft dar.

### 3.1.1 Allgemeine Statistik zur Futterqualität

Damit der Umfang der DW-NET Daten hinsichtlich Futterqualität gefasst werden kann, soll eine deskriptive statistische Auswertung der qualitativen Parameter den Einstieg ermöglichen (Tabelle 2). Die Ergebnisse der Mittelwerte und Streuungskennwerte zeigen, dass die Daten normal verteilt

vorlagen. Die Rohaschegehalte und deren Verteilung wiesen ca. 25 % mit Erde verschmutzte Proben aus, daher wurden diese auf Referenzwerte korrigiert – Details dazu unter Punkt Rohasche. In der Folge mussten auch Inhaltsstoffe der organischen Masse korrigiert werden (Tabelle 2). Die Wertebereiche der einzelnen Parameter deckten weitestgehend bekannte Qualitäten aus anderen Quellen wie z.B. Resch *et al.* (2017) ab, die von Futterprobenanalysen aus Dauerwiesen-Grünfütter in Österreich für extensives bis mittelintensives Grünlandmanagement (2- bis 4-Schnittsystem) vorliegen.

Tabelle 2: Deskriptive Statistik zu Parametern der Futterqualität von Dauerwiesenfutter aus dem DW-NET Projekt 2002-2021

Parameter	Einheit	n	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	SD	Q25	Q75	Min	Max	Spannweite
Trockenmasse	g/kg FM	3986	233,1	221,8	72,5	182,7	272,2	35,8	646,8	611,0
Rohasche	g/kg TM	3815	116,4	108,7	34,6	93,6	129,8	52,3	354,4	354,4
*Rohasche (CA)	g/kg TM	3815	101,9	101,0	14,1	93,6	111	52,3	130,0	77,7
Eisen (Fe)	mg/kg TM	2342	1226	885	1122	491	1597	84	10359	10275
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	3815	122,7	120,7	28	103,6	139,3	52,3	265,1	212,7
*aNDF <sub>om</sub>	g/kg TM	2355	503	500,6	60,5	460,4	542,9	303,6	731,4	427,8
*ADF <sub>om</sub>	g/kg TM	2355	333,9	332,9	34,7	310,1	356,9	224,8	444,1	219,3
*ADL	g/kg TM	2355	56,2	55,6	14,2	46,6	64,6	12,9	126,8	114,0
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	3815	264,3	263,1	34,7	240,6	285,9	146,9	439,7	292,8
*Rohfett (CL)	g/kg TM	3815	20,4	20,3	4,1	17,8	22,9	6,1	38,6	32,5
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	3357	65,9	66,7	6,7	62	70,6	40,3	85,1	44,8
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	3357	9,04	9,19	1,11	8,42	9,8	4,59	11,92	7,33
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	3357	5,24	5,35	0,8	4,78	8,8	2,2	7,31	5,11
Calcium (Ca)	g/kg TM	3138	9,4	9,2	2,8	7,3	11,1	2,6	20,7	18,1
Phosphor (P)	g/kg TM	3815	3,4	3,4	0,9	2,8	4	0,9	6,4	5,5
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3138	3,1	3	1,1	2,4	3,7	0,7	9,7	9
Kalium (K)	g/kg TM	3815	20,8	20,4	5,1	17,1	24	7,5	41,3	33,8
Natrium (Na)	mg/kg TM	2745	215	162	188	109	253	4	1871	1867
Schwefel (S)	g/kg TM	189	2,1	2,2	0,5	1,8	2,4	1,1	3,1	2
Zink (Zn)	mg/kg TM	2342	40	37,2	15,6	31,3	45,5	13,8	299	285,2
Mangan (Mn)	mg/kg TM	2342	113,4	93,6	76,4	64,9	134,9	11,3	686	674,7
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	2342	7,9	7,7	2,1	6,3	9,1	2,7	23,4	20,7

n = Anzahl;  $\bar{x}$  = Mittelwert;  $\tilde{x}$  = Median; SD = Standardabweichung; Q25 = Quartil 25 %; Q75 = Quartil 75 %; \*Aschekorrektur

### 3.1.2 Bewertung der Effekte auf die Futterqualität von Dauerwiesen durch GLM-Analyse

Nach Van Soest (1994) ist ein bekanntes Problem die Schaffung eines Modells, das Umwelt- und Klimafaktoren integriert, um Zusammensetzung und Verdaulichkeit von Futterpflanzen vorherzusagen. Für Luzerne wurde von Fick und Onstad (1988) ein partiell erfolgreiches Modell entwickelt.

In diesem Abschnitt wurden die adjustierten Mittelwerte der einzelnen Parameter aus der GLM-Statistik in Tabelle 3 zusammengefasst und dem Mittelwert aus der deskriptiven Statistik gegenübergestellt. An den unterschiedlichen Probenanzahlen (n) ist erkenntlich, dass nicht alle Parameter in jedem Versuchsjahr analysiert wurden. Die Mittelwerte der Covariablen für die Artengruppen Gräser und Leguminosen sowie für die agrarmeteorologischen Aggregate für Temperatursummen und Niederschlagssummen bilden die Basis zur Beschreibung der linearen Wirkung der Koeffizienten in Tabelle 4. So lag der Gräseranteil im Durchschnitt zwischen 58,2 bis 58,5 Gew. %

und der Leguminosenanteil zwischen 8 bis 8,9 Gew.%. Schwefel wurde nur 2021 untersucht, daher kam es hier zu einer Änderung der adjustierten Mittelwerte auf 63,7 Gew.% Gräser bez. 9,3 Gew.% Leguminosen. Die mittleren Temperatursummen bewegten sich zwischen 1048 und 1054 °C, während die durchschnittlichen Niederschlagssummen zwischen 243 bis 253 mm lagen. Auch hier bildete der Parameter Schwefel eine Ausnahme, weil hier im Jahr 2021 die mittlere Temperatursumme bei 1020 °C und die mittlere Niederschlagssumme bei 220 mm lag. Generell konnte beobachtet werden, dass sich die Datenadjustierung durch die GLM-Analyse nur durch geringfügige Ab-/Zunahmen der Mittelwerte gegenüber der deskriptiven Statistik auswirkte. Die Güte des Modells kann am  $R^2$  abgelesen werden. Ungünstige Modellgüte zur Erklärung der Datenstreuung mit  $R^2$  kleiner 40 % war bei Trockenmasse, Rohasche, Eisen, Zink und Schwefel zu beobachten. Eine mäßige Modellgüte mit  $R^2$  zwischen 40 bis 50 % lieferten die Parameter ADL, CF,  $ADF_{om}$ , K und Na. Eine zufriedenstellende Modellgüte mit  $R^2$  zwischen 50 bis 60 % erreichten  $aNDF_{om}$ , CL, OMD, ME, NEL, Ca, Mg und Cu. Verhältnismäßig gute Modellgüte mit  $R^2$  über 60 % war bei den Parametern CP, P und Mn zu sehen (Tabelle 3).

Die Effekte der Covariablen können in der zusammenfassenden Tabelle 4 entnommen werden. Zwecks praxisorientierterer Interpretation der Koeffizienten wurde die Steigerung von einer Einheit auf höhere Einheiten angepasst. Im Fall der Artengruppen Gräser und Leguminosen beträgt die Änderung 10 Einheiten, also +10 Gew.% und im Fall von Temperatursumme und Niederschlagssumme 100 Einheiten, also +100 °C bei Temperatur bzw. +100 mm für Niederschlag.

In den nachstehenden Auswertungen wurde auf die unterschiedlichen Hypothesen eingegangen, um die Wirkungen einzelner Faktoren auf die Parameter der Qualität von Dauerwiesenfutter fokussiert beschreiben zu können.

### 3.1.3 Hypothese 1: Das Klima hat einen Einfluss auf die Futterqualität von Dauerwiesen

Die Temperatursumme und die Niederschlagssumme sind Aggregate aus Tageswerten (Datenbasis: Wetterstationen 2002-2011, INCA-Daten 2012-2021) für jeden Standort und jedes Jahr, sowie für jeden Aufwuchs in den einzelnen Schnittsystemen. Startdatum war bei 1. Aufwuchs der 1. März und Enddatum das Erntedatum. Nach Schaumberger (2023) weisen die 19 Standorte im DW-NET Projekt unterschiedliche mittlere Niveaus bei Temperatur- und Niederschlagssummen auf. Im GLM stellt ein adjustierter Mittelwert (Tabelle 3) für die Temperatur- und Niederschlagssumme die Bezugsgröße für die Anwendung der Koeffizienten (Tabelle 4) dar.

#### 3.1.3.1 Einfluss der Temperatur

Der Effekt der Temperatur auf die Futterqualität ist nach Buxton und Fales (1994) größer als andere Umweltfaktoren, weil für biochemische Prozesse Energie benötigt wird, damit Reaktionen geschehen können. Die Temperatur an Pflanzen ist demnach ein Resultat von komplexen Interaktionen zwischen Pflanzen und deren Umwelt und wird beeinflusst durch Strahlungshöhe, Wärmeleitung, Konvektion und latenter Hitze, aber auch durch morphologische und anatomische Merkmale der Pflanzen. Nach McWilliam (1978) determiniert die Strahlung die potentielle Produktivität, während Temperatur der Hauptfaktor für die Biodiversität ist.

Die Zunahme der Temperatursumme um 100 °C bewirkte im DW-NET eine durchschnittliche Erhöhung des TM-Gehaltes um 3 g/kg TM. Die Strukturbestandteile nahmen in den Pflanzenzellwänden bei steigenden Temperaturen zu, d.h. durchschnittlich 2,5 g höhere  $aNDF_{om}$ -Gehalte sind zu erwarten, wobei die Hälfte dieser Erhöhung auf Lignin (ADL) fiel. Wilson *et al.* (1991) fanden

heraus, dass höhere Temperaturen insbesondere die Intensität der Lignifizierung erhöhen und dadurch die OMD verringert wird. Nach Van Soest (1994) fördern höhere Temperaturen eine schnellere metabolische Aktivität, welche einerseits Nitrat, Protein und lösliche Kohlenhydrate reduziert, aber andererseits strukturelle Zellwandbestandteile erhöht.

Tabelle 3: Mittelwerte aus der GLM-Statistik für abhängige Variablen und Covariablen betreffend Qualitätsparameter von Dauerwiesen

Parameter	Einheit	DSt	GLM			GLM Covariablen - Mittelwerte			
		$\bar{x}$	$\bar{x}$	n	R <sup>2</sup>	Gräser Gew. %	Legumi- nosen Gew. %	Temperatur Summe °C	Nieder- schlag Summe mm
Trockenmasse TM	g/kg FM	233	242,6	3838	39,7	58,2	8,9	1048	246
*Rohasche (CA)	g/kg TM	101,9	103,1	3681	31,3	58,2	8,8	1049	246
Eisen (Fe)	mg/kg TM	1226	1310	2268	31,7	58,3	8,6	1050	253
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	122,7	126,3	3681	61,5	58,2	8,8	1049	246
*aNDF <sub>om</sub>	g/kg TM	503	502	2282	54,5	58,5	8,0	1054	249
*ADF <sub>om</sub>	g/kg TM	334	334	2282	43,3	58,5	8,0	1054	249
*ADL	g/kg TM	56,2	57,8	2282	47,1	58,5	8,0	1054	249
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	264	261	3681	46,6	58,2	8,8	1049	246
*Rohfett (CL)	g/kg TM	20,4	20,3	3681	57,0	58,2	8,8	1049	246
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	65,9	64,8	3241	52,9	58,3	8,9	1050	245
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	9,04	8,84	3241	53,5	58,3	8,9	1050	245
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	5,24	5,11	3241	53,2	58,3	8,9	1050	245
Calcium (Ca)	g/kg TM	9,4	9,7	3031	54,5	58,2	8,8	1050	245
Phosphor (P)	g/kg TM	3,4	3,4	3681	69,0	58,2	8,8	1049	246
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3,1	3,3	3031	55,6	58,2	8,8	1050	245
Kalium (K)	g/kg TM	20,8	20,1	3681	49,6	58,2	8,8	1049	246
Natrium (Na)	mg/kg TM	215	229	2654	45,7	58,3	8,5	1052	250
Schwefel (S)	g/kg TM	2,1	2,1	180	30,1	63,7	9,3	1007	220
Zink (Zn)	mg/kg TM	40,0	40,1	2268	37,3	58,3	8,6	1050	253
Mangan (Mn)	mg/kg TM	114	119	2268	69,3	58,3	8,6	1050	253
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	7,9	8,1	2268	55,3	58,3	8,6	1050	243

$\bar{x}$  DSt = Mittelwert deskriptive Statistik;  $\bar{x}$  GLM = adjustierter Mittelwert im General Linear Model; \*Aschekorrektur

Weiters lagen geringfügig erhöhende Effekte in Verbindung mit der Temperatursumme bei den mineralischen Elementen Ca, Mg, Na, Zn, Mn und S vor. Einen senkenden Effekt auf Gehaltswerte übte die Temperatursumme bei Rohasche und Eisen, sowie bei CP, OMD, ME und NEL aus. Nach Michelsen *et al.* (1996) und Hansen *et al.* (2006) sanken die N-Konzentrationen und damit auch die CP-Gehalte in den untersuchten Pflanzen bei erhöhten Temperaturen. Ebenso sanken die Mineralstoffe P, K und Cu bei höheren Temperatursummen (Tabelle 4). Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass sich die Futterqualität unter wärmeren Verhältnissen tendenziell in eine ungünstigere Richtung entwickelte als bei kühleren Bedingungen. Nach (Pötsch *et al.*, 2019) finden sich in der Literatur kontroversielle Ergebnisse zur Futterqualität von Dauerwiesenfutter unter erhöhten Temperaturen, d.h. einerseits begünstigende und andererseits verschlechternde Effekte.

### 3.1.3.2 Einfluss des Niederschlages

Wasser ist nach Buxton und Fales (1994) eine entscheidende Komponente für Pflanzenzellen, aber auch für verschiedene Prozesse wie Steuerung des Turgordrucks, Zellschutzfunktion, Diffusion

von gelösten Stoffen in Zellen, Photosynthese etc. Zu viel oder zu wenig Wasser kann in Pflanzen Stress indizieren. Das Streckungs- und Weitenwachstum der Zellen erfolgt unter Wasseraufnahme und ist mit der Synthese von Zellwandmaterial gekoppelt (Nultsch, 2001), d.h. Wasserdefizit führt unweigerlich zu einer Einschränkung des Wachstums. Nach (Lee *et al.*, 2023) werden zukünftig Trockenperioden und Dürren die größten Herausforderungen für den Pflanzenbau in Verbindung mit dem Klimawandel werden.

Tabelle 4: Koeffizienten der Covariablen zu den jeweiligen unabhängigen Variablen des GLM betreffend Qualitätsparameter von Dauerwiesen

Parameter	Einheit	$\bar{x}$	Covariablen - Koeffizienten			
			Gräser Gew. %	Legumi- nosen Gew. %	Temperatur Summe °C	Nieder- schlag Summe mm
Erhöhung um			10%	10%	100°	100 mm
Trockenmasse TM	g/kg FM	243	+1,9	-6,7	+3,0	-14,0
*Rohasche (CA)	g/kg TM	103,1	-0,7	+0,5	-0,5	+0,6
Eisen (Fe)	mg/kg TM	1310	-24,9	-56,4	-1,6	+129
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	126,3	-0,9	+1,4	-0,6	+0,7
*aNDF <sub>om</sub>	g/kg TM	502	+9,6	+0,7	+2,5	+1,8
*ADF <sub>om</sub>	g/kg TM	337	+1,2	+2,1	+1,8	+1,3
*ADL	g/kg TM	57,8	-1,1	+1,2	+1,3	-0,01
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	261	+4,0	+0,01	+0,9	+0,4
*Rohfett (CL)	g/kg TM	20,3	+0,04	-0,3	+0,2	-0,7
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	64,6	-0,5	-0,3	-0,5	-0,2
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	8,84	-0,12	-0,05	-0,08	-0,01
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	5,11	-0,07	-0,03	-0,06	-0,03
Calcium (Ca)	g/kg TM	9,7	-0,5	+0,2	+0,03	-0,2
Phosphor (P)	g/kg TM	3,4	-0,06	-0,03	-0,04	+0,03
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3,3	-0,06	+0,01	+0,01	-0,04
Kalium (K)	g/kg TM	20,1	-0,3	-0,2	-0,3	+0,1
Natrium (Na)	mg/kg TM	229	+1,9	-3,4	+1,3	+3,4
Schwefel (S)	g/kg TM	2,1	-0,09	+0,05	+0,02	-0,05
Zink (Zn)	mg/kg TM	40,1	-0,9	-0,7	+0,3	+0,3
Mangan (Mn)	mg/kg TM	119	+1,1	-2,0	+1,8	+3,7
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	8,1	-0,2	-0,02	-0,07	+0,2

\*Aschekorrektur

Unter trockeneren Bedingungen, d.h. bei Abnahme um 100 mm Niederschlag war im DW-NET in der Tendenz mit einer deutlichen Zunahme des TM-Gehaltes von 14 g/kg FM zu rechnen. Des Weiteren nahmen CP, aNDF<sub>om</sub>, ADF<sub>om</sub>, sowie CA und Fe bei weniger Niederschlag signifikant ab. Nach (Meisser *et al.*, 2015) wirkten sich Trockenperioden in einem erhöhten Anteil an abgestorbenen bodenbürtigen Pflanzenteilen aus, welche die Qualität der Gesamtpflanze beeinflussen können. Dürre führte nach Sheaffer *et al.* (1992) zur Reduktion der N-Konzentration in den Blättern, währenddessen der N-Gehalt in den Grasstängeln zunahm. Insgesamt enthielten Gräser bei Dürre mehr Protein als unter ausreichender Wasserversorgung. Leguminosen reagierten auf Dürre nach Peterson *et al.* (1992) ebenfalls mit geringeren N-Gehalten in den Blättern und höheren in den Stängeln. Allerdings waren keine Unterschiede in den N-Gehalten der Gesamtpflanzen zwischen guter Wasserversorgung und Dürre feststellbar. Aufgrund verringerter biologischer N-Bindungsraten kann sich der CP-Gehalt bei Leguminosen, insbesondere Weißklee (*Trifolium repens*) unter Trockenheit verringern. Andererseits fand (Dumont *et al.*, 2015) und (Grant, 2016) heraus,

dass Trockenheit den CP-Gehalt erhöhten und Zellwandbestandteile verringerten, d.h. die Futterqualität wurde durch Wasserstress tendenziell verbessert, weil Kräuter bei Trockenstress bevorteilt und Gräser benachteiligt wurden. Ergebnisse aus Versuchen sind allerdings punktuelle Aufnahmen. Im Grünland kommen noch weitere Prozesse hinzu, welche nicht immer berücksichtigt werden können, die die Wirkung von Trockenheit auf die Futterqualität ebenso beeinflussen und die Zusammenhänge insgesamt schwerer erklärbar machen.

Nach Van Soest (1994) und Walter *et al.* (2012) bewirkten erhöhte Regenmengen in Kombination mit Bewölkung (Beschattung) eine Reduktion der Futterqualität. Höhere Niederschlagsmengen von 100 mm bewirkten eine Abnahme des TM-Gehaltes und eine Erhöhung des CA-Gehaltes und von Eisen, d.h. eine Neigung zur leichten Futterverunreinigung mit Erde würde gefördert. Dauerriesenbestände wiesen unter höheren Niederschlagsmengen tendenziell etwas mehr CP und Strukturkohlenhydrate, bei relativ konstanter OM-Verdaulichkeit und Energiekonzentration auf. Die Mineralstoffgehalte zeigten bei höheren Niederschlagsmengen bei allen Elementen, mit Ausnahme von Ca und Mg leichte Zunahmen in den Gehaltswerten (Tabelle 4). Als Fazit kann resümiert werden, dass unter trockeneren Bedingungen die TM-Gehalte im Futter deutlich höher wurden und der CP-Gehalt trotz leicht sinkender Faseranteile ebenfalls abnahm. Außerdem führte weniger Niederschlag in den Aufwüchsen zu geringeren Asche- und Mineralstoffgehalten. Unter feuchteren Verhältnissen stiegen CP, Faserstoffe und Mineralstoffe tendenziell an, die OM-Verdaulichkeit nahm leicht ab (Abbildung 3). Die Erkenntnisse aus dem DW-NET Projekt hinsichtlich des Auftretens von Dürreereignissen und deren Auswirkungen auf die Futterqualität zeigten zwar tendenzielle Richtungen, allerdings muss auf einzelnen Standorten mit kontroversiellen Entwicklungen gerechnet werden. Verantwortlich dafür sind wahrscheinlich der Boden und der Wasserhaushalt des Standortes, sowie die Artenzusammensetzung. Exakte Feldversuche mit kontrolliert unterschiedlichen Temperatur- und Niederschlagsbedingungen (Dürreexperiment), wie das Projekt „ClimGrass“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, sind notwendig, um die Effekte von Erwärmung und Wassermangel unter Feldbedingungen in punkto Futterqualität noch besser für einen Standort bewerten zu können.

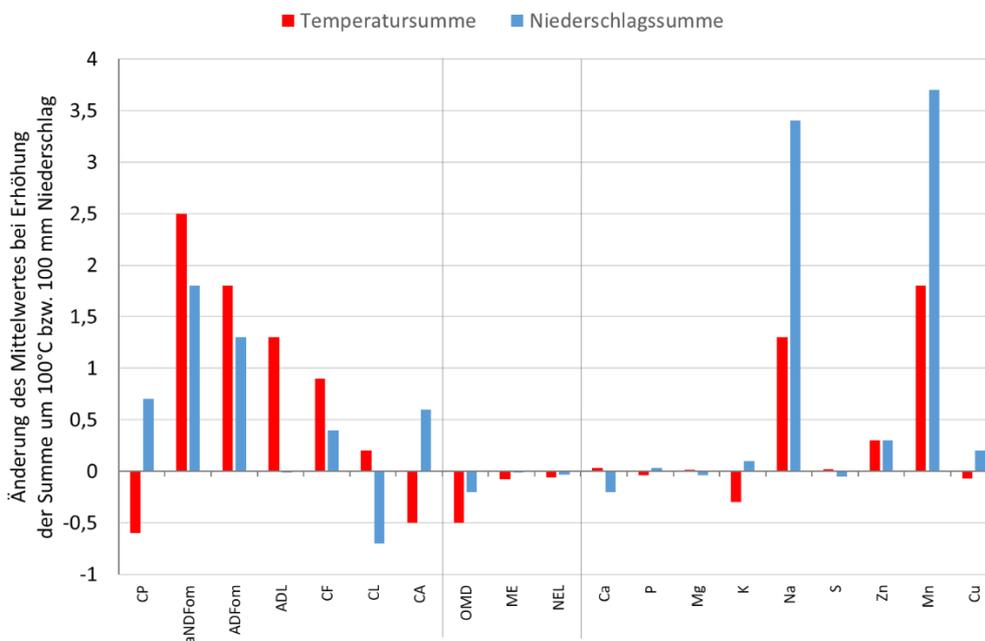


Abbildung 3: Mittlere Veränderung von Parameter-Mittelwerten der Futterqualität bei Erhöhung der Summen von Temperatur bzw. Niederschlag

### 3.1.4 Hypothese 2: Es gibt einen Langzeiteffekt auf die Qualität von Dauerwiesenfutter

Die Auswertung der DW-NET Daten hinsichtlich der Beobachtungsdauer von 2002 bis 2021 brachte für jeden Parameter der Futterqualität einen hoch signifikanten Einfluss zu Tage, d.h. die P-Werte lagen immer unterhalb von 0,01. In Tabelle 5 wurden die Jahresmittelwerte für die einzelnen Qualitätsmerkmale mit einem linearen bzw. mit einem polynomischen Modell untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass lineare Modelle für die Erklärung der Datenvarianz beim TM-Gehalt, den Faserbestandteilen, sowie für Phosphor- und Kupfergehalt gut geeignet waren. Andererseits lieferten polynomische Gleichungen bei den restlichen Parametern deutlich bessere  $R^2$  als lineare Modelle.

In der Tendenz gab es nach 20 Versuchsjahren lineare Erhöhungen in Gehaltswerten bei TM,  $aNDF_{om}$ ,  $ADF_{om}$ , ADL und CF, d.h. das Dauerwiesenfutter enthielt 2021 um 40 g/kg FM mehr Trockenmasse, 35 g/kg TM mehr  $aNDF_{om}$ , 23 g/kg TM mehr  $ADF_{om}$  und um 10 g/kg TM mehr Lignin. Andererseits konnte eine lineare Abnahme der Eisen-, Phosphor- und Kupfergehalte beobachtet werden (Tabelle 5).

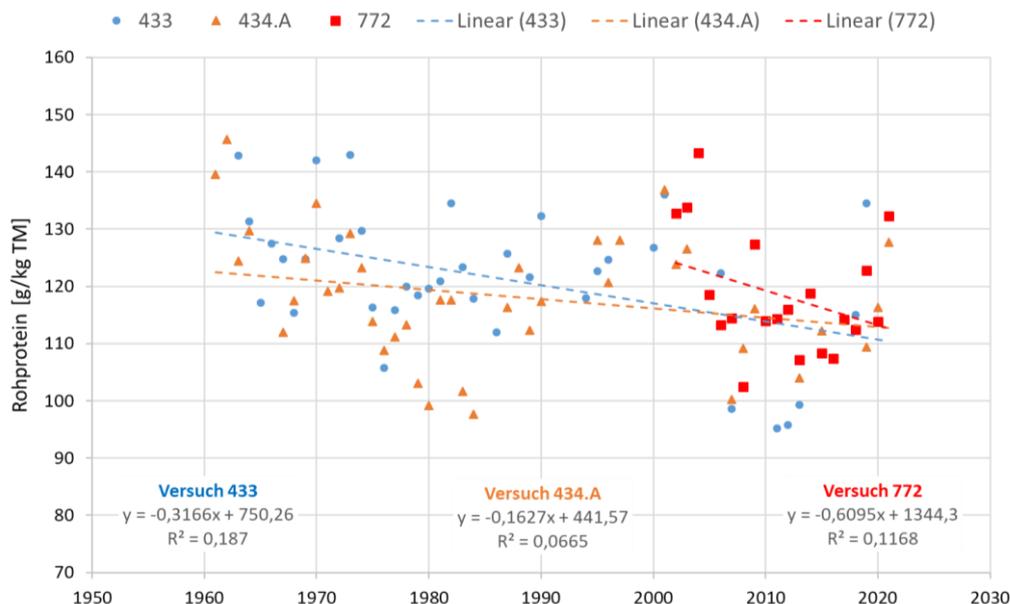


Abbildung 4: Entwicklung des CP-Gehaltes im 3-Schnittsystem von Dauerwiesen bei unterschiedlichen Langzeitdüngungsversuchen an der Versuchsstation Gumpenstein (Versuche: 433 = Düngungs-/Nutzungsversuch, 434.A = Schnitthäufigkeitsversuch, 772 = DW-NET)

Die langfristige Entwicklung der Futterqualität von Grünfutter aus den Gumpensteiner Langzeitdüngungsversuchen bietet die Möglichkeit des Vergleiches mit den DW-NET Daten. Die Versuchsmittelwerte der Einzeljahre von drei Feldversuchen mit fixen Erntezeitpunkten für die Futterernte zeigen in Abbildung 4 exemplarisch für das 3-Schnittsystem, dass sich der CP-Gehalt im Verlauf der Jahre tendenziell leicht abnehmend entwickelte. Die Datenvarianz der CP-Gehalte war in den drei Dauerversuchen erheblich, sodass über den Jahreseffekt maximal 19 % ( $R^2$ ) der Datenstreuung erklärt werden konnten. Die Steigungen unterschieden sich deutlich voneinander, wobei das Delta ( $\Delta$ ) beim Versuch 434.A für 10 Jahre -1,6 g/kg TM und beim DW-NET Versuch 772 mit -6,1 g/kg TM fast das 4-fache an Abnahme betrug.

Polynomische Modelle zeigten bei Rohprotein und Kalium eine anfänglich deutliche Reduktion der Gehalte bis ca. 2008 und anschließend eine Stabilisierung. Im Fall von Rohasche waren die

Gehalte ca. 10 Jahre konstant und nahmen im Anschluss bis 2021 signifikant von 105 auf 96 g/kg TM ab. In der OM-Verdaulichkeit, sowie bei ME und NEL nahmen die Gehalte bis 2010 linear zu und stabilisierten sich danach auf einem Plateau. Die tendenziell sinkenden Asche- und Elementgehalte können einen Teil der zunehmenden OM-Verdaulichkeit erklären.

Tabelle 5: Beschreibung der Langzeiteffekte auf Qualitätsparameter von Dauerwiesenfutter durch Gleichungen in Abhängigkeit des Modells

Parameter	Einheit	lineare Gleichung	R <sup>2</sup>	Effekt + 10 Jahre	polynomisches Modell	R <sup>2</sup>
Trockenmasse TM	g/kg FM	$y = 2,1024x - 3986,2$	70,5	+2,1	$y = 0,0856x^2 - 342,38x + 342470$	73,6
*Rohasche (CA)	g/kg TM	$y = -0,3813x + 870,05$	54,1	-0,4	$y = -0,0477x^2 + 191,66x - 192273$	76,6
Eisen (Fe)	mg/kg TM	$y = -44,135x + 90299$	30,7	-440	$y = -2,1133x^2 + 8473,5x - 8E+06$	31,7
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	$y = -1,3689x + 2878,9$	49,8	-13,7	$y = 0,1744x^2 - 702,77x + 708130$	69,1
*aNDF <sub>om</sub>	g/kg TM	$y = 2,7266x - 4993$	42,9	+27,3	$y = 0,1471x^2 - 590,27x + 592506$	44,4
*ADF <sub>om</sub>	g/kg TM	$y = 1,9781x - 3652,8$	52,8	+19,8	$y = -0,0782x^2 + 317,32x - 321393$	53,8
*ADL	g/kg TM	$y = 0,8324x - 1619,9$	52,2	+8,3	$y = 0,0229x^2 - 91,468x + 91381$	52,6
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	$y = 0,6416x - 1029,6$	16	+6,4	$y = 0,0606x^2 - 243,09x + 244103$	19,8
*Rohfett (CL)	g/kg TM	$y = -0,1063x + 234,26$	7	-1,1	$y = -0,0452x^2 + 181,57x - 182490$	40,4
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	$y = 0,1841x - 305,62$	32,4	+1,8	$y = -0,03x^2 + 121,03x - 121839$	56,1
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	$y = 0,034x - 59,476$	42,8	+0,34	$y = -0,0039x^2 + 15,632x - 15746$	58,1
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	$y = 0,0246x - 44,483$	43,1	+0,25	$y = -0,0029x^2 + 11,596x - 11682$	59,3
Calcium (Ca)	g/kg TM	$y = -0,0181x + 46,201$	2	-0,2	$y = -0,0155x^2 + 62,279x - 62605$	46,6
Phosphor (P)	g/kg TM	$y = -0,0386x + 80,996$	63,6	-0,4	$y = -0,0009x^2 + 3,4787x - 3456,5$	64,5
Magnesium (Mg)	g/kg TM	$y = -0,011x + 25,296$	2,6	-0,1	$y = -0,0062x^2 + 24,812x - 24939$	27,9
Kalium (K)	g/kg TM	$y = -0,172x + 366,07$	33,2	-1,7	$y = 0,0254x^2 - 102,45x + 103236$	52,4
Natrium (Na)	mg/kg TM	$y = -3,4163x + 7109,6$	10,6	-34,2	$y = 0,5927x^2 - 2388,6x + 2E+06$	23,7
Zink (Zn)	mg/kg TM	$y = -0,049x + 138,76$	1	-0,5	$y = 0,0139x^2 - 55,834x + 56256$	4,3
Mangan (Mn)	mg/kg TM	$y = -0,0726x + 265,41$	0,1	-0,7	$y = -0,2634x^2 + 1059,9x - 1E+06$	66,9
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	$y = -0,1525x + 315,34$	80,3	-1,5	$y = -0,0039x^2 + 15,339x - 15269$	82,4

Die Gleichungen sind nur für den Zeitraum 2002 bis 2021 anwendbar!

Die langfristige Abnahme von CP und die Zunahme der Strukturkohlenhydrate stehen gewissermaßen mit Veränderungen des Pflanzenbestandes in Verbindung. Der Leguminosenanteil nahm, allgemein betrachtet, von 2002 bis 2008 um ca. 5 %, von 13 auf 8 Gew.% ab (Gleichung: Leguminosen [Gew.%] =  $0,0373 \times \text{Jahr}^2 - 150,1 \times \text{Jahr} + 151122$ ), danach stabilisierte er sich. Prinzipiell verläuft der Rohproteingehalt und der Leguminosenanteil in einer ähnlichen Dynamik, d.h. die Daten korrelieren – die langfristige Abnahme des mittleren Leguminosenanteiles führte im DW-NET Projekt zu einer Reduktion des Proteingehaltes im Dauerwiesenfutter. Verstärkt wird die CP-Abnahme über die Jahre durch eine leichte Zunahme des Gräseranteiles.

Futteruntersuchungen aus Praxisbetrieben ergaben nach Guggenberger *et al.* (2022) einen Trend zu höherwertigeren Futterkonserven seit 1980, wobei der CP-Gehalt in Grassilagen um 1,1 g/kg TM je Dekade leicht anstieg und der CF-Gehalt um 6,8 g/kg TM je Dekade deutlich abnahm. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die LandwirtInnen in Österreich seit 1980 die Bewirtschaftung der Dauerwiesen durch frühere Erntezeitpunkte intensiviert haben, um höhere Futterqualitäten aus dem Grundfutter zu produzieren.

### 3.1.5 Hypothese 3: Aufwuchs und Schnitthäufigkeit verändern die Futterqualität signifikant

In Bezug auf den starken Effekt des Erntezeitpunktes auf die Futterqualität herrscht in der Forschung schon lange Zeit Evidenz (Reid *et al.*, 1959). Erwartungsgemäß war die Schnitthäufigkeit im GLM für alle Qualitätsparameter, mit Ausnahme des Schwefelgehaltes, ein signifikanter Einflussfaktor. Die Wirkung der Schnitthäufigkeit auf den wichtigen Proteingehalt betrug: 2 x: 119 g, 3 x 126 g, 4 x 134 g CP/kg TM. Die CP-Gehalte lagen im 1. Aufwuchs um ca. 30 g niedriger als in Pötsch und Resch (2005) bzw. Resch *et al.* (2015). Ebenfalls auf allgemein zu geringem XP-Niveau waren die CP-Mittelwerte des 2. und 3. Aufwuchses im DW-NET. Offensichtlich wiesen die alten Dauerwiesen auf den ausgewählten Standorten im Durchschnitt eine geringere Futterqualität auf als bekannte Referenzwerte. Erhöhte Schnittfrequenz und ein damit verbundener früherer Erntezeitpunkt führten zu tendenziellen Zunahmen bei den Nährstoffen CP, CA und CL, bei OM-Verdaulichkeit, ME und NEL, sowie bei den Elementen, P, K, Na und Cu. Nach (Jeangros *et al.*, 2001) nahm der CP-Gehalt von Knaulgras (*Dactylis glomerata*) in Abhängigkeit des Schnittzeitpunktes deutlich stärker ab als bei Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*), d.h. nicht nur die Artengruppe, sondern auch die Pflanzenart müsste in punkto Futterqualität stärker berücksichtigt werden. Hingegen nahmen die Gehalte von TM, Faserstoffen und den Elementen Ca und Mn tendenziell bei früheren Erntezeitpunkten ab (Tabelle 6). Nach (Daccord *et al.*, 2001) haben die Pflanzenarten einen erheblichen Einfluss auf die Gehalte an Zellwandbestandteilen je nach Erntezeitpunkt und Aufwuchs. Die Vergleichbarkeit der DW-NET Daten zu anderen Datenquellen wie Pötsch und Resch (2005) war beim 3- und 4-Schnittsystem gut, beim 2-Schnittsystem waren die OMD-Gehalte im DW-NET deutlich geringer. Der Vergleich mit Resch *et al.* (2015) zeigte für den 1. Aufwuchs relativ geringe Differenzen.

Nach Van Soest (1994) weisen Pflanzenarten des Dauergrünlandes durch Einfluss von Wärme und Photoperiode deutliche Unterschiede in ihrer morphologischen und generativen Entwicklung im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit des Breitengrades auf. Dieser Umstand führt sowohl bei Gräsern als auch bei dikotylen Pflanzenarten zu qualitativen Differenzen zwischen den einzelnen Aufwüchsen. Beispielsweise sind Timothe (*Phleum pratense*) und Weißklee (*Trifolium repens*) im ersten Aufwuchs spätreif, in den Folgeaufwüchsen jedoch frühreif. Andere Arten wie Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) oder Weiche Trespe (*Bromus mollis*) sind hingegen im ersten Aufwuchs sehr frühreif. Mit den wärmeren Temperaturen im Sommer nimmt die Lignifizierung zu (Wilson *et al.*, 1991), dadurch unterscheiden sich die Sommeraufwüchse deutlich gegenüber dem ersten Aufwuchs in den Inhaltsstoffen. Nach Van Soest *et al.* (1978) führen die sinkenden Temperaturen und die kürzere Tageslänge im Herbst wiederum zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit bei zunehmender Alterung. In Futterwerttabellen wird daher der erste Aufwuchs von den Folgeaufwüchsen differenziert (Resch *et al.*, 2017), (Guggenberger *et al.*, 2022).

Alle qualitativen Parameter wurden durch den Faktor Aufwuchs hochsignifikant (P-Wert < 0,01) beeinflusst (Tabelle 6). Beispielsweise die Wirkung des Aufwuchses auf den Proteingehalt: 1. Aufwuchs: 105 g, 2.: 119 g, 3.: 132 g, 4.: 149 g CP/kg TM. Im Verlauf der Vegetationsperiode nahmen die Nährstoffe CP, CL, CA und Lignin, sowie die Elemente Ca, P, Mg, Fe, Zn, Mn und Cu tendenziell zu. Gegen Herbst kam es zu einer Abnahme von TM, aNDFom, ADFom, XF, OMD, ME und NEL, sowie von Kalium. Wechselwirkungen zwischen Schnitthäufigkeit und Aufwuchs sind im Anhang dargestellt (Tabellen 10 bis 30).

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass die Streuung der vorgefundenen Rohprotein- und aNDFom-Gehalte im ersten Aufwuchs trotz Vorgabe der Erntetermine für die verschiedenen Bewirtschaftungsintensitäten beträchtlich war. Im Durchschnitt differenzierten sich die Schnittsysteme, aller-

dings kamen bei extensiver Nutzung Einzelfälle mit sehr guten Qualitäten und bei intensiver Nutzung Einzelfälle mit schlechteren Qualitäten vor. Die Ergebnisse aus dem DW-NET Projekt zeigen, dass alte Dauerwiesen tendenziell weniger Rohprotein und mehr Strukturkohlenhydrate enthalten als intensiv gedüngtes und regeneriertes Wirtschaftsgrünland, Wechselwiesen und Feldfutter.

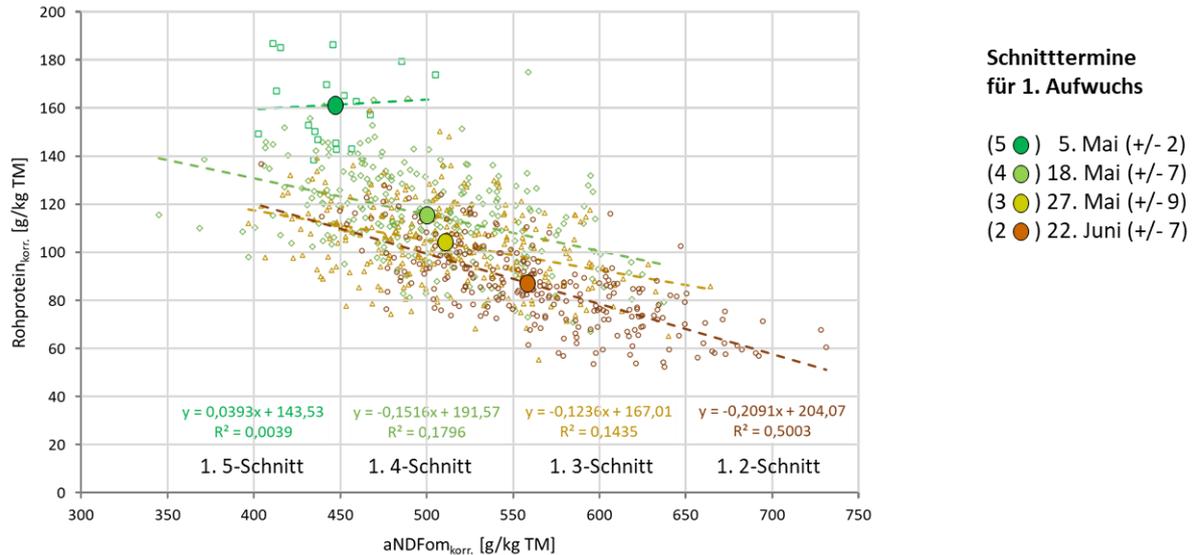


Abbildung 5: aNDFom- vs. Rohproteingehalte von Dauerwiesenfutter des DW-NET Projekts in Abhängigkeit des Schnittsystems im 1. Aufwuchs

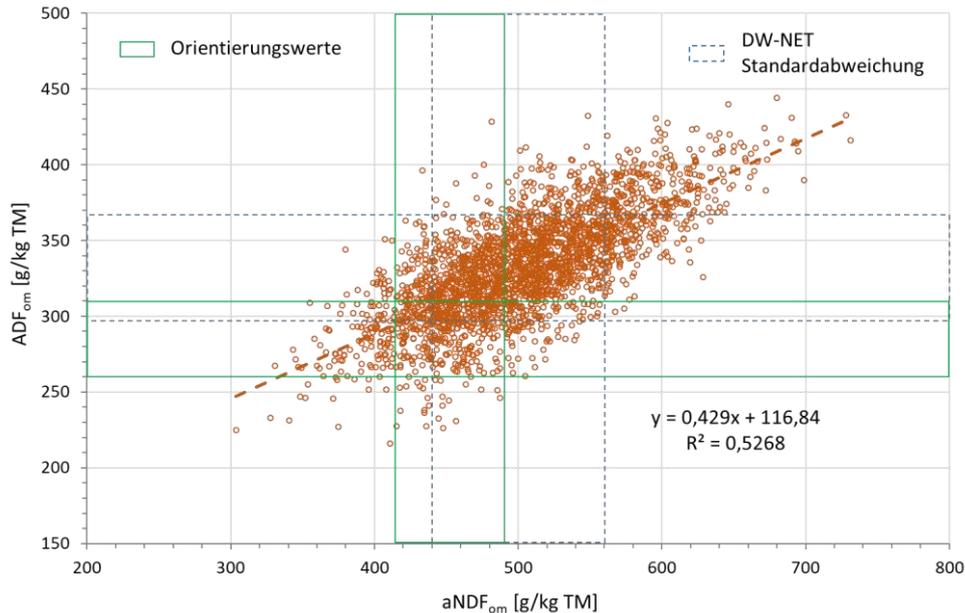


Abbildung 6: Beziehung aNDF<sub>om</sub> und ADF<sub>om</sub> in Dauerwiesenfutter des DW-NET Projektes im Vergleich zu den Orientierungswerten der ÖAG (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft)

In Österreich wird das Vegetationsstadium Ähren-/Rispschieben für das Grünland empfohlen und nach Resch (2016) mit einem aNDF<sub>om</sub>-Gehalt von 430 bis 490 g/kg TM gleichgesetzt (Abbildung 6). Die aNDF<sub>om</sub>-Mittelwerte in Tabelle 6 zeigen, dass diese Empfehlung bei alten Dauerwiesen kaum erreicht werden konnte, außer bei sehr früher Ernte unter hoher Schnitffrequenz oder im

letzten Aufwuchs bei mittlerer oder intensiverer Grünlandnutzung. Das Grünfutter eines halbin-  
tensiven 2-Schnittsystems entsprach dem phänologischen Stadium Mitte bis Ende Blüte und hob  
sich daher mit deutlich höheren  $aNDF_{om}$ -Gehalten ab, während sich das 3- und 4-Schnittsystem in  
den einzelnen Aufwüchsen wenig differenzierten (Tabelle 6). Der grafische Vergleich der  $aND-$   
 $F_{om}$ - und  $ADF_{om}$ -Gehalte aus dem DW-NET Projekt und den Orientierungswerten für Österreich  
nach Stögmüller und Resch (2017) zeigt in Abbildung 6, dass nur 22 % der Grünfutterproben von  
alten Dauerwiesen die oberen Limits der Orientierungswerte –  $aNDF_{om}$  kleiner 490 g/kg TM und  
 $ADF_{om}$  kleiner 310 g/kg TM – unterschreiten konnten. Aus diesem Blickwinkel muss gesagt wer-  
den, dass alte Dauerwiesen aufgrund einer deutlichen Neigung zu erhöhten  $aNDF_{om}$ -/ $ADF_{om}$ -Ge-  
halten und damit zu ungünstigerer Futterqualität, zunehmend unter Druck geraten, um den wirt-  
schaftlichen Anforderungen zu entsprechen. Ein wichtiger Aspekt in Abbildung 6 ist die Daten-  
streuung bei gleichen  $aNDF_{om}$ - bzw.  $ADF_{om}$ -Gehalten. So reichten beispielsweise die  $ADF_{om}$ -Ge-  
halte bei einem optimalen  $aNDF_{om}$ -Gehalt von 450 g/kg TM von 270 bis 390 g  $ADF_{om}$ /kg TM.

Tabelle 6: Effekte von Schnitthäufigkeit und Aufwuchs auf die mittleren Parametergehalte von Dauerwie-  
senfutter

Parameter	Einheit	Schnitthäufigkeit				Aufwuchs				
		P-Wert	2 x	3 x	4 x	P-Wert	1.	2.	3.	4.
			$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$		$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
Trockenmasse TM	g/kg FM	< 0,01	275,7	234,8	217,5	< 0,01	248	249,4	247,6	225,6
*Rohasche (CA)	g/kg TM	< 0,01	102,7	102,0	104,7	< 0,01	94,1	103,5	106,8	108,0
Eisen (Fe)	mg/kg TM	< 0,01	1281	1407	1244	< 0,01	1006	1072	1371	1794
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	< 0,01	119	126,1	133,8	< 0,01	104,9	119,3	131,7	149,4
* $aNDF_{om}$	g/kg TM	< 0,01	518	493	496	< 0,01	526	510	493	480
* $ADF_{om}$	g/kg TM	< 0,01	345	331	325	< 0,01	341	339	334	323
*ADL	g/kg TM	< 0,01	58,8	59,1	55,4	< 0,01	54,0	57,1	59,5	60,6
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	< 0,01	270,3	257,9	254,4	< 0,01	278,4	267,9	254,8	242,3
*Rohfett (CL)	g/kg TM	< 0,01	19,7	20,2	21,2	< 0,01	18,7	20,3	21,3	21,1
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	< 0,01	62,3	65,6	66,6	< 0,01	66,8	65	64,4	63,3
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	< 0,01	8,45	8,98	9,11	< 0,01	9,21	8,88	8,75	8,55
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	< 0,01	4,83	5,20	5,30	< 0,01	5,39	5,13	5,03	4,89
Calcium (Ca)	g/kg TM	< 0,01	10	10,1	9,1	< 0,01	8,1	9,6	10,7	10,5
Phosphor (P)	g/kg TM	< 0,01	3,3	3,4	3,6	< 0,01	2,9	3,4	3,8	3,6
Magnesium (Mg)	g/kg TM	< 0,01	3,2	3,3	3,2	< 0,01	2,6	3,1	3,5	3,8
Kalium (K)	g/kg TM	< 0,01	18,7	19,9	21,7	< 0,01	20,1	20,8	20,3	19,2
Natrium (Na)	mg/kg TM	< 0,01	193	234	260,0	< 0,01	200	185	202	329
Schwefel (S)	g/kg TM	0,23	2,2	2,1	2,2	< 0,01	2,1	1,9	2,3	2,2
Zink (Zn)	mg/kg TM	0,02	37,9	41,1	41,3	< 0,01	36,7	37,4	41,6	44,7
Mangan (Mn)	mg/kg TM	< 0,01	124	122	111,0	< 0,01	102	112	123	140
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	< 0,01	7,8	8,0	8,3	< 0,01	6,8	7,6	8,6	9,4

$\bar{x}$  = Mittelwert aus GLM; \*Aschekorrektur

Die mittleren  $ADF_{om}$ -Gehalte in Tabelle 6 dokumentieren, dass die alten Dauerwiesen gegenüber  
den Ergebnissen von (Resch *et al.*, 2015) um ca. 30 g höhere  $ADF_{om}$ -Gehalte aufwiesen. Ausge-  
hend von Resch (2016) wären  $ADF_{om}$ -Gehalte über 305 g/kg TM einem Vegetationsstadium ab  
Beginn Blüte, jene über 330 g Mitte bis Ende Blüte zuzuordnen. Ähnlich wie bei  $aNDF_{om}$ , deuten  
auch die allgemeinen  $ADF_{om}$ -Mittelwerte auf suboptimale Futterqualitäten hin. Erhöhte Anteile  
an Zellwandbestandteilen wirken sich negativ auf die Verdaulichkeit der organischen Masse und  
die Energiegehalte des Wiesenfutters aus. Speziell die hohen  $ADF_{om}$ -Gehalte sind ein Hinweis,

dass die Dauerwiesen-Pflanzenbestände in den DW-NET Feldversuchen stängelreicher als durchschnittliche Wiesenbestände sein mussten. Im Durchschnitt erreichten nur intensiv geführte Dauerwiesen im 5-Schnittsystem  $ADF_{om}$ -Gehalte unterhalb von 305 g/kg TM.

### 3.1.6 Hypothese 4: Der Standort beeinflusst die Futterqualität von Wiesenfutter signifikant

Nach Buxton und Fales (1994) spielen Umweltbedingungen (Klima, Boden, Wasserverfügbarkeit, Beschattung etc.) eine bedeutende Rolle hinsichtlich Futterqualität. Pflanzenarten von Grünlandökosystemen haben sich in ihrer Evolution verschiedenen Umweltbedingungen angepasst, wodurch sich unterschiedliche Pflanzengesellschaften entwickelt haben (Dierschke und Briemle, 2002). Eine Zuordnung der Pflanzenarten zu ökologischen Parametern wurde von (Ellenberg *et al.*, 1992) und eine Einstufung von Pflanzenarten zur Futterwertigkeit erstellte Klapp *et al.* (1953). Hochwertige Grünlandpflanzen haben eine Futterwertzahl (FWZ) von 8 bis 9, während minderwertige FWZ 2 bis 4 und Giftpflanzen sogar eine negative FWZ von -1 aufweisen.

Tabelle 7: Effekt des Standortes auf TM-Gehalt und mittlere Gehalte von Inhaltsstoffen sowie OM-Verdaulichkeit und Nettoenergie des Dauerwiesenfutters

Standorte	Site-ID	TM	*CP	*aNDF <sub>om</sub>	*ADF <sub>om</sub>	*ADL	*CA	Fe	*DOM	*NEL
		g/kg FM	g/kg TM	g/kg TM	g/kg TM	g/kg TM	g/kg TM	mg/kg TM	%	MJ/kg TM
Hohenems	763	309,7	118,5	510	333	55,5	99,8	881	65,0	5,17
Imst	764	257,5	134,3	485	329	59,9	99,7	714	68,9	5,62
St. Johann/Tirol	765	252,0	121,4	528	332	57,3	97,4	697	62,8	4,87
Litzlhof	767	225,5	135,3	492	333	58,5	106,7	1202	66,8	5,31
St. Andrä	769	219,2	121,7	471	326	56,6	106,9	1753	68,2	5,44
Tamsweg	770	240,4	123,6	469	312	51,5	101,3	1000	67,6	5,46
Winklhof	771	225,5	127,5	527	336	54,0	102,7	1139	64,3	5,06
Gumpenstein	772	183,0	128,4	482	331	57,3	101,4	1256	66,0	5,27
Kobenz-Knittelfeld	773	237,0	123,9	510	351	61,6	105,3	1250	63,3	4,93
Piber	774	207,6	130,7	481	329	53,6	105,8	2369	66,8	5,32
Kirchberg/Walde	775	233,6	126,4	505	342	59,1	106,4	1288	66,1	5,22
Hatzendorf	776	236,5	135,1	497	330	55,3	110,5	2253	64,3	4,92
Altmünster	780	268,7	116,7	524	342	63,3	94,4	1109	65,3	5,25
Edelhof	782	240,0	123,2	521	340	59,1	105,3	1364	63,2	4,89
Gießhübl	783	258,6	123,5	522	349	72,4	101,7	1113	64,8	5,11
Hohenlehen	784	241,6	134,3	492	317	50,9	98,2	923	68,2	5,55
Pyhra	785	225,5	131,2	492	322	52,2	108,4	1451	66,6	5,27
Warth	787	286,9	114,8	533	357	61,3	99,4	839	64,3	5,11
Güssing	788	261,8	129,7	499	336	58,7	108,2	2301	60,1	4,52
<b>Gesamt-Mittelwert</b>		<b>242,6</b>	<b>126,3</b>	<b>502</b>	<b>334</b>	<b>57,8</b>	<b>103,1</b>	<b>1311</b>	<b>65,4</b>	<b>5,17</b>

\*Aschekorrektur

Der Faktor Standort war im Projekt DW-NET hinsichtlich Futterqualität in jeder Beziehung hoch signifikant (P-Wert < 0,01), d.h. der Standort trug bedeutend zur Erklärung der Futterqualität von Dauerwiesen bei. Im Vergleich zum jeweiligen Parameter-Mittelwert der GLM-Analyse, wiesen die Mittelwerte der einzelnen Standorte zum Teil deutliche Differenzen auf. Beim Rohprotein ent-

hielten 6 Dauerwiesen-Standorte mehr als 130 g/kg TM, andererseits gab es 3 Standorten mit weniger als 120 g/kg TM (Tabelle 7). Bei den Gerüstsubstanzen traten zwischen den Standorten Unterschiede zwischen 469 bis 533 g aNDF<sub>om</sub>/kg TM auf. Die Lignifizierung des Dauerwiesenfutters differierte zwischen 52 bis 72 g ADL/kg TM. Bei der OM-Verdaulichkeit stach der südburgenländische Standort Güssing durch die deutlich schlechtere OMD von 60 % besonders heraus. Verantwortlich dafür war der saure Boden und die spezielle Flora mit Sauergräsern und Pflanzenarten geringeren Futterwerts.

Tabelle 8: Einfluss des Standortes auf mittlere Mengen- und Spurenelementgehalte von Dauerwiesenfutter im DW-NET

Standorte	Site-ID	Boden pH	Ca g	P g	Mg g	K g	Na mg	S g	Zn mg	Mn mg	Cu mg
Hohenems	763	7,2	10,6	2,6	2,6	20,5	190	1,9	39	85	8,3
Imst	764	7,0	11,3	3,6	3,4	21,3	165	2,1	33	37	7,7
St. Johann/Tirol	765	5,4	7,7	2,2	3,5	17,0	280	1,8	48	353	6,7
Litzlhof	767	5,9	9,3	3,8	3,1	21,6	170	2,2	36	96	9,2
St. Andrä	769	6,2	11,5	4,0	3,2	18,4	209	1,6	43	90	8,8
Tamsweg	770	6,0	9,8	4,0	3,5	20,4	215	1,9	32	85	7,4
Winklhof	771	6,8	8,6	4,3	3,1	21,9	161	2,4	38	107	8,6
Gumpenstein	772	5,8	9,9	3,8	3,8	20,4	373	2,2	63	178	8,6
Kobenz-Knittelfeld	773	5,7	9,3	3,2	3,4	21,4	158	-	39	138	7,7
Piber	774	6,0	9,7	3,0	3,1	22,6	148	2,2	37	108	8,5
Kirchberg/Walde	775	5,7	9,2	3,7	2,5	25,1	162	1,7	45	109	7,9
Hatzendorf	776	5,7	8,4	3,6	3,7	18,4	545	2,6	41	114	8,5
Altmünster	780	7,0	11,2	2,2	3,8	15,2	325	2,4	41	89	7,4
Edelhof	782	6,1	10,0	3,5	2,6	22,4	156	1,6	39	74	8,6
Gießhübl	783	5,9	9,3	3,9	2,7	19,7	264	2,3	36	112	7,4
Hohenlehen	784	7,0	10,4	3,7	4,4	20,1	163	2,1	35	76	7,6
Pyhra	785	6,0	9,2	3,6	2,6	21,8	351	2,4	38	96	8,7
Warth	787	6,9	10,3	4,0	2,5	21,4	138	2,4	30	68	7,0
Güssing	788	5,3	9,2	2,8	4,1	16,5	174	2,4	49	249	8,8
<b>Gesamt-Mittelwert</b>			<b>9,7</b>	<b>3,4</b>	<b>3,3</b>	<b>20,3</b>	<b>229</b>	<b>2,1</b>	<b>40</b>	<b>119</b>	<b>8,1</b>

Mittelwerte aus GLM je kg TM

Der Standorteinfluss trat im DW-NET Projekt zu einem gewissen Teil durch geologisch bedingte Unterschiede im Ausgangsgestein und durch die vorkommenden Böden, sowie durch die verschiedenen Wasserstufen auf. Nach Metson und Saunders (1978) beziehen sich Bodeneffekte einerseits auf die Akkumulation von Mineralstoffen in den Pflanzen und andererseits auf den Einfluss der Elemente auf den Ertrag, die Inhaltsstoffe und die Verdaulichkeit. Allein die Azidität des Bodens bewirkte signifikante Differenzen zwischen den Standorten im Ca-Gehalt des Dauerwiesenfutters. Standorte mit kalkhaltigem Grundgestein enthielten deutlich höhere Ca-Gehalte als jene Standorte auf kristallinen Verwitterungsgesteinen (Tabelle 8). Die Mg-Gehalte schwankten je nach Standort zwischen 2,5 bis 4,4 g/kg TM im Futter, wobei hier keine Abhängigkeit zum pH-Wert des Bodens vorhanden war. Die mittleren P-Gehalte des Dauerwiesenfutters waren mit 3,4 g/kg TM gut, wobei trotz gleichem Düngungsniveau auf 4 Standorten weniger als 3,0 g P/kg TM enthalten waren. Hier muss offenbar die P-Verfügbarkeit aus der Bodenlösung für die Pflanzen sehr unterschiedlich gewesen sein.

Die K-Gehalte im Dauerwiesenfutter lagen im DW-NET Projekt allgemein auf niedrigem Niveau bei 20,3 g/kg TM. Im Vergleich dazu wiesen österreichische Grassilagen aus Praxisbetrieben in den LK-Silageprojekten von 2003 bis 2020 durchschnittliche K-Gehalte von 29,3 g/kg TM auf (Resch, 2021). Die Na-Gehalte wiesen innerhalb der Standorte eine relativ große Spannweite auf, wobei Hatzendorf mit 545 mg/kg TM den höchsten Gehalt hatte. Dieser Standort wurde mit Schweinegülle gedüngt, daher muss angenommen werden, dass der Salzgehalt in der Schweinera-tion höher lag bzw. mehr Na in der Schweinegülle enthalten war.

Die Zinkgehalte lagen nur am Standort Gumpenstein mit 63 mg/kg TM über dem Bedarf von 50 mg/kg TM bei Milchkühen (GfE, 2023). Extrem streute der mittlere Gehalt von Mangan, wobei Imst mit nur 37 mg sehr wenig Mn enthielt und St. Johann/Tirol mit 353 mg/kg TM fast die 10-fache Menge an Mn im Futter aufwies. Interessant ist, dass St. Johann/Tirol wiederum den niedrigsten Cu-Gehalt mit 6,7 mg/kg TM im Futter hatte (Tabelle 8). Anhand der Mineralstoffgehalte im Dauerwiesenfutter zeigen sich teils hohe Differenzen zwischen verschiedenen Standorten in Österreich. Diese Tatsache dokumentiert die Heterogenität des Grünlandes in Österreich, aber auch gleichzeitig die Schwierigkeit die Daten aus dem DW-NET Projekt durch Clusterung zu gruppieren. Im Anhang sind ausgewählte Diagramme von Wechselwirkungen zwischen Standort  $\times$  Schnitthäufigkeit dargestellt (Abbildungen 9 bis 12), um zu verdeutlichen, dass hier mit hoher Wahrscheinlichkeit eine signifikante Wechselwirkung zu erwarten wäre.

### 3.1.7 Hypothese 5: Artengruppenanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen beeinflussen die Futterqualität signifikant

Nach Isselstein und Komainda (2023) unterscheiden sich die funktionellen Gruppen (Gräser, Kräuter und Leguminosen) des Grünlandes in ihrer Futterqualität. Ausgehend von einem durchschnittlichen adjustierten Mittelwert des Gräseranteiles von 58,2 Gew.% bewirkte eine Erhöhung des Grasanteiles um 10 % eine Reduktion des CP-Gehaltes um 0,9 g/kg TM, des CA-Gehaltes um 0,7 g/kg TM und des ADL-Gehaltes um 1,1 g/kg TM. Die OM-Verdaulichkeit sank dadurch um 0,5 %, ebenso nahm ME und NEL geringfügig ab. Bei den Mineralstoffen führte ein höherer Gräseranteil mit Ausnahme von Na und Mn zu leichten Abnahmen der Elementgehalte. Diese Veränderungen stimmen mit den Ergebnissen von Resch *et al.* (2015) für die Nährstoffgehalte und mit jenen von (Resch *et al.*, 2009) überein. Ein um 10 % höherer Gräseranteil führte andererseits zur Zunahme von TM, aNDF<sub>om</sub>, ADF<sub>om</sub> und XF. Interessant ist der Umstand, dass aNDF<sub>om</sub> stärker anstieg als ADF<sub>om</sub>, wofür die Hemizellulose verantwortlich gemacht werden muss.

Der Pflanzenbestand zeigte außerdem einen Effekt auf den TM-Gehalt, als dass die Erhöhung des Leguminosenanteiles um 10 % zu einer Abnahme des TM-Gehaltes um 6,7 g/kg FM führte, d.h. kleereichere Wiesenbestände tendieren zu etwas feuchterem Futter. Um 10 % mehr Leguminosen erhöhten den CP-Gehalt um 1,4 g/kg TM und den XA-Gehalt um 0,5 g/kg TM. Obwohl nach (Li *et al.*, 1994) Gräser mit weniger Erdpartikel durch Wind bzw. Regen beladen als zweikeimblättrige Pflanzen, ist der CA-erhöhende Leguminosen-Effekt im DW-NET zu gering, um eine Futterverschmutzung für erhöhte CA-Gehalte verantwortlich zu machen. Um 10 % mehr Leguminosen senkten den Fe-Gehalt um 56 mg/kg TM. Mit höherem Leguminosenanteil stiegen die Gerüstsub-stanzgehalte leicht an und OMD, ME und NEL sanken leicht ab. Nach Daccord *et al.* (2001) enthielten Leguminosen und auch Kräuter signifikant höhere ADL-Gehalte als Gräser. Bei den Elementgehalten führten höhere Leguminosenanteil vielfach zu höheren Gehaltswerten (Tabelle 4). Bei den Elementen K, Na, Zn und Mn bewirkten mehr Leguminosen im Futter geringere Gehalts-werte (Abbildung 7).

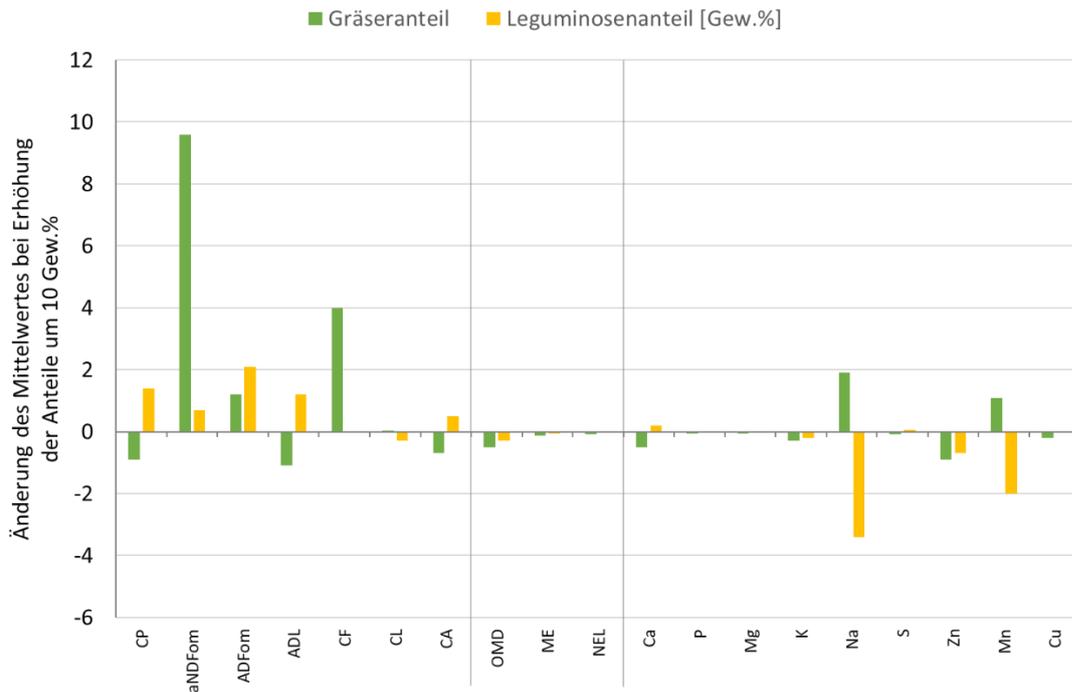


Abbildung 7: Mittlere Veränderung von Parameter-Mittelwerten betreffend Futterqualität bei Erhöhung von Gräser- bzw. Leguminosenanteilen in Gewichtsprozent von Dauerwiesenfutter

### 3.1.8 Hypothese 6: Die Anwendung von Rindergülle oder Stallmist/Jauche hat einen signifikanten Einfluss auf die Qualität von Dauerwiesenfutter

Speziell die N-Düngung bewirkt nach Nelson (1992) eine tendenzielle Zunahme der Blattgröße und eine stärkere Bestockung mit mehr Triebbildung. Weichselbaum (2015) konnte nachweisen, dass Gräser und Kräuter bei steigender N-Düngung tendenziell höhere Proteingehalte aufwiesen, während bei Leguminosen kein Qualitätseffekt durch N-Düngung zu beobachten war. Nach Schellberg *et al.* (1999) bzw. Pötsch und Resch (2005) bewirkte N-Düngung eine Zunahme der TM-Erträge.

Im DW-NET Projekt wurden an 4 Standorten unter direkter Betreuung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zwei Wirtschaftsdüngersysteme, nämlich Rindergülle und Stallmist/Jauche, parallel verglichen. Dadurch ist ein reduzierter Vergleich der Düngungssysteme über ein GLM für diese 4 Standorte möglich geworden. Die statistische Analyse ergab von den zur Verfügung stehenden Parametern der Futterqualität von Dauerwiesen in einigen Fällen einen hoch signifikanten Einfluss des Düngersystems auf die Gehaltswerte.

Der Einsatz von Rindergülle bewirkte eine Erhöhung des TM-Gehaltes um ca. 9 g/kg FM gegenüber Stallmist/Jauche. Außerdem wurden durch Gülledüngung die Elementgehalte von Ca, Mg, Na und Mn im Futter höher als bei Stallmist/Jauche-Düngung. Mit der Düngung von Rindergülle sanken die Gehaltswerte von Rohasche und Eisen signifikant ab (Tabelle 9). Der durchschnittliche ADF<sub>om</sub>-Gehalt lag bei Rindergülle um 5 g niedriger als bei Stallmist/Jauche. Bei den Elementgehalten hatte die Gülledüngung eine senkende Wirkung auf den P- und K-Gehalt im Futter. In der deskriptiven Analyse wiesen Dauerwiesen unter Rindergülledüngung im Durchschnitt 60 % Gräser, 33 % Kräuter und 7 % Legumiosen auf, während bei Stallmist/Jauche-Düngung der Gräseranteil auf 55 % abnahm und der Kräuteranteil auf 37 % anstieg. Der Legumiosenanteil lag mit 8 % auf vergleichbarem Niveau.

Zusammenfassend kann resümiert werden, dass das Düngungssystem zum Teil signifikante Wirkungen auf die Futterqualität ausübte. Wichtige Parameter wie der Rohproteingehalt, die OM-Verdaulichkeit und die Futterenergie im Dauerwiesenfutter wurden vom Düngungssystem nur zufällig beeinflusst (Tabelle 9).

Tabelle 9: Durchschnittlicher Einfluss der Wirtschaftsdüngerart auf die Qualität von Dauerwiesenfutter im DW-NET

Parameter	Einheit	DSt	GLM	GLM (4 Standorte)			P-Wert	Rinder-	Stallmist
		$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	n	R <sup>2</sup>		gülle	/Jauche
		$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	n	R <sup>2</sup>		$\bar{x}$	$\bar{x}$
Trockenmasse TM	g/kg FM	233	242,6	214,2	1386	48,6	< 0,01	<b>218,8</b>	<b>209,5</b>
*Rohasche (CA)	g/kg TM	101,9	103,1	103,5	1384	39,1	< 0,01	<b>101,6</b>	<b>105,3</b>
Eisen (Fe)	mg/kg TM	1226	1310	1599	808	36,1	0,754	1587	1611
*Rohprotein (CP)	g/kg TM	122,7	126,3	126,0	1384	69,3	0,643	126,2	125,8
*aNDF <sub>om</sub>	g/kg TM	503	502	506	808	68,2	0,180	504	508
*ADF <sub>om</sub>	g/kg TM	334	334	341	808	54,5	< 0,01	<b>339</b>	<b>344</b>
*ADL	g/kg TM	56,2	57,8	56,8	808	52,8	0,825	56,7	56,8
*Rohfaser (CF)	g/kg TM	264	261	267	1384	57,0	<b>0,049</b>	<b>265</b>	<b>268</b>
*Rohfett (CL)	g/kg TM	20,4	20,3	20,3	1384	60,9	<b>0,007</b>	<b>20,1</b>	<b>20,5</b>
OM-Verdaulichkeit (OMD)	%	65,9	64,8	64,2	1184	59,2	0,238	64,1	64,4
*Metabolische Energie (ME)	MJ/kg TM	9,04	8,84	8,75	1184	58,7	0,969	8,75	8,75
*Nettonergie-Laktation (NEL)	MJ/kg TM	5,24	5,11	5,03	1184	58,3	0,985	5,04	5,04
Calcium (Ca)	g/kg TM	9,4	9,7	9,3	1096	62,9	< 0,01	<b>9,6</b>	<b>9,0</b>
Phosphor (P)	g/kg TM	3,4	3,4	3,5	1384	73,4	< 0,01	<b>3,4</b>	<b>3,6</b>
Magnesium (Mg)	g/kg TM	3,1	3,3	3,4	1096	58,4	< 0,01	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>
Kalium (K)	g/kg TM	20,8	20,1	21,1	1384	56,7	< 0,01	<b>19,2</b>	<b>23,0</b>
Natrium (Na)	mg/kg TM	215	229	207	952	54,2	< 0,01	<b>247</b>	<b>166</b>
Zink (Zn)	mg/kg TM	40,0	40,1	43,7	808	34,6	0,357	44,3	43,2
Mangan (Mn)	mg/kg TM	114	119	136	808	51,3	< 0,01	<b>151</b>	<b>122</b>
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	7,9	8,1	8,3	808	59,4	0,632	8,2	8,3

$\bar{x}$  DSt = Mittelwert deskriptive Statistik;  $\bar{x}$  GLM = adjustierter Mittelwert im GLM; \*Aschekorrektur

Standorte: Winklhof (771), Gumpenstein (772), Kobenz (773), Piber (774)

Mittelwerte der Covariablen: 57,5 % Gräser, 7,4 % Legumionsen; 1024° C Summe Temperatur; 275 mm Summe Niederschlag

### 3.1.9 Schwefel (S)

Im DW-NET Projekt wurden Schwefeluntersuchungen nur im Jahr 2021 durchgeführt. Das Dauerwiesenfutter enthielt durchschnittlich 2,2 g S/kg TM bei einer Standardabweichung von 0,5 g/kg TM. Ein klarer Trend hinsichtlich Erntezeitpunkt oder Aufwuchs konnte aus den S-Analysen nicht abgeleitet werden (Tabelle 27).

Das Verhältnis von Stickstoff : Schwefel im Futter ermöglicht die Bewertung der Schwefelversorgung des Grünlandes (Diepolder und Raschbacher, 2013). Demnach entspricht ein N:S-Verhältnis zwischen 12:1 bis 15:1 einem latenten Schwefelmangel und N:S-Verhältnisse größer 15:1 einem ertragswirksamen S-Mangel. Im DW-NET Projekt hätten nach Bewertung des N:S-Verhältnisses 10 % der Flächen einen latenten und 5 % einen ertragswirksamen S-Mangel zu verzeichnen. In

Abbildung 6 wurde die Empfehlung für einen ausreichenden Rohproteingehaltes von 150 g/kg TM berücksichtigt. Insgesamt hatten 75 % der Flächen zu geringe XP-Gehalte. Wenn nur diese Flächen hinsichtlich Schwefelbedarf bewertet werden, sinkt der Anteil an latentem S-Mangel auf 7 % und jener von ertragswirksamen S-Mangel auf 2 %. Nach Resch und Stögmüller (2023b) war die Schwefelsituation bei Heuproben aus Praxisbetrieben im Bereich des Anteils an Proben mit N:S-Verhältnis größer 15:1 ebenfalls bei 2 %. Gemessen am Schwefelgehalt im Grünfutter wäre ein durchschnittlicher S-Gehalt kleiner 1,75 g/kg TM ein Hinweis auf latenten und kleiner 1,5 g S/kg TM auf ertragswirksamen Schwefelmangel (Abbildung 8). Im Vergleich dazu war die Situation bei Heuproben folgende: latenter S-Mangel kleiner 1,45 g S/kg TM und ertragswirksamer Schwefelmangel kleiner 1,15 g S/kg TM (Resch und Stögmüller, 2023b).

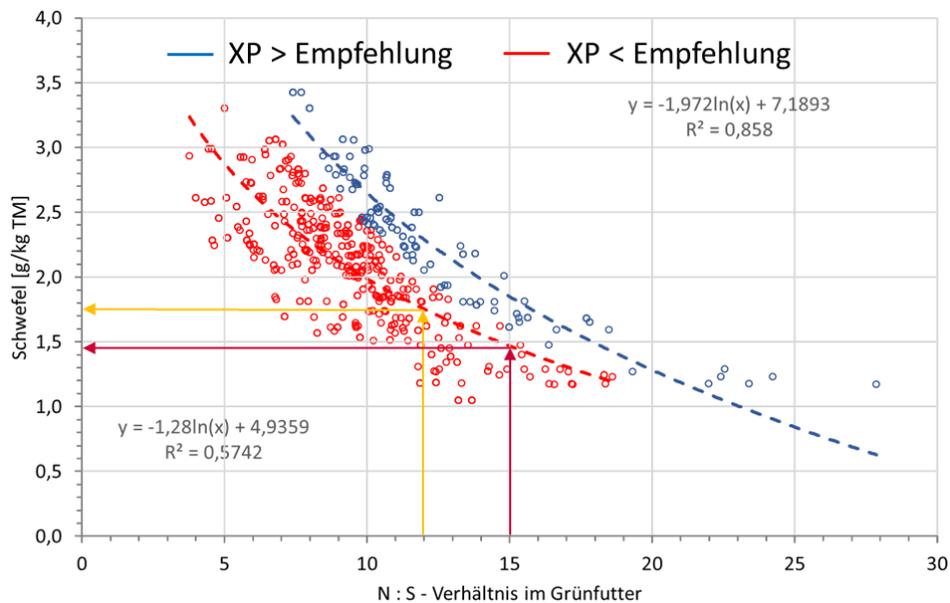


Abbildung 8: N:S-Verhältnis und Schwefelgehalte von Dauerwiesen-Grünfutter in Abhängigkeit der Empfehlung für Rohproteingehalte

### 3.2 Schlussfolgerungen

Das umfangreiche Monitoring im Rahmen des DaFNE-Forschungsprojektes „DW-NET“ von 2002 bis 2021 an 19 ausgewerteten Standorten auf alten Dauerwiesen mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität zeigte, dass verschiedene Parameter der Futterqualität angesichts mehrerer Einflussfaktoren sehr großen Schwankungen unterliegen können. Statistische Auswertungen über eine lineare Modellierung konnten einen guten Teil der Qualitätsvarianz durch die Standortfaktoren Temperatur, Niederschlag und Versuchsstation, aber auch durch die Schnitthäufigkeit, Aufwuchs, Düngung und die funktionellen Gruppen Gräser- bzw. Leguminosenanteil, sowie durch die Langzeiteffekte über 20 Versuchsjahre erklären. Dennoch bleibt ein nicht unwesentlicher Graubereich, der uns die Komplexität des Dauergrünlandes und der umfangreichen Einflüsse auf die Futterqualität aufzeigte.

Unter wärmeren Temperaturen erhöhte sich die Lignifizierung der Pflanzenzellen in Verbindung mit einer Abnahme der OM-Verdaulichkeit und der Energiedichte, sowie einer leichten Reduktion des Proteingehaltes. Hingegen führte eine Reduktion des Niederschlages in punkto Futterqualität zu einer leichten Abnahme der Gerüstsubstanzen, wodurch die Verdaulichkeit und Energie tendenziell verbessert wurde. Unter trockeneren Verhältnissen stieg der Proteingehalt leicht an, Mineralstoffgehalte nahmen teilweise etwas ab. In Regionen mit erhöhten Temperaturen und weniger

Niederschlag erwiesen sich die alten Dauerwiesen als durchaus resilient, auch bei intensiverer Nutzung.

Im langfristigen Trend verringerte sich der Leguminosenanteil um 3 %, während der Gräseranteil in 20 Jahren im Durchschnitt um 2 % anstieg. Bedingt durch die Veränderung der funktionellen Gruppen konnte eine Abnahme des Protein- und Rohaschegehaltes, aber ein Anstieg der TM- und Gerüstsubstanzegehalte beobachtet werden. Die OM-Verdaulichkeit und Energiedichte wurden langfristig allerdings nicht negativ beeinflusst. Eine Förderung der Leguminosen würde den Protein- und Mineralstoffgehalt erhöhen, allerdings die OM-Verdaulichkeit aufgrund steigender Gerüstsubstanzegehalte etwas reduzieren.

Die ausgewählten Dauerwiesenstandorte waren in punkto Futterqualität zum Teil sehr unterschiedlich, d.h. dass auch bei Gleichschaltung verschiedener Effekte der Standort über den Boden, die Wasserversorgung und anderer nicht erfasster Parameter einen starken Einfluss bzw. Wechselwirkungen auf die Futterqualität ausübte. Diese Standort-Kausalität erschwerte eine Gruppierung von Standorten nach klimatischen oder regionalisierten Aspekten, wodurch eine modellhafte Übertragung der DW-NET Ergebnisse auf Österreich nicht empfehlenswert ist.

Der Vergleich von Gülledüngung mit dem Stallmist/Jauche-System auf 4 Standorten ergab geringfügig positive Effekte der Gülledüngung auf die Futterqualität der Dauerwiesen. Der stärkste Effekt der Gülledüngung bestand in einer Erhöhung des Grasanteiles auf 60 Gewichtsprozent, um 5 % mehr als bei Stallmist/Jauche. Der Leguminosenanteil war mit 7 bis 8 % vergleichbar. Das auf die Schnitthäufigkeit abgestimmte Düngungsniveau im DW-NET erwies sich im Sinne der Richtlinien für die sachgerechte Düngung von Grünland als durchaus nachhaltig, weil sich die Pflanzenbestände nicht deutlich negativ veränderten und sich nach Trockenperioden gut erholten. Insofern kann von einer gewissen Robustheit (Resilienz) der Dauerwiesen bei gut abgestimmter Nutzung/Düngung gesprochen werden.

Hinsichtlich Schwefelversorgung der Dauerwiesenbestände konnte festgestellt werden, dass nach Analyse der N/S-Verhältnisse aus den Futterproben insgesamt 2 % der Befunde auf einen ertragswirksamen Schwefelmangel und 7 % auf einen latenten Schwefelmangel hinweisen. Unterhalb von 1,75 g S/kg TM kann bei proteinschwachem Futter von einem Schwefelmangel ausgegangen und eine Schwefeldüngung im Frühjahr empfohlen werden.

Im Vergleich zu anderen Datenquellen enthielten die DW-NET Dauerwiesen allgemein mehr Gerüstsubstanzen und weniger Protein, sodass die Futterqualität und Verwertbarkeit für Wiederkäuer ungünstiger waren. Aufgrund des eher ungünstigen Qualitätsniveaus der alten Dauerwiesen wäre der Einsatz dieses Futters für Hochleistungstiere nur bedingt zu empfehlen. Andererseits wäre eine Verwertung über Rinderrassen im mittleren bis unteren Leistungsniveau absolut sinnvoll und standortangepasst.

## 4 Zusammenfassung

Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein führte gemeinsam mit Partnern aus den landwirtschaftlichen Schulen von 2002 bis 2021 ein umfangreiches Monitoring im Rahmen des DaFNE-Forschungsprojektes „DW-NET“ in vier Projektteilen an bis zu 27 Standorten auf alten Dauerwiesen mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität durch. Eine der zentralen Fragestellungen bezog sich auf Einflussfaktoren der Futterqualität und deren Bewertung.

Höhere Lufttemperaturen führten hinsichtlich Futterqualität zu einer stärkeren Lignifizierung der Pflanzenzellen in Verbindung mit einer Abnahme der OM-Verdaulichkeit und der Energiedichte, sowie einer leichten Reduktion des Proteingehaltes. Weniger Niederschläge resultierten in einer

leichten Abnahme der Gerüstsubstanzen, wodurch die Verdaulichkeit und Energie sowie der Proteingehalt tendenziell zunahm. In Regionen mit erhöhten Temperaturen und weniger Niederschlag erwiesen sich die alten Dauerwiesen als durchaus resilient, auch bei der intensiveren 4-Schnittnutzung.

Im langfristigen Trend verringerte sich in den Dauerwiesen der Leguminosenanteil um 3 %, während der Gräseranteil in 20 Jahren im Durchschnitt um 2 % anstieg. Dadurch erfolgte eine Abnahme des Protein- und Rohaschegehaltes, sowie einiger Elementgehalte, aber gleichzeitig ein Anstieg der TM- und Gerüstsubstanzengehalte. Die OM-Verdaulichkeit und Energiedichte wurden allerdings langfristig nicht negativ beeinflusst. Standorteffekte betreffend Boden, Wasserversorgung und anderer nicht erfasster Parameter zeigten starke Einflüsse bzw. Wechselwirkungen auf die Futterqualität. Weil sich die Pflanzenbestände nicht deutlich negativ veränderten und sich nach Trockenperioden gut erholten, kann von einer gewissen Robustheit (Resilienz) der Dauerwiesen bei gut abgestimmter Nutzung/Düngung gesprochen werden. So gesehen bleiben mittelintensiv genutzte Dauerwiesen mit guter Biodiversität in österreichischen Regionen mit höheren Temperaturen und geringeren Niederschlägen, wie z.B. nördliche Voralpen und Alpenvorland sowie das südöstliche Flach-/Hügelland, weiterhin eine wichtige Futterquelle für Wiederkäuer.

Gülldüngung erhöhte den Grasanteiles auf 60 Gewichtsprozent, um 5 % mehr als bei Stallmist/Jauche. Dadurch erwies sich die Futterqualität bei Gülldüngung in den Gerüstsubstanzen als geringfügig besser. Hinsichtlich Schwefelversorgung der Dauerwiesenbestände konnte festgestellt werden, dass nach Analyse der N/S-Verhältnisse aus den Futterproben insgesamt 2 % der Befunde auf einen ertragswirksamen Schwefelmangel und 7 % auf einen latenten Schwefelmangel hinwiesen. Unterhalb von 1,75 g S/kg TM kann bei proteinschwachem Futter von einem Schwefelmangel ausgegangen und eine Schwefeldüngung im Frühjahr empfohlen werden.

Im Vergleich zu anderen Datenquellen enthielten die DW-NET Dauerwiesen allgemein mehr Gerüstsubstanzen und weniger Protein, sodass die Futterqualität und Verwertbarkeit für Wiederkäuer ungünstiger war. Aufgrund des eher ungünstigen Qualitätsniveaus der alten Dauerwiesen wäre der Einsatz dieses Futters für Hochleistungstiere daher nur bedingt empfehlenswert. Andererseits wäre eine Verwertung über Rinderrassen bis zum mittleren Leistungspotenzial absolut sinnvoll und standortangepasst.

## 5 Summary

Together with partners from agricultural schools, AREC Raumberg-Gumpenstein carried out monitoring from 2002 to 2021 as part of the DaFNE research project "DW-NET" in four project parts at up to 27 sites on old permanent grassland with different management intensities. One of the central questions was related to factors influencing forage quality and its evaluation.

With regard to forage quality, higher air temperatures led to a stronger lignification of plant cells in connection with a decrease in OM digestibility and energy, as well as a slight reduction in protein content. Less precipitation resulted in a slight decrease in cell wall substances, which tended to increase digestibility and energy, as well as protein content. In regions with increased temperatures and less precipitation, the old permanent grasslands proved to be quite resilient, even with the more intensive 4-cut system.

In the long-term trend, the proportion of legumes in the permanent pastures decreased by 3%, while the proportion of grasses increased by 2% on average over 20 years. This resulted in a decrease in protein and crude ash content, as well as some element contents, but at the same time an increase in DM and cell wall contents of structural carbohydrates. However, OM digestibility and

energy density were not negatively affected in the long term. Site effects concerning soil, water supply and other unrecorded parameters showed strong influences or interactions on forage quality. Because the plant populations did not change significantly in a negative way and recovered well after dry periods, a certain robustness (resilience) of the permanent grasslands can be spoken of with well-adjusted utilisation/fertilization. From this point of view, medium-intensity permanent grasslands with good biodiversity remain an important forage source for ruminants in Austrian regions with higher temperatures and lower precipitation, such as the lower altitudinal parts of upper and lower Austria as well as the southeastern flat/hilly countrysides.

Slurry increased the grass content to 60% by weight, 5% more than with manure. As a result, the forage quality with slurry fertilization proved to be slightly better in the cell wall contents. With regard to sulfur supply of the permanent grassland, it was determined that after analysis of the N/S ratios from the forage samples, a total of 2% of the findings indicated a yield-effective sulfur deficiency and 7% indicated a latent sulfur deficiency. Below 1.75 g S/kg DM, a sulfur deficiency can be assumed in low protein forages and sulfur fertilization in the spring can be recommended.

Compared to other data sources, DW-NET sites of permanent grasslands generally contained more cell wall substances and less protein, so forage quality and utilisation for ruminants was less favorable. Due to the rather unfavorable quality level of the old permanent grasslands, the use of this forage for high-performance dairy cattle would only be recommended to a limited extent. On the other hand, utilisation over cattle breeds up to medium performance potential would be absolutely reasonable and site-adapted to the location.

## 6 Literatur

- Agroscope (2021): Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch), *Agroscope*, 1725 Posieux, Schweiz, Zugang: [www.agroscope.ch/gruenes-buch](http://www.agroscope.ch/gruenes-buch).
- Albrecht, K.; Wedin, W. und Buxton, D. (1987): Cell-Wall Composition and Digestibility of Alfalfa Stems and Leaves. *Crop Science* 27 (4), 735-741.
- BMLRT (2021): Österreichische Eiweißstrategie. Bundesministerium für Landwirtschaft, Wien, 53 S.
- Bockholt, R.; Fuhrmann, U. und Briemle, G. (1996): Anleitung zur korrekten Einschätzung von Intensitätsstufen der Grünlandnutzung. *Natur und Landschaft* 71 (6), 249-251.
- Buxton, D.R. und Fales, S.L. (1994): Plant environment and quality. In Fahey (Ed.): Forage quality, evaluation, and utilization, *American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc.*, Madison USA, 155-199.
- Daccord, R.; Arrigo, Y.; Jeangros, B.; Scehovic, J.; Schubiger, F.X. und Lehmann, J. (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung Schweiz* 8 (4), 180-185.
- Diepolder, M. und Raschbacher, S. (2013): Genug Schwefel im Grünland? *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* (15) 2013, 1-5.
- Dierschke, H. und Briemle, G. (2002): Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht, *Ulmer*, Stuttgart, 239 S.
- DLG (1997): Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 7. erweiterte und Auflage, *DLG-Verlag*, Frankfurt/Main, 212 S.
- Dumont, B.; Andueza, D.; Niderkorn, V.; Lüscher, A.; Porqueddu, C. und Picon-Cochard, C. (2015): A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science* 70 (2), 239-254.
- Ellenberg, H.; Weber, H.E.; Dull, R.; Wirth, V.; Werner, W. und Paulissen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta geobotanica* 18, 1-248.

- Fick, G.W. und Onstad, D.W. (1988): Statistical models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *Journal of production agriculture* 1 (2), 160-166.
- GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12, *DLG Verlag GmbH*, Frankfurt am Main.
- Grant, K. (2016): Sensitivity of mesic temperate grassland to increased climate variability: biomass production, forage quality and plant-plant interactions. Dissertation, Universität Bayreuth, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Bayreuth, 247 S.
- Gruber, L. (2009): Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. *Übersichten zur Tierernährung* 37, 45-86.
- Guggenberger, T.; Stögmüller, G.; Gruber, L.; Gappmaier, S. und Terler, G. (2022): Die Grundfutterqualität in Österreich zwischen 1985 und 2021 und ihre räumlichen Unterschiede in den Kleinproduktionsgebieten, Update Futterwert Abschlussbericht Dafne 101150, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 7-46 S.
- Hansen, A.H.; Jonasson, S.; Michelsen, A. und Julkunen-Tiitto, R. (2006): Long-term experimental warming, shading and nutrient addition affect the concentration of phenolic compounds in arctic-alpine deciduous and evergreen dwarf shrubs. *Oecologia* 147, 1-11.
- Jeangros, B.; Scephovic, J.; Schubiger, F.X.; Lehmann, J.; Daccord, R. und Arrigo, Y. (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* 8 (2), 1-8.
- Klapp, E.; Boeker, P.; König, F. und Stählin, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. *Das Grünland* 2 (53), 38-40.
- Klingler, A. (2023): Klimatische Einflüsse und standortspezifische Faktoren: Analyse des Grünlandertrags in Österreich. Publikation zum Abschlussbericht des DaFNE-Forschungsprojektes Nr. 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 6 S.
- Lee, H.; Calvin, K.; Dasgupta, D.; Krinner, G.; Mukherji, A.; Thorne, P.; Trisos, C.; Romero, J.; Aldunce, P. und Ruane, A.C. (2023): CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report Summary for Policymakers, CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report: Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 42 S.
- Li, J.; Gerzabek, M.H. und Mück, K. (1994): An experimental study on mass loading of soil particles on plant surfaces. *Die Bodenkultur* (45) Heft 1, 1994, 15-24.
- McWilliam, J.R. (1978): Responses of pasture plants to temperature In Wilson (Ed.): Plant relations in pastures, *CSIRO: East Melbourne, Vic*, Melbourne, Australia, 17-34.
- Meisser, M.; Deléglise, C.; Stévenin, L. und Mosimann, E. (2015): Auswirkung von Trockenperioden auf Wiesen. *Agrarforschung Schweiz* 6 (9), 400-407.
- Metson, A. und Saunders, W. (1978): Seasonal variations in chemical composition of pasture: I. Calcium, magnesium, potassium, sodium, and phosphorus. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21 (2), 341-353.
- Michelsen, A.; Jonasson, S.; Sleep, D.; Havström, M. und Callaghan, T.V. (1996): Shoot biomass,  $\delta^{13}C$ , nitrogen and chlorophyll responses of two arctic dwarf shrubs to in situ shading, nutrient application and warming simulating climatic change. *Oecologia* 105, 1-12.
- Nelson, C.J. (1992): Physiology of leaf growth of grasses. Proceedings 14th European Grassland Federation (EGF), Lahti, Finland, EGF, 175-179.
- Nelson, C.J. und Moser, L.E. (1994): Plant factors affecting forage quality. In Fahey (Ed.): Forage quality, evaluation, and utilization, *American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc.*, Madison, Wisconsin USA, 115-154.
- Nultsch, W. (2001): Allgemeine Botanik, 11. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage, *Georg Thieme Verlag*, Stuttgart, New York, 133-140.
- Peterson, P.; Sheaffer, C. und Hall, M. (1992): Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal* 84 (5), 774-779.

- Pötsch, E.M. und Resch, R. (2005): Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoffgehalt von Grünlandfutter. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchviehfütterung, Melkroboter, Züchtung, Ökonomik und Haltung", Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 13.-14. April 2005, 1-14.
- Pötsch, E.M.; Herndl, M.; Schaumberger, A.; Schweiger, M.; Resch, R. und Adelwöhrer, M. (2019): Auswirkung zukünftiger Klimabedingungen auf Ertrag und Futterqualität im Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung", Gumpenstein, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26.-27. März 2019, 49-54.
- Reid, J.; Kennedy, W.; Turk, K.; Slack, S.; Trimberger, G. und Murphy, R. (1959): Effect of growth stage, chemical composition, and physical properties upon the nutritive value of forages. *Journal of Dairy Science* 42 (3), 567-571.
- Resch, R. (2004): Die Bestimmung der in vitro-Verdaulichkeit mit der modifizierten Zweistufenmethode nach Tilley und Terry (1968) an der Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft. Gumpenstein, Irdning, 9 S.
- Resch, R. (2016): Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Strukturkohlenhydratgehalte von Grundfutter. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Grundfutterqualität, Strukturversorgung und Futteraufnahme, Genetik und Fütterung in der Rindermast, Rinderaufzucht, Haltungsfragen", Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 16.-17. März 2016, 11-19.
- Resch, R. (2021): Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020. 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema Alternative Ansätze im Milchviehmanagement, Grundfutterqualität, Forschungsergebnisse aus dem Institut und Milchrassekälber, Webinar, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 24.-25. März 2021, 33-67.
- Resch, R. und Stögmüller, G. (2023a): LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 29. und 30. März 2023, 123-155.
- Resch, R. und Stögmüller, G. (2023b): Schwefelgehalte im Raufutter von Praxisbetrieben aus Österreich. 77. ALVA-Tagung zum Thema Innovativer Pflanzenschutz - neue Technologien zur Versorgungssicherheit, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, ALVA (Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen), 22.-23. Mai 2023, 288-292.
- Resch, R.; Wiedner, G.; Buchgraber, K.; Kaufmann, J. und Pötsch, E.M. (2013): Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futtermittelverschmutzung von Grünlandfuttermitteln. ALVA-Jahrestagung 2013 zum Thema "Pflanzenschutz als Beitrag zur Ernährungssicherung", Klosterneuburg, LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), 23. und 24. Mai 2013, 86-88.
- Resch, R.; Buchgraber, K.; Pötsch, E.M.; Gruber, L.; Guggenberger, T. und Wiedner, G. (2009): Mineralstoffe machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. *Der fortschrittliche Landwirt* 15, ÖAG-Sonderbeilage Info 8/2009, 59-66.
- Resch, R.; Frank, P.; Stögmüller, G.; Tiefenthaller, F.; Peratoner, G.; Adler, A.; Gasteiner, J. und Pötsch, E.M. (2014): Futtermittelverschmutzung mit Erde - Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. *Landwirt* ÖAG-Sonderbeilage 5/2014, 1-16.
- Resch, R.; Peratoner, G.; Romano, G.; Piepho, H.-P.; Schaumberger, A.; Bodner, A.; Buchgraber, K. und Pötsch, E.M. (2015): Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1.-2. Oktober 2015, 61-75.
- Resch, R.; Guggenberger, T.; Wiedner, G.; Kasal, A.; Wurm, K.; Gruber, L.; Ringdorfer, F. und Buchgraber, K. (2017): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *ÖAG-Infoschrift* 10/2017, überarbeitete Neuauflage, *Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG)*, Irdning-Donnerbachtal, 20.
- Resch, R., Klingler, A., Gaier, L., Gassner-Speckmoser, K., Bohner, A., Graiss, W., Eichhorn, T., Fritz, C., Wieser, S., Herndl, M., Schaumberger, A. (2023): Abschlussbericht zum DaFNE-Forschungsprojekt Nr. 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnerbachtal, 34 S.

- Schaumberger, A. (2023): DW-NET-Standorte in den Grünlandregionen Österreichs und ihre klimatischen Rahmenbedingungen. Publikation zum Abschlussbericht des DaFNE-Forschungsprojektes Nr. 101309. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 17 S.
- Schellberg, J.; Mösel, B.M.; Kühbauch, W. und Rademacher, I.F. (1999): Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. *Grass and Forage Science* 54 (3), 195-207.
- Sheaffer, C.; Peterson, P.; Hall, M. und Stordahl, J. (1992): Drought effects on yield and quality of perennial grasses in the north central United States. *Journal of production agriculture* 5 (4), 556-561.
- Stögmüller, G. und Resch, R. (2017): Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. *ÖAG-Info* 5/2017, 16 S.
- 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.
- Van Soest, P.J. (1963): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 46, 829-835.
- Van Soest, P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant, 2nd Edition, *Cornell University Press*, Ithaca und London, 476 S.
- Van Soest, P.J.; Mertens, D.R. und Deinum, B. (1978): Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *Journal of Animal Science* 47 (3), 712-720.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, *VDLUFA-Verlag*, Darmstadt.
- Walter, J.; Grant, K.; Beierkuhnlein, C.; Kreyling, J.; Weber, M. und Jentsch, A. (2012): Increased rainfall variability reduces biomass and forage quality of temperate grassland largely independent of mowing frequency. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 148, 1-10.
- Weichselbaum, F. (2015): Auswirkung unterschiedlicher Düngungsniveaus im Dauergrünland auf die Proteinfractionierung im Grundfutter. Universität für Bodenkultur, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE), Wien, 96 S.
- Wilson, J.; Deinum, B. und Engels, F. (1991): Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39 (1), 31-48.

## 7 Anhang

### 7.1.1 Wechselwirkungen zwischen Schnitthäufigkeit und Aufwuchs im Projekt DW-NET

Tabelle 10: TM-Gehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	289,3	69,9	249,5	72,1						
3 x	221,4	53,0	239,3	74,4	216,6	63,0				
4 x	198,9	54,8	215,0	64,4	213,6	64,5	188,2	54,9		
5 x	184,7	30,6	217,3	29,8	249,7	60,6	232,7	50,0	184,6	24,4

Tabelle 11: Rohaschegehalte (korrigiert) von Dauerwiesen in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2 x	91,2	16,6	100,3	12,4						
3 x	93,7	14,2	104,3	12,3	105,4	9,7				
4 x	97,6	14,1	106,2	11,6	110,0	10,0	110,8	8,8		
5 x	103,0	26,1	96,9	17,6	107,1	15,0	113,9	12,9	124,1	2,4

Tabelle 12: Eisengehalte von Dauerwiesen in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2 x	907	733	1560	1331						
3 x	1030	943	1113	904	1909	1739				
4 x	1111	937	943	754	1202	872	1806	1519		
5 x	1090	466	626	376	881	607	1036	504	1772	831

Tabelle 13: Rohproteingehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesen in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	89,2	19,3	113,6	21,7						
3 x	107,0	19,7	116,8	19,4	134,5	20,9				
4 x	120,5	21,1	128,1	19,2	138,5	19,6	159,5	23,2		
5 x	160,6	15,6	126,0	13,7	144,5	18,6	154,2	12,5	166,1	12,8

Tabelle 14: aNDF<sub>om</sub>-Gehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	566,9	55,8	546,9	49,2						
3 x	509,6	49,5	493,6	51,9	472,1	50,1				
4 x	499,3	50,5	491,1	49,2	482,8	51,1	459,5	53,0		
5 x	445,0	25,0	523,6	43,8	501,2	47,2	499,9	30,1	464,4	34,8

Tabelle 15: ADF<sub>om</sub>-Gehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	366,1	29,2	361,9	27,1						
3 x	332,0	30,7	341,2	28,5	329,6	29,8				
4 x	316,5	31,6	322,7	27,2	328,8	27,8	309,7	30,0		
5 x	252,6	23,2	310,0	27,7	305,1	25,1	303,7	31,8	287,3	23,3

Tabelle 16: ADL-Gehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2 x	56,6	9,8	66,4	11,5						
3 x	50,4	9,8	59,9	12,9	64,6	14,0				
4 x	45,1	9,9	48,9	11,8	55,5	14,2	54,7	14,5		
5 x	32,0	6,2	36,3	6,7	41,7	6,3	44,9	10,9	43,7	7,1

Tabelle 17: Rohfasergehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	303,8	33,4	281,7	28,7						
3 x	274,6	29,7	268,0	27,2	246,7	27,6				
4 x	263,1	30,0	260,2	26,9	251,6	26,0	233,8	28,5		
5 x	204,8	18,6	262,7	18,9	249,5	18,8	245,1	17,4	224,6	17,9

Tabelle 18: Rohfettgehalte (Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	17,9	3,6	20,3	3,7						
3 x	18,5	3,5	20,6	3,9	20,9	3,5				
4 x	20,0	3,7	20,8	3,8	22,6	4,6	22,0	4,1		
5 x	23,5	3,2	22,7	2,9	24,6	3,5	26,3	4,7	26,1	3,7

Tabelle 19: in vitro Verdaulichkeit der OM von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	61,8	5,9	57,9	6,7						
3 x	68,8	5,1	66,0	5,2	64,7	6,3				
4 x	71,6	4,8	68,6	5,1	66,7	5,1	66,5	6,3		
5 x	80,0	3,2	72,7	2,9	73,2	3,9	69,4	5,9	71,1	2,9

Tabelle 20: Metabolische Energie (ME Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	8,40	0,97	7,66	1,20						
3 x	9,53	0,84	9,05	0,90	8,84	1,04				
4 x	9,93	0,78	9,44	0,85	9,10	0,85	9,04	1,06		
5 x	11,19	0,78	10,23	0,61	10,16	0,71	9,43	1,00	9,55	0,51

Tabelle 21: Nettoenergie-Laktation (NEL Asche-korrigiert) von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	4,82	0,69	4,28	0,83						
3 x	5,62	0,59	5,24	0,63	5,08	0,74				
4 x	5,90	0,55	5,53	0,61	5,28	0,60	5,24	0,75		
5 x	6,79	0,55	6,10	0,42	6,05	0,49	5,53	0,70	5,63	0,35

Tabelle 22: Calciumgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	7,9	2,4	9,0	2,3						
3 x	8,0	2,0	10,7	2,7	11,5	2,6				
4 x	7,4	1,8	8,9	2,3	10,3	2,5	10,0	2,5		
5 x	6,0	0,8	5,5	1,0	7,8	1,9	8,2	1,4	7,9	1,6

Tabelle 23: Phosphorgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	2,6	0,7	3,1	0,7						
3 x	3,0	0,6	3,6	0,9	3,8	0,9				
4 x	3,3	0,7	3,7	0,8	4,2	1,0	4,0	0,9		
5 x	3,1	0,3	2,9	0,3	3,3	0,4	3,6	0,4	3,3	0,2

Tabelle 24: Kaliumgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	17,8	3,8	17,2	4,0						
3 x	21,2	4,2	21,0	4,4	19,9	4,5				
4 x	23,5	4,6	24,2	4,8	22,9	5,1	22,3	5,6		
5 x	22,9	2,1	22,2	2,3	18,6	2,3	19,1	2,5	20,0	2,0

Tabelle 25: Magnesiumgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	2,6	0,9	3,1	1,0						
3 x	2,6	0,9	3,3	1,0	3,7	1,0				
4 x	2,6	0,7	3,0	0,9	3,5	1,0	3,9	1,1		
5 x	2,1	0,4	2,0	0,3	2,6	0,3	2,9	0,4	2,7	0,4

Tabelle 26: Natriumgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	150	102	176	136						
3 x	190	154	171	114	224	158				
4 x	237	183	201	147	208	156	349	330		
5 x	800	244	733	233	818	251	777	264	970	237

Tabelle 27: Schwefelgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	2,2	0,4	1,9	0,4						
3 x	1,8	0,4	2,1	0,3	2,4	0,3				
4 x	2,5	0,4	2,0	0,4	2,3	0,3	2,2	0,5		
5 x	2,9	0,1	3,0	0,0	3,2	0,3	2,5	0,1	2,7	0,2

Tabelle 28: Zinkgehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2 x	34,9	21,7	40,4	11,2						
3 x	37,3	17,5	39,8	8,9	47,3	14,0				
4 x	41,8	25,1	38,0	11,2	42,4	10,0	47,1	21,6		
5 x	36,4	5,7	29,0	3,4	36,2	4,4	38,8	3,8	37,7	3,9

Tabelle 29: Mangangehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2 x	108	63	159	104						
3 x	101	56	111	68	146	83				
4 x	94	48	95	60	108	65	130	67		
5 x	86	18	71	18	76	22	83	21	117	30

Tabelle 30: Kupfergehalte von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Aufwuchs

Schnittsystem	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		5. Aufwuchs	
	$\bar{x}$	SD								
2 x	5,9	1,5	7,5	2,2						
3 x	6,8	1,5	7,7	1,6	9,1	1,9				
4 x	7,6	1,6	8,0	1,7	8,9	1,8	10,1	2,0		
5 x	8,6	0,9	6,6	0,8	7,5	1,0	8,6	1,1	8,9	0,9

## 7.1.2 Ausgewählte Wechselwirkungsdiagramme Standort × Schnitthäufigkeit

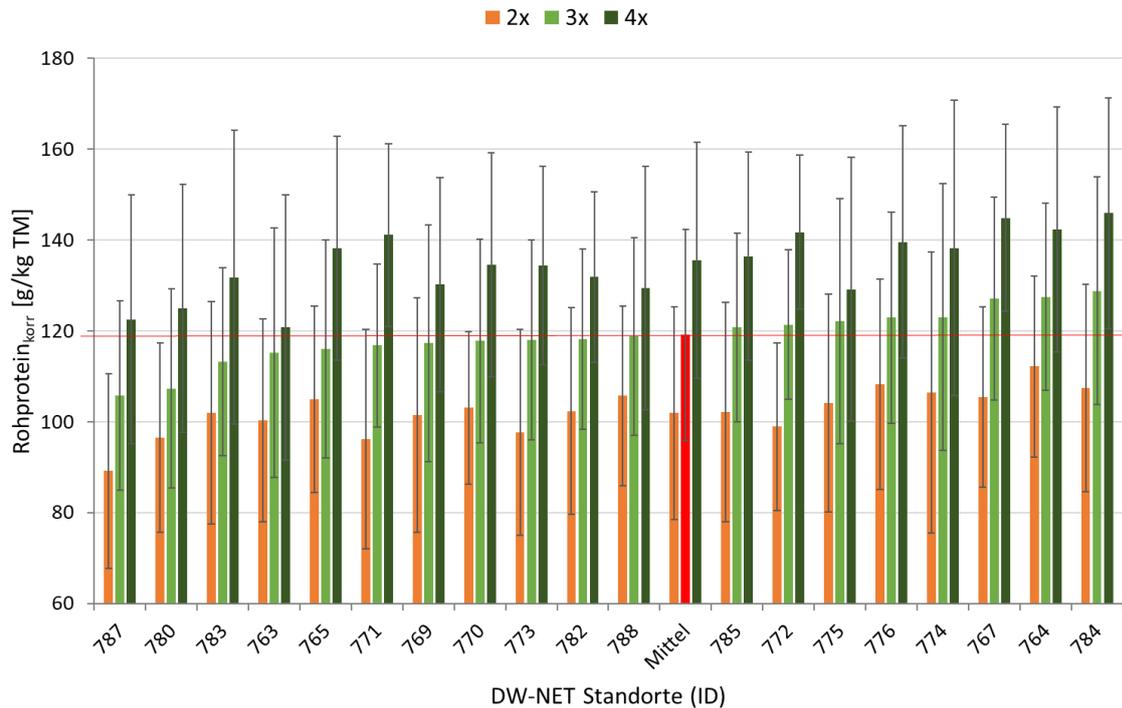


Abbildung 9: Rohproteingehalte (korrigiert und aufsteigend gereiht) in Abhängigkeit von Standort und Schnitthäufigkeit im Vergleich zum XP-Mittelwert der 3-Schnittflächen

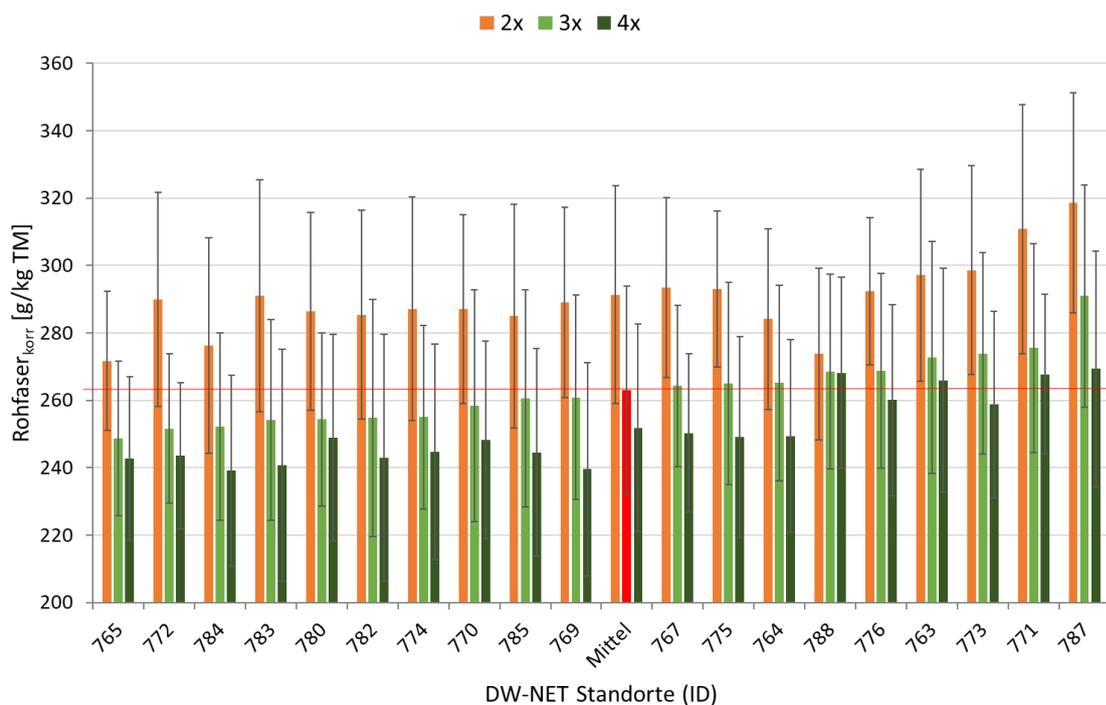


Abbildung 10: Rohfasergehalte (korrigiert und aufsteigend gereiht) in Abhängigkeit von Standort und Schnitthäufigkeit im Vergleich zum XF-Mittelwert der 3-Schnittflächen

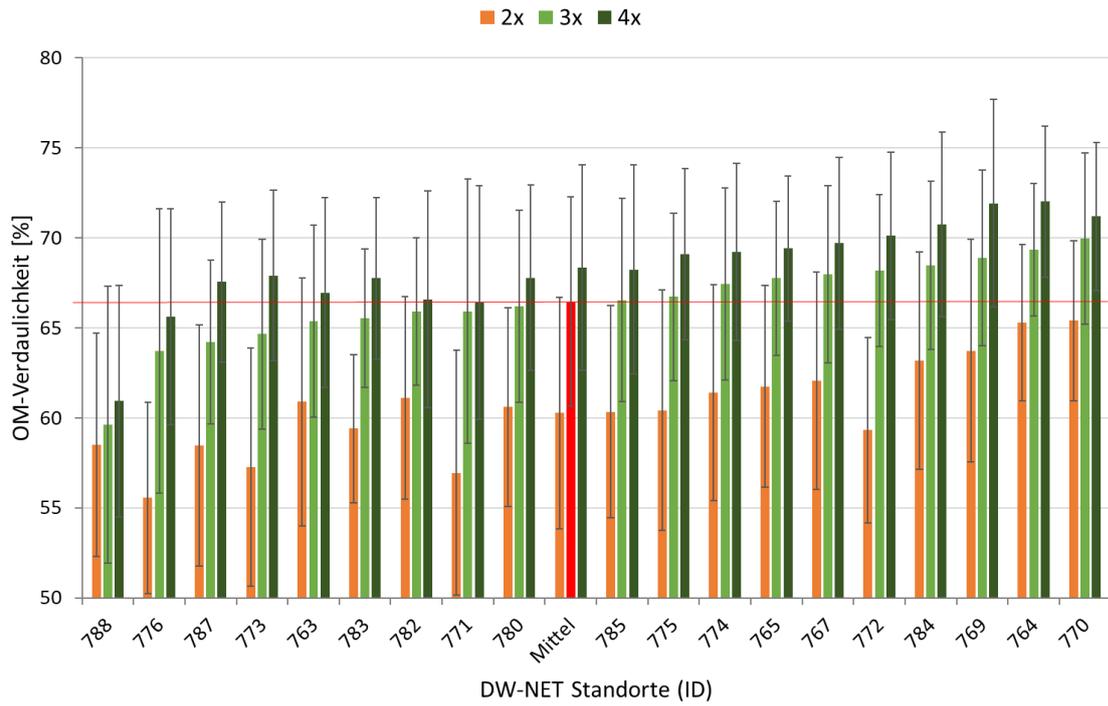


Abbildung 11: OM-Verdaulichkeit (aufsteigend gereiht) in Abhängigkeit von Standort und Schnitthäufigkeit im Vergleich zum XF-Mittelwert der 3-Schnittflächen

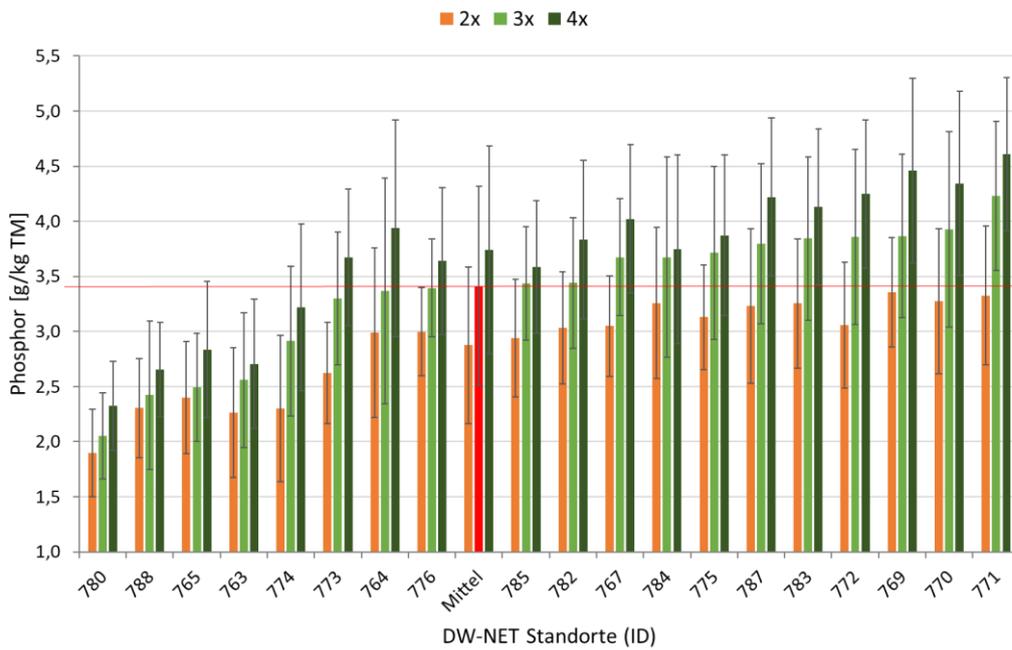


Abbildung 12: Phosphorgehalte (aufsteigend gereiht) in Abhängigkeit von Standort und Schnitthäufigkeit im Vergleich zum XF-Mittelwert der 3-Schnittflächen