

Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland

Reinhard Resch^{1*}, Giovanni Peratoner^{2**}, Giuseppe Romano², Hans-Peter Piepho³, Andreas Schaumberger¹, Arnold Bodner², Karl Buchgraber¹ und Erich M. Pötsch¹

Zusammenfassung

Auswertungen unterschiedlicher Datenbestände von Grünlandprojekten aus Österreich und Südtirol konnten bestätigen, dass neben dem Nutzungszeitpunkt die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes einen wichtigen Einfluss auf die Futterqualität des ersten Aufwuchses von Dauerwiesen ausübt. In Anlehnung an die Schweizer Futterwerttabellen bewirkte die Zuordnung des Pflanzenbestandes zu einem Bestandestyp (gräserreich, ausgewogen, kräuterreich und leguminosenreich) aufgrund der Ertragsanteile der Artengruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit für alle untersuchten Qualitätsparameter. Die vertiefte Erfassung der botanischen Zusammensetzung auf Artenebene und die Zuordnung der Pflanzenbestände zu Wiesentypen trug ebenfalls zu einer genaueren Vorhersage bei, spielte aber eine untergeordnete und weniger systematische Rolle. Die Seehöhe des Standortes übte bei der österreichischen Untersuchung einen signifikanten Einfluss auf Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit aus. Der Verlauf verschiedener Parameter der Futterqualität zeigte einen eindeutigen, artenspezifischen Einfluss. Futterleguminosen wie Weißklee (*Trifolium repens*) und Rotklee (*Trifolium pratense*), aber auch Kräuter wie Kuhblume (*Taraxacum officinale*) schnitten meist besser bei Rohproteingehalt, Mineralstoffen und Verdaulichkeit der organischen Masse ab als Gräser. Erste Untersuchungen konnten belegen, dass die Höhe des Düngereinsatzes (NPK) keinen Effekt auf den Proteingehalt bzw. die Proteinfractionen (CNCPS) der Artengruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen bewirkte. Die genetische Variabilität von 16 Zuchtorten am Beispiel Knautgras (*Dactylis glomerata*) war hinsichtlich Futterqualität über den Entwicklungsverlauf von 8 Wochen stark ausgeprägt. Die Entwicklung von Grünlandbeständen mit hoher Futterqualität erfordert in erster Konsequenz eine gezielte züchterische Bearbeitung von relevanten Grünlandarten und eine amtliche Wertprüfung mit entsprechenden Prüfkriterien. Die Zusammenstellung von hochwertigen Zuchtsorten zu optimalen Qualitätsmischungen bedarf der Expertise und Prüfung durch unabhängige Grünlandinstitute auf unterschiedlichen Standorten. Optimales Management (Nutzung,

Summary

The analysis of different data sets from grassland experiments from Austria and South Tyrol confirmed that, besides the choice of the cutting time, also the botanical composition plays an important role in determining the forage quality of permanent meadows at first cut. Assigning the plant stand to one of the categories 'rich in grasses', 'balanced', 'rich in forbs' or 'rich in legumes' on the basis of the yield share of grasses, forbs and legumes, following the Swiss forage value tables, leads to an improvement of the prediction accuracy for all investigated quality parameters. A more detailed botanical survey and the subsequent assignment of the plant stand to a meadow type further improve the prediction accuracy, but has a less relevant and less consistent role. In the Austrian data set, the altitude affected significantly the constituents and the digestibility. The changes over time of several forage quality parameters were found to be species-specific. Forage legumes as white clover (*Trifolium repens*), red clover (*Trifolium pratense*), but also forbs like dandelion (*Taraxacum officinale*) had better crude protein content, mineral contents and digestibility of organic matter than grasses. First experiments showed that mineral fertilisation (NPK) did not affect the crude protein content and its fractions (CNCPS) of grasses, forbs and legumes. The genetic variability of 16 cultivars of cocksfoot (*Dactylis glomerata*) concerning forage quality was clearly shown over an investigation time of 8 weeks. A targeted breeding of relevant forage species and an official cultivar testing system with adequate evaluation criteria are important in order to obtain grassland with high forage quality. Expertise and variety trials conducted by impartial research institutions are necessary for combining valuable cultivars into well suited seed mixtures. An optimal grassland management aimed at obtaining high forage quality requires active and interactive knowledge transfer from research and extension services.

¹ Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

² Sektion Berglandwirtschaft, Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg, Laimburg 6, I-39040 BOZEN

³ Fachgebiet Biostatistik, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, D-70599 STUTTGART

* Ansprechpartner: Ing. Reinhard RESCH, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

** Ansprechpartner: Dr. Giovanni PERATONER, giovanni.peratoner@provinz.bz.it

Düngung, Pflege) von Grünlandbeständen hoher Futterqualität braucht aktiven und interaktiven Wissenstransfer der Forschung und Beratung in die Praxis.

Schlüsselwörter: Qualitätsparameter, Bestandestypen, Wiesentypen, Artengruppen, Grünlandarten, Sortenzüchtung

Keywords: forage quality parameters, botanical composition, meadow types, species groups, grassland species, breeding

Einleitung

Die Grünlandwirtschaft im Alpenraum und deren Bewirtschaftungsintensität wird in Abhängigkeit der Region durch mehr oder weniger ausgeprägte Benachteiligung aufgrund der Standortbedingungen charakterisiert. Nur rund 51 % der österreichischen Grünlandfläche von insgesamt 1,382 Mio. ha werden öfter als zweimal pro Jahr geerntet. Davon nimmt der Anteil an Dauerwiesen 39,6 % und der Feldfutterbau 11,6 % ein (BMLFUW, 2014). Die kontinuierliche Steigerung der tierischen Leistungen und die Bekenntnis zu hohen Produktqualitäten fordern aus wirtschaftlicher Sicht Grünlandbestände von hoher Wertigkeit und Produktivität.

Landwirte, Beratung und Forschung stehen im Alpenraum vor großen Herausforderungen in der Grünland- und Viehwirtschaft, welche eine qualitätsbetonte und ökologisch/ökonomisch maßvolle Entwicklung vorantreiben sollen. Fachlich fundierte Fakten aus wissenschaftlichen Untersuchungen sollen die Grundlage für qualitative Entwicklungen von Grünlandbeständen darstellen. Diese Vorgangsweise erfordert die Beantwortung von zentralen Fragen:

1. Wie wirkt sich der Pflanzenbestand auf die Futterqualität aus? Sind die Verhältnisse zwischen Gräsern, Kräutern und Leguminosen (Artengruppen) ausschlaggebend, oder ist eine vertiefte Erfassung der botanischen Zusammensetzung und eine darauf basierte Zuordnung zu Wiesentypen notwendig?
2. Wird die Futterqualität der Artengruppen durch die Düngung beeinflusst?
3. Welche Rolle spielen einzelne Pflanzenarten in punkto Futterqualität?
4. Kann die Züchtung von Futterpflanzensorten die Futterqualität verbessern?

In den österreichischen Futterwerttabellen wurde nach Buchgraber *et al.* (1997) bei den Grünfuttertabellen 2-3 Nutzungen bzw. 4-6 Nutzungen nach ausgewählten Bestandestypen (Grasreich > 60 % Gräser, Mischbestand ≤ 60 % Gräser) und phänologischen Entwicklungsstadien differenziert. In der Neuauflage der Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (Resch *et al.*, 2006) wurde aufgrund des größeren Umfangs an integrierten Futtermitteln keine Differenzierung von Bestandestypen vorgenommen. In dieser Arbeit soll geprüft werden, ob sich ausgewählte Bestandestypen (in Material und Methodik beschrieben) in verschiedenen Qualitätsparametern unterscheiden. Für künftige österreichische Futterwerttabellen könnten nach Maßgabe der Ergebnisse mehrere Bestandestypen angeführt werden, um die Grundlage für die Wiederkäuer-Rationsberechnungen zu verbessern. Für den Beitrag wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verschiedene Experimente aus Österreich und vom Land- und Forstwirtschaftlichen Versuchszentrum Laimburg in Südtirol der Datenbestand

des EFRE-Projektes webGRAS herangezogen, um die angeführten Fragestellungen zu beantworten.

Material und Methoden

Datengrundlage Österreich

Daten für Bewertung von Bestandestypen und Nutzungshäufigkeit

Hierfür wurden insgesamt 6.765 Futterproben von österreichischen Grünlandbeständen aus 154 Experimenten des Zeitraumes von 1986 bis 2013 herangezogen. Von den untersuchten Futterproben stammen 6.011 aus exakten Feldversuchen und 753 aus dem UNESCO-Projekt MaB 6/21 von Praxisbetrieben (EUROMAB 1999). Die Proben der Exaktversuche können 42 Versuchsstandorten aus 8 Bundesländern mit Seehöhen zwischen 235 bis 2.400 m zugeordnet werden. Die Proben der MaB-Feldstudie stammen aus 8 Testgebieten mit Seehöhen von 420 bis 1.910 m. Bei der Probenauswahl wurden folgende Kriterien angewendet:

- Grünfutter (ohne Konservierungsverluste) getrocknet im Trockenschrank
- Nutzungshäufigkeit mindestens 1 Nutzung/Jahr
- Erster Aufwuchs
- Bekannte Seehöhe des Standortes
- Geschätzter Anteil der Gräser, Leguminosen und Kräuter in Gewichts %
- Vorhandene Weender Analyse
- Vorhandene in vitro-Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) nach Tilley and Terry (1963)

Anteilmäßig kamen die meisten Proben bei 3-Schnittnutzung (3.003 Proben = 44,6 %) bzw. beim Bestandestyp ausgewogen (2.699 Proben = 40,6 %) vor (*Abbildung 1*). Die geringste Probenanzahl wies die Nutzungshäufigkeit ≥ 5-Schnittnutzungen (142 Proben = 2,0 %) bzw. der Bestandestyp leguminosenreich (194 Proben = 2,9 %) auf. Die einzelnen Bestandestypen sind unter Punkt 2.3 beschrieben.

In Teilbereichen dieses Beitrages wurden Arten der Gräser, Leguminosen und Kräuter jeweils als „Artengruppe“ zusammengefasst. Nach Dierschke and Briemle (2002) werden Pools von Grünlandarten unterschiedlich bezeichnet, wie z.B. Gruppe, Gilde oder funktionelle Gruppe.

Daten für Bewertung der Artengruppen und Düngungsintensität

In diesem Fall wurden Proben ausgewählt, wo aus einem Mischbestand Gräser, Kräuter und Leguminosen selektiert und separat analysiert wurden. Als Beispiel wurde der

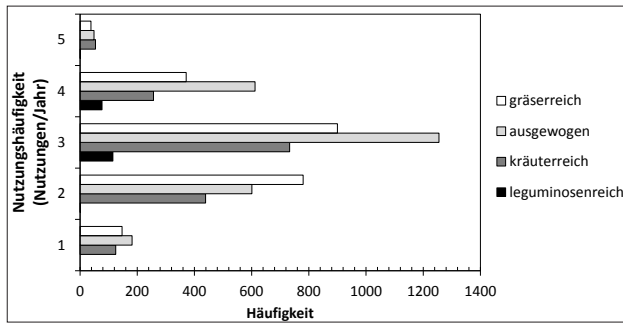


Abbildung 1: Häufigkeit der österreichischen Futterproben in Abhängigkeit von Bestandestyp und Nutzungshäufigkeit.

Ertragsdynamische Wirtschaftsdüngerversuch GL-484 (Standort Gumpenstein, 710 m Seehöhe) herangezogen. Die Düngungsvarianten waren: 1 – ungedüngt, 2 – PK dynamisch, 3 – PK dynamisch + 80 kg N/ha und Jahr, 4 – PK dynamisch + 120 kg N/ha und Jahr, 5 – PK dynamisch + 180 kg N/ha und Jahr. Für die PK-Düngung wurden je 100 kg Futter-TM 0,9 kg Phosphat (P_2O_5) bzw. 2,5 kg Kali (K_2O) vom Vorjahresertrag berechnet. In diesem Feldversuch wurden von Weichselbaum (2015) Rohprotein und die Proteinfractionen (nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS) der selektierten Artengruppen dieser 5 Düngungsvarianten im 1. Aufwuchs aus dem Jahr 2014 untersucht.

Daten für Bewertung von Futterpflanzen – Spezies und Nutzungszeitpunkt

In einem exakten Experiment am Standort Gumpenstein wurden im Jahr 1994 unterschiedliche Futterpflanzen (5 Gräser [Knautgras - *Dactylis glomerata*, Timothee - *Phleum pratense*, Engl. Raygras - *Lolium perenne*, Wiesenfuchsschwanz - *Alopecurus pratensis*, Wiesensrispe - *Poa pratensis*], 2 Leguminosen [Rotklee - *Trifolium pratense*, Weißklee - *Trifolium repens*] und 2 Kräuter [Stumpfblättriger Ampfer - *Rumex obtusifolius*, Kuhlblume - *Taraxacum officinale*]) aus dem Wirtschaftsgrünland im Verlauf der Entwicklung im 1. Aufwuchs über 10 Wochen verteilt, an 6 Beprobungszeitpunkten untersucht, um deren Qualitätsunterschiede aufzuzeigen.

Daten für Bewertung von Futterpflanzen – Sorten

Als Beispiel für den Einfluss der genetischen Variabilität von *Dactylis glomerata* auf Rohprotein bzw. die OM-Verdaulichkeit wurde der Feldversuch GL-609 (Standort Gumpenstein) aus dem Versuchsjahr 2000 herangezogen. Die 16 Knautgrassorten wurden im 1. Aufwuchs wöchentlich ab 4. Mai über einen Zeitraum von 8 Wochen beprobt und analysiert.

Datengrundlage Südtirol

Für die Entwicklung der statistischen Vorhersagemodelle wurde ein umfangreicher Datenbestand herangezogen, welcher den Verlauf der Futterqualität des ersten Aufwuchses von Dauerwiesen in Südtirol ab dem Entwicklungsstadium des Schossens beschreibt. Futterproben wurden durch wöchentliche sequentielle Beprobung für einen Zeitraum von

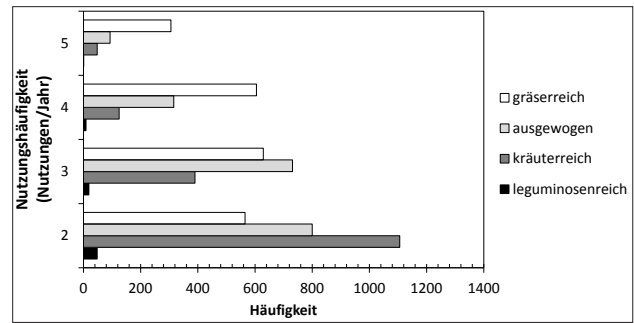


Abbildung 2: Häufigkeit der Südtiroler Futterproben in Abhängigkeit von Bestandestyp und Nutzungshäufigkeit.

42 Tagen ab dem Weidestadium (als 15 cm Bestandeshöhe definiert und dem Schossen gleichgestellt) an 175 Umwelten (35 Standorte \times 5 Jahre) von 2003 bis 2007, an 20 Umwelten (5 Standorte \times 4 Jahre) von 2009 bis 2012 und an 7 Umwelten in den Jahren 2013 und 2014 gesammelt. Die Umwelten umfassten eine breite Palette an klimatischen Bedingungen (666 m bis 1.593 m Meereshöhe) und Bewirtschaftungsweisen (2 bis 5 Schnitte/Jahr).

Im Gegensatz zum österreichischen Datenbestand kamen hier die zweischnittigen Wiesen (43,7 % der Fälle) am häufigsten vor, während die Bestandestypen gräserreich und ausgewogen (36,4 % bzw. 33,6 %) eine ähnliche Gesamthäufigkeit aufwiesen (Abbildung 2). Die fünfschnittigen Wiesen (7,7 %) und insbesondere der leguminosenreiche Bestandestyp (1,3 %) waren, wie beim österreichischen Datenbestand, am schwächsten vertreten.

Bei jedem Erntetermin wurden die Proben in vierfacher Wiederholung innerhalb einer Fläche von 50 bis 100 m² in Kleinquadraten (0,25 m² Fläche) bei einer Schnitthöhe von 5 cm mit Akkuscheren gewonnen (Kasal *et al.* 2010) und im Trockenschrank bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Für die Analysen der in vitro-Verdaulichkeit und der Mineralstoffe wurde eine Mischprobe der vier Wiederholungen herangezogen, während für alle anderen Parameter die einzelnen Wiederholungen untersucht wurden.

Für die Entwicklung der statistischen Vorhersagemodelle wurden Temperatursummen wie folgt berechnet und herangezogen: Für 20 der 35 Versuchsstandorte wurden Temperaturdaten in 2 m Höhe von Wetterstationen in begrenzter Entfernung, mit ähnlicher Meereshöhe und Exposition sowie mit fehlendem Abschirmungseffekt von dazwischenstehenden Reliefs herangezogen. Für die restlichen Standorte wurden nach Schaumberger (2011) räumlich interpolierte Daten mit 250 m Auflösung verwendet. Die Basistemperaturen wurden für jede abhängige Variable nach Romano *et al.* (2014) ermittelt.

Pflanzenbestand

In Futterwerttabellen (DLG, 1997; Daccord *et al.*, 2007) werden repräsentative, länderspezifische Grünlandbestandestypen differenziert, weil ein Einfluss auf die Futterqualität festgestellt wurde. Um eine Vergleichbarkeit mit dem Schweizer System zu gewährleisten, wurden die erfassten Artengruppenverhältnisse für diesen Beitrag nach folgenden Kriterien gepoolt: gräserreich – Grasanteil > 70 %,

Tabelle 1: Schlüssel für die Zuordnung der Mischproben zu einem Bestandestyp ausgehend vom Bestandestyp der vier Wiederholungen.

Ausprägung der vier Wiederholungen	Zuordnung der Mischprobe
Gräserreiche Proben ≥ 3	gräserreich
2 gräserreiche und 2 ausgewogene Proben	gräserreich
Kräuterreiche Proben ≥ 3	kräuterreich
2 ausgewogene Proben, die restlichen Proben kräuterreich oder leguminosenreich	kräuterreich
Leguminosenreiche Proben > 3	leguminosenreich
Alle anderen Kombinationen	ausgewogen

ausgewogen – Grasanteil 50-70 %, kräuterreich – Kräuter + Leguminosen > 50 % und Leguminosen < 50 %, leguminosenreich – Leguminosen > 50 %.

Das entspricht weitgehend dem Beurteilungsschema nach Daccord *et al.* (2007) mit der Ausnahme, dass keine weitere Unterteilung der gräserreichen, ausgewogenen und kräuterreichen Bestandestypen aufgrund der Anteile von Raygräsern bzw. grobstängeligen Kräutern durchgeführt wurde. In Südtirol wurde bei der Beprobung der Bestandestyp jeder Probe nach demselben Schema beurteilt. Für alle Daten wurden die Artengruppen vor der Ernte nach Klapp/Stählin (Ertragsanteil in Gewichtsprozent) geschätzt (Klapp, 1930; zit. in Voigtländer und Voss, 1979).

Für die Mischproben, welche für die Bestimmung der in vitro-Verdaulichkeit und der Mineralstoffe verwendet wurden, wurde die Zuordnung zum Bestandestyp aufgrund der Bestandestypen der vier Wiederholungen unternommen (Tabelle 1). Für den Aufbau dieses Schlüssels wurde der erfahrungsgemäß anfallende Streubereich jeder Artengruppe festgelegt. Daraus wurde für jeden Bestandestyp die mittlere Ausprägung jeder Artengruppe berechnet. Diese Werte wurden dann für jede anfallende Kombination der Artengruppen der einzelnen Wiederholungen gemittelt. Die daraus resultierende theoretische botanische Zusammensetzung wurde dann nach dem bereits beschriebenen Schema einem Bestandestyp zugeordnet. Da die leguminosenreichen Proben selten vorkamen, konnte keine Mischprobe zur Kategorie leguminosenreich zugeordnet werden.

Beim Südtiroler Versuch wurden außerdem jedes Jahr beim 3. oder 4. Beprobungstermin die Ertragsanteile aller vorkommenden Pflanzenarten nach Klapp geschätzt. Jede Beprobungsfläche wurde mittels Clusteranalyse einem von 7 Wiesentypen zugeordnet (Peratoner *et al.*, 2010). Dafür wurde die mittlere botanische Zusammensetzung über die Jahre 2003 bis 2008 nach Überprüfung der Abwesenheit eindeutiger Trends der Vegetationsdynamik berechnet

und eine Clusteranalyse (quadrierte Euklidische Distanz als Unähnlichkeitsmaß und Ward als Agglomerationsmethode) nach Transformation der Daten nach Dietl (1995) durchgeführt. Die 7 Wiesentypen (Tabelle 2) sind weniger als pflanzensoziologische Einheiten sondern eher als physiognomische Typen zu betrachten. In Tabelle 2 sind die Typen und die Anteile diagnostisch relevanter Arten oder Artengruppen angegeben. Die Typen entsprechen zu einem guten Teil den regelmäßig gedüngten Wiesen im Berggebiet, welche von Scotton *et al.* (2012) für die Provinz Trient bereits beschrieben wurden.

Futteranalysen

Alle österreichischen Futterproben wurden auf Weender-Inhaltsstoffe (Rohprotein [XP], Rohfaser [XF], Rohfett [XL] und Rohasche [XA]) nach Vdlufa (1976) untersucht. Strukturkohlenhydrate (NDF, ADF und ADL) wurden ebenso wie Mineralstoffe (Ca, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Na) nach Vdlufa (1976) analysiert. Die energetische Bewertung der Futterproben wurde in Österreich von den DLG-Futterwerttabellen (1997) und in Südtirol über APD, APDN und NEL nach dem Schweizer System abgeleitet (Agroscope 2015). Die Proteinfraktionen aus dem Experiment GL-484 wurden basierend auf den Arbeiten von Krishnamoorthy *et al.* (1982) und Licitra *et al.* (1996) auf der Universität für Bodenkultur analysiert.

Die Inhaltsstoffe wurden bei den Südtiroler Futterproben mittels NIRS untersucht (NIRSystem 5000, FOSS, U.S.A., Wellenlängenbereich 1100 bis 2498 nm). 20 % der jährlich anfallenden Proben zwischen 2003 und 2007 wurden nasschemisch nach Naumann *et al.* (1997) untersucht und dienten der Erstellung der NIRS-Eichkurven. Die Mineralstoffe wurden für alle Proben nasschemisch nach Naumann *et al.* (1997) bestimmt.

Die in vitro-Verdaulichkeit der OM [dOM] wurde sowohl für die österreichischen als auch für die südtiroler Proben nach Tilley and Terry (1963) untersucht.

Statistische Auswertung

Statistische Auswertung Daten Österreich

Die Effekte der Nutzungshäufigkeit auf die Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen sowie die Effekte von Nutzungshäufigkeit und Bestandestyp auf verschiedenen Parameter der Futterqualität wurden in Österreich mit Hilfe eines allgemeinen linearen Modells (GLM) untersucht. Als Kovariate wurde die Seehöhe herangezogen. Die Mehrfachvergleiche wurden nach Scheffé (Signifikanzniveau

Tabelle 2: Wiesentypen und Kriterien für ihre Bestimmung. Die Prozentwerte stellen Ertragsanteile nach Klapp dar.

Wiesentyp	Bestimmungskriterien
Fuchsschwanzwiese	Fuchsschwanz $\geq 20\%$
Raygraswiese	Raygrasarten $\geq 20\%$, Goldhafer $\leq 5\%$
Stark kräuterreiche Wiesen	Doldenblütler + Löwenzahn $\geq 25\%$
Glatthaferwiese	Glatthafer $\geq 10\%$, Wiesenschwingel $\geq 5\%$, Doldenblütler + Löwenzahn $\leq 10\%$, Goldhafer $\leq 5\%$
Goldhaferwiese	Goldhafer $\geq 15\%$, Raygräser $\leq 5\%$, Doldenblütler + Löwenzahn $\leq 10\%$
Intensivierte Goldhafer/Glatthaferwiese	Goldhafer bzw. Glatthafer $\geq 5\%$, Raygräser $> 5\%$, Doldenblütler + Löwenzahn $\geq 15\%$
Andere Typen	Keine der bereits beschriebenen Zusammensetzungen

$P = 0,05$) gerechnet. Aufgrund der geringen Probenanzahl in der Gruppe leguminosenreich konnte keine vollständige Analyse der Wechselwirkungen (Bestandestyp x Nutzungshäufigkeit) durchgeführt werden, daher wurde die 2-fache Wechselwirkung im Modell nicht berücksichtigt. Die im Beitrag gezeigten Wechselwirkungsgrafiken basieren auf Mittelwerten einer Kreuztabellenauswertung (SPSS 22). In der Auswertung der Düngungseffekte auf den XP-Gehalt bzw. die Proteinfractionen wendete Weichselbaum (2015) die Prozedur GLM mittels SAS 6.1 an. Der Effekt der Düngung auf die XP-Bruttoerträge wurde anhand einer einfachen Varianzanalyse berechnet, die Mittelwertvergleiche nach Tukey-Kramer (Signifikanzniveau $P = 0,05$).

Statistische Auswertung Daten Südtirol

Die statistische Auswertung erfolgte mittels gemischter Modelle, welche die serielle Korrelation verschiedener Schnittzeitpunkte mit der Umwelt als Subjekt wiederholter Messungen berücksichtigten. Der Versuchsstandort, die Beprobungsfläche innerhalb des Standortes, das Jahr und die Wechselwirkung Jahr x Standort wurden als zufällige Effekte ins Modell eingeschlossen. Die Temperatursummen wurden als Kovariate verwendet; ihr Einfluss auf die abhängigen Variablen wurde mittels polynomialer Regression beschrieben. Das statistische Modell wurde, ausgehend von einem Basismodell mit den Designeffekten und der Temperatursumme, schrittweise vorwärts (*stepwise forward*) entwickelt, indem der Einbau ins Modell von Pflanzenbestand und Wiesentyp getestet wurde. Daraus wird ersichtlich, welche Variablen zu welchem Ausmaß zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der statistischen Modelle beitragen. Die Modelle wurden durch fünffache Kreuzvalidierung (Hawkins *et al.*, 2003) weiterentwickelt, bis die quadrierte Korrelation zwischen beobachteten und vorhergesagten Werten ihren höchsten Wert erreichte. Die vorhergesagten Werte des fixen Teils des Modells wurden für die Vorhersage verwendet. Effekte mit $P > 0,1$ wurden im Laufe der Modellentwicklung entfernt, mit der Ausnahme von marginalen Effekten von Polynomen (Nelder, 2000). Die Auswertung erfolgte, wenn notwendig, mit transformierten Daten, um die Normalverteilung der Residuen sowie die Varianzhomogenität zu gewährleisten.

Randmittelwerte in Abhängigkeit von Bestandestyp und Wiesentyp wurden mittels eines Modells berechnet, das bei-

de Faktoren Bestandestyp und Wiesentyp als Haupteffekte berücksichtigte. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten nach Tukey-Kramer. Alle Tests wurden bei einem Signifikanzniveau von $P = 0,05$ durchgeführt.

Ergebnisse

In den nachstehenden Auswertungen werden die eingangs gestellten Fragen ausgehend von einer Makroebene (Bestandestyp, Wiesentyp) bis in die Detailebenen (Arten und Sorten) behandelt.

Effekte des Pflanzenbestandes und des Nutzungszeitpunktes auf Qualitätsparameter von Grünlandfutter im 1. Aufwuchs

Ergebnisse aus Österreich

Die Klassifizierung der Artengruppen in vier Bestandestypen nach Schweizer/Südtiroler Vorbild ergab für die verwendeten österreichischen Daten eine sehr differenzierte Bestandeszusammensetzung (Tabelle 3). Gräserreiche Bestände wiesen 85 % Gräser auf und wurden im Durchschnitt wesentlich früher geerntet als Bestände mit höherem Kräuter- bzw. Leguminosenanteil.

Die Faktoren Nutzungszeitpunkt bzw. -häufigkeit spielen in der Futterqualität eine entscheidende Rolle (Resch, 2009). Die Mittelwertdifferenzen zwischen den Nutzungshäufigkeiten waren bei den Artengruppen Kräuter bzw. Leguminosen ausgeprägter als bei den Gräsern (Tabelle 3).

Die modellhafte Auswertung der Faktoren Bestandestyp, Nutzungshäufigkeit und Seehöhe (Tabelle 4 und 5) zeigte deutlich, dass der Bestandestyp von Grünland einen hoch signifikanten Einfluss auf alle untersuchten Qualitätsparameter ausübte ($P < 0,01$). Beispielsweise hatte ein gräserreicher Bestand im Durchschnitt um 52 g weniger Rohprotein je kg TM als ein leguminosenreicher Bestand. Hoher Grasanteil bewirkte auch signifikant höhere Rohfasergehalte, wodurch wiederum die OM-Verdaulichkeit und Energiekonzentration (NEL) abnahmen.

In den Strukturkohlehydraten NDF und ADF lagen Grasbestände signifikant höher gegenüber Kräuterbeständen. Das genaue Gegenteil konnte beim Ligningehalt (ADL) beob-

Tabelle 3: Probenanzahl, durchschnittliches Erntedatum und mittlerer Anteil der Artengruppen in Abhängigkeit von Bestandestyp und Nutzungshäufigkeit von Grünland im 1. Aufwuchs.

Faktoren	n	Erntedatum	Gräser Gew.-%	Kräuter Gew.-%	Leguminosen Gew.-%
Bestandestypen					
gräserreich	2236	6. Juni	84,9	11,3	3,8
ausgewogen	2699	15. Juni	59,5	29,5	11,1
kräuterreich	1608	15. Juni	38,6	46,4	15,0
leguminosenreich	194	17. Juni	30,8	6,4	62,9
Nutzungshäufigkeit pro Jahr					
1 x	454	25. August	52,1 ^b	28,3 ^a	19,7 ^c
2 x	1821	22. Juni	55,4 ^a	24,1 ^b	20,5 ^c
3 x	3003	2. Juni	52,8 ^b	23,3 ^b	23,9 ^b
4 x	1317	23. Mai	52,4 ^b	20,4 ^c	27,3 ^a
5 x und öfter	142	vor 10. Mai	54,6 ^b	20,9 ^b	24,5 ^b
Gesamtmittelwert	6737	13. Juni	53,4	23,4	23,2

achtet werden (Tabelle 5). Hier hatten gräserreiche Wiesen geringere ADL-Gehalte als kräuterreiche Bestände. Der Bestandestyp wirkte sich aber auch auf die Mineralstoffgehalte des Grünfutters stark aus. Allgemein konnte festgestellt werden, dass der Mineralstoffgehalt mit zunehmendem Grasanteil geringer wurde. Insbesondere der Calciumgehalt (Ca) war bei leguminosenreichen Beständen (12,4 g Ca/kg TM) fast doppelt so hoch als bei gräserreichen Beständen (6,6 g Ca/kg TM). Nach Resch *et al.* (2009) wird der Mineralstoffgehalt von Grünfutter neben den Artengruppen, Nutzungshäufigkeit und Seehöhe mehr oder weniger durch

die Faktoren Bodensituation (Geologie, pH, Bodengehaltswert, Wasserversorgung), Düngung, Futtermverschmutzung und den Aufwuchs beeinflusst.

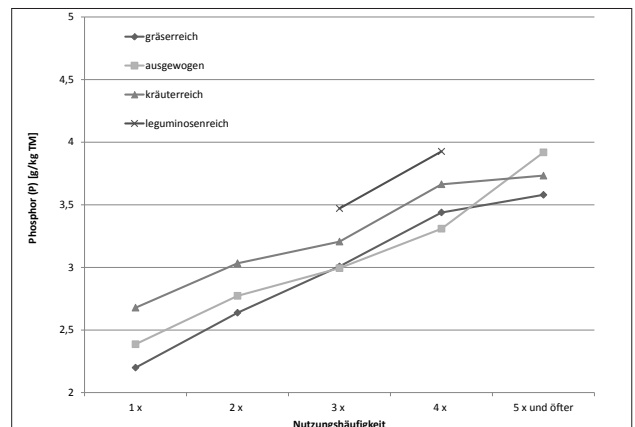
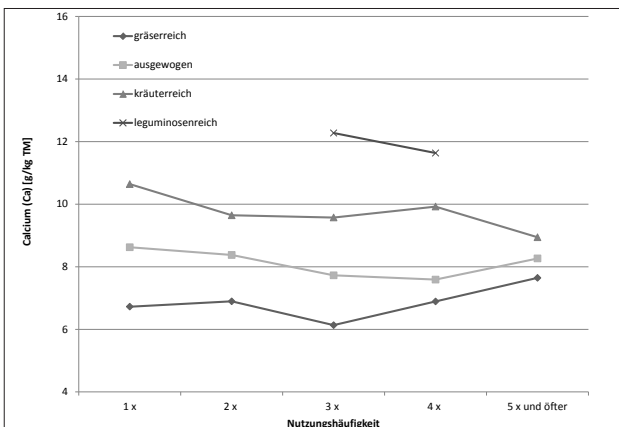
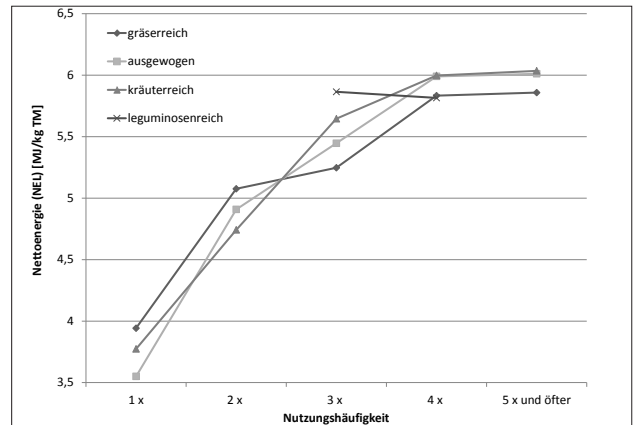
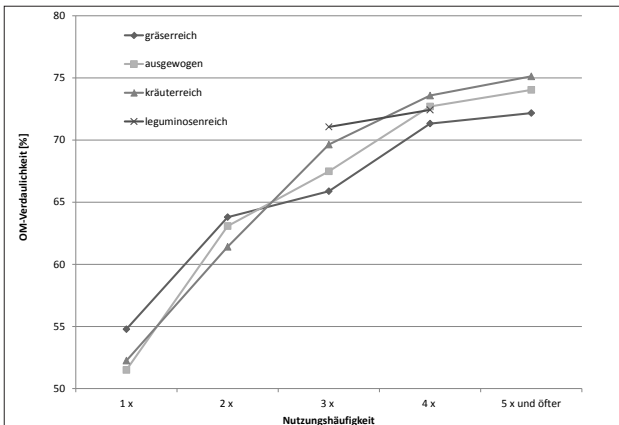
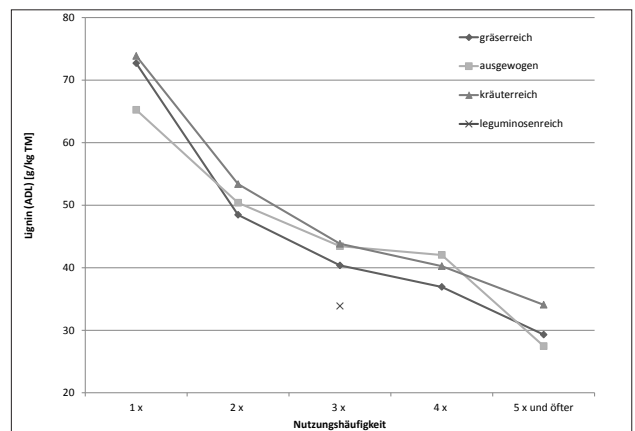
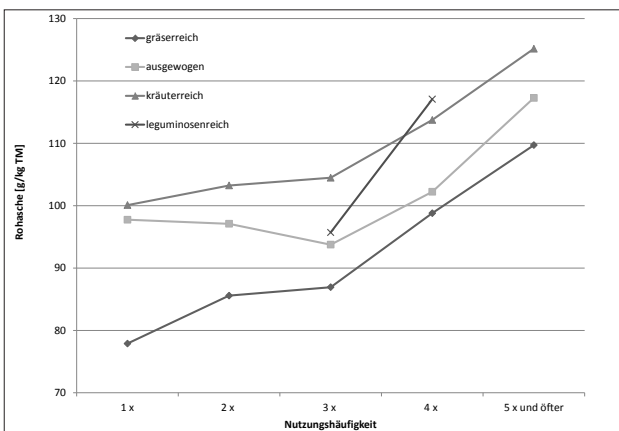
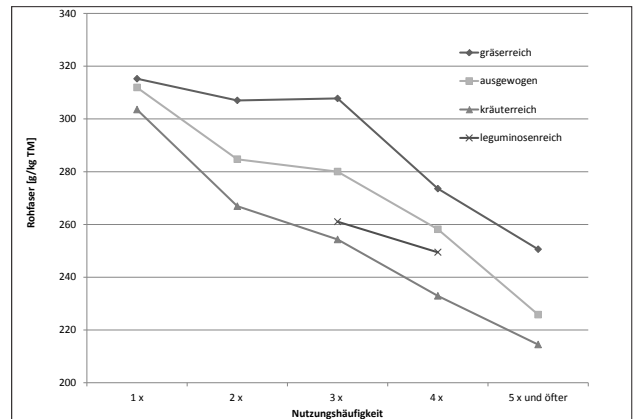
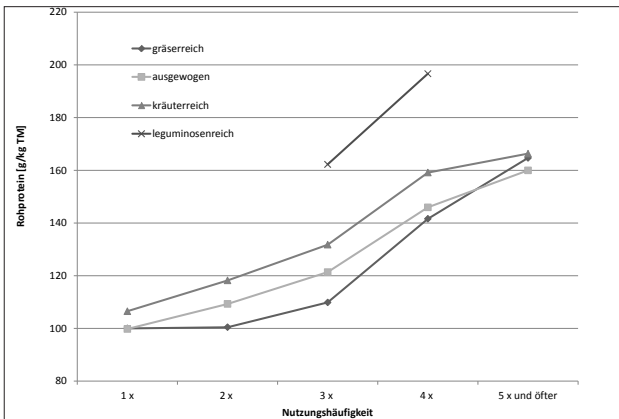
Die Nutzungshäufigkeit hatte in der GLM-Auswertung auf alle Parameter einen hoch signifikanten Einfluss ($P < 0,01$) - Tabelle 4 und 5. Nach Gruber *et al.* (2011) hebt die Ernte in einem physiologisch jüngerem Stadium die Qualität des Futters, die Futteraufnahme und Milcherzeugung signifikant an. Wird diese Strategie bei jedem Aufwuchs angewendet, dann führt dies zu einer Erhöhung der Schnitanzahl in der Vegetationsperiode. Nach Dierschke and Briemle (2002)

Tabelle 4: Effekte von Bestandestyp, Nutzungshäufigkeit und Seehöhe auf unterschiedliche Futterqualitätsparameter von österreichischem Grünfutter im 1. Aufwuchs.

Faktoren	n	XP	XF g/kg TM	XL	XA	dOM %	ME MJ/kg TM	NEL
Gesamtmittelwert	6735	139	270	21	102	66	9,1	5,2
Bestandestypen								
gräserreich	2236	120 ^d	294 ^a	20 ^c	92 ^c	65 ^c	8,9 ^b	5,2 ^b
ausgewogen	2698	128 ^c	273 ^b	21 ^{bc}	101 ^b	66 ^{bc}	9,0 ^b	5,2 ^b
kräuterreich	1607	137 ^b	253 ^c	21 ^b	111 ^a	66 ^b	9,0 ^b	5,2 ^{ab}
leguminosenreich	194	172 ^a	258 ^c	22 ^a	106 ^{ab}	68 ^a	9,3 ^a	5,4 ^a
Nutzungshäufigkeit/Jahr								
1 x	454	110 ^e	312 ^a	20 ^{bc}	96 ^c	53 ^d	6,9 ^d	3,7 ^d
2 x	1820	119 ^d	284 ^b	20 ^b	97 ^c	63 ^c	8,6 ^c	5,0 ^c
3 x	3003	133 ^c	276 ^c	20 ^c	96 ^c	68 ^b	9,4 ^b	5,5 ^b
4 x	1316	161 ^b	250 ^d	22 ^a	105 ^b	73 ^a	10,1 ^a	6,0 ^a
5 x und öfter	142	174 ^a	227 ^e	23 ^a	118 ^a	74 ^a	10,2 ^a	6,0 ^a
Seehöhe								
Koeff. für 100 m Erhöhung		1,8	-3,0	0	-1,2	0,4	0,07	0,05
P-Werte								
Nutzungshäufigkeit		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bestandestypen		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
Seehöhe		<0,001	<0,001	0,928	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
R ²		29,1	25,5	6,1	10,8	30,1	27,4	27,3

Tabelle 5: Effekte von Bestandestyp, Nutzungshäufigkeit und Seehöhe auf unterschiedliche Futterqualitätsparameter von österreichischem Grünfutter im 1. Aufwuchs.

Faktoren	n	NDF	ADF g/kg TM	ADL	n	P g/kg TM	K	n	Ca g/kg TM	Mg g/kg TM
Gesamtmittelwert	904	498	312	44	5019	3,4	22,6	3038	9,2	2,9
Bestandestypen										
gräserreich	367	566 ^a	341 ^a	43 ^b	1439	3,3 ^b	19,7 ^d	583	6,6 ^d	2,4 ^d
ausgewogen	351	488 ^b	312 ^b	46 ^a	2231	3,2 ^b	20,8 ^c	1487	8,1 ^c	2,8 ^c
kräuterreich	184	445 ^c	292 ^c	48 ^a	1270	3,5 ^a	21,6 ^b	925	9,8 ^b	3,0 ^b
leguminosenreich	2	492 ^{abc}	305 ^{abc}	37 ^{ab}	79	3,7 ^a	28,4 ^a	43	12,4 ^a	3,6 ^a
Nutzungshäufigkeit/Jahr										
1 x	12	600 ^a	404 ^a	65 ^a	314	2,5 ^e	16,0 ^d	240	9,8 ^a	3,1 ^a
2 x	427	528 ^b	336 ^b	49 ^b	1357	2,9 ^d	19,8 ^c	864	9,4 ^{ab}	3,0 ^a
3 x	282	494 ^c	307 ^c	40 ^c	2242	3,2 ^c	23,3 ^b	1357	8,9 ^c	2,8 ^b
4 x	169	467 ^d	281 ^d	38 ^c	1018	3,6 ^b	26,6 ^a	539	9,0 ^{bc}	2,9 ^{ab}
5 x und öfter	14	399 ^e	234 ^e	26 ^d	88	5,0 ^a	27,5 ^a	38	9,1 ^{abc}	2,8 ^{ab}
Seehöhe										
Koeff. für 100 m Erhöhung		-4,0	-5,1	-0,2		-0,04	-0,26		-0,02	0,01
P-Werte										
Nutzungshäufigkeit		<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
Bestandestypen		<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
Seehöhe		0,002	0,002	0,263		<0,001	<0,001		0,306	0,099
R ²		47,5	35,2	21,8		13,0	29,0		14,7	5,6



Abbildungen 3 bis 10: Wechselwirkungen von Bestandestyp x Nutzungshäufigkeit bezogen auf unterschiedliche Qualitätsparameter von Grünlandfutter im 1. Aufwuchs.

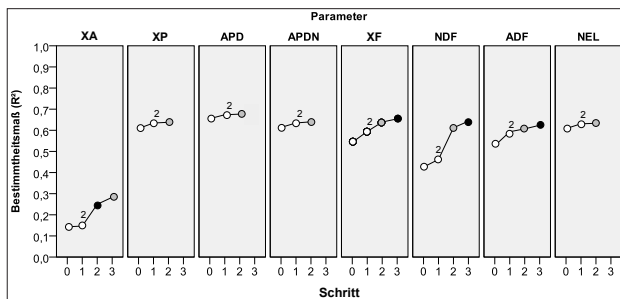


Abbildung 11: Änderung der Vorhersagegenauigkeit (quadratierte Korrelation zwischen beobachteten und vorhergesagten Werten der fünffachen Kreuzvalidierung) bei der schrittweisen Modellselektion für verschiedene Futterqualitätsparameter des Südtiroler Grünfutters im 1. Aufwuchs [Weiße Kreise = Temperatursumme (2 kennzeichnet das quadratische Glied des Polynoms); graue Kreise = Bestandestyp; schwarze Kreise = Wiesentyp].

führt eine höhere Schnittfrequenz zu einer Reduzierung des Artenpotentials, weil nur 10 % der Grünlandarten eine höhere Mahdverträglichkeit (Briemle and Ellenberg, 1994) aufweisen. Auf Vielschnittwiesen gedeihen mehr niedrigwüchsige, bodenblättrige Arten.

Die Nutzungshäufigkeit wird maßgeblich von der Seehöhe, den Standortverhältnissen und dem Grünlandmanagement (Düngung, Pflegemaßnahmen) beeinflusst. Die durchschnittliche Seehöhe lag in der GLM-Auswertung bei 668 m über Meereshöhe. Eine Veränderung der Seehöhe bewirkte mit Ausnahme auf die Parameter XL, ADL, Ca und Mg signifikante Effekte (Tabelle 2 und 3). In der Praxis der österreichischen Heubetriebe bewirkte nach Resch (2013) die Zunahme von 100 m Seehöhe eine Verzögerung des Erntezeitpunktes um durchschnittlich 3,6 Tage. Die untersuchten Futterproben zeigten im Durchschnitt, dass in höheren Lagen etwas bessere Futterqualitäten (XP \uparrow , XF \downarrow , dOM \uparrow , NEL \uparrow) auftraten, weil im Durchschnitt weniger Strukturkohlenhydrate gebildet wurden.

Die graphische Darstellung von Wechselwirkungen zwischen Bestandestyp und Nutzungshäufigkeit einzelner Qualitätsparameter soll dazu dienen, die Dynamik unterschiedlicher Wiesenbestände in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes zu dokumentieren (Abbildungen 3 bis 10). Interessant ist die Tatsache, dass je nach Parameter der Bestandestyp und/oder die Nutzungshäufigkeit mehr oder weniger starke Wirkung in Form von entsprechenden Differenzen ausübten.

Ergebnisse aus Südtirol

Die Prognosegenauigkeit der statistischen Vorhersagemodelle für XA und Mineralstoffe war deutlich niedriger als bei den restlichen Parametern der Futterqualität (Abbildung 11 und 12). Der Verlauf aller Qualitätsparameter in Abhängigkeit der Temperatursummen konnte durch ein quadratisches Polynom am besten beschrieben werden. Die daraus resultierenden Verläufe spiegeln die bereits erläuterten Änderungen der Futterqualität in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes bzw. der Nutzungshäufigkeit wider, welche beim österreichischen Datenbestand bereits beschrieben wurden (siehe die Koeffizienten für die Kova-

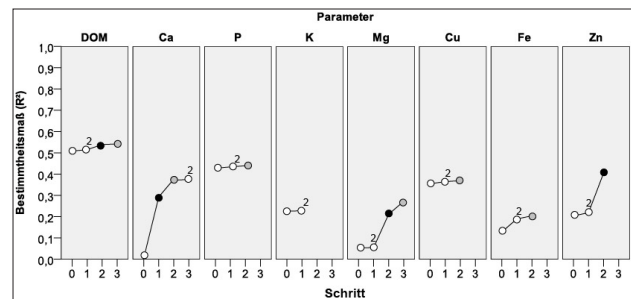


Abbildung 12: Änderung der Vorhersagegenauigkeit (quadratierte Korrelation zwischen beobachteten und vorhergesagten Werten der fünffachen Kreuzvalidierung) bei der schrittweisen Modellselektion für in vitro-Verdaulichkeit und Mineralstoffe des Südtiroler Grünfutters im 1. Aufwuchs [Weiße Kreise = Temperatursumme (2 kennzeichnet das quadratische Glied des Polynoms); graue Kreise = Bestandestyp; schwarze Kreise = Wiesentyp].

riate Temperatursumme in Tabelle 6 und Tabelle 7, auf die Darstellung der Ergebnisse wird verzichtet). Aufgrund der engen Beziehung zwischen Wärmeakkumulation und dem Eintreten verschiedener Entwicklungsstadien eignen sich die Temperatursummen zur Beschreibung des Verlaufs der Futterqualität, die sich in Abhängigkeit der Pflanzenphenologie ändert. So hängt zum Beispiel die Verdaulichkeit der Gräser, welche beim ersten Schnitt eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Ertragsbildung spielen, sowohl vom Verhältnis zwischen Blattspreiten-, Blattscheiden- und Halmanteilen als auch vom Alter dieser Pflanzenteile ab (Bruinenberg *et al.* 2002).

Der Bestandestyp wurde in 14 der 16 Fälle mit Ausnahme von K und Zn ins Modell aufgenommen, während der Wiesentyp nur in der Hälfte der Fälle zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit beitrug. Bei der Schätzung von XP, APD, APDN, Faserkomponenten und NEL weist der Bestandestyp eine systematisch höhere Bedeutung als der Wiesentyp auf, bei XA, dOM und Mineralstoffen ist diese Bedeutung weniger ausgeprägt (Abbildung 11 und 12).

Bei den Mineralstoffen wurde der Faktor Wiesentyp vor dem Bestandestyp bei Ca und Mg sowie als einziger botanisch bezogener Faktor bei Zn aufgenommen. Bei P, Cu und Fe trägt hingegen nur der Bestandestyp zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit bei.

Die Unterscheidung der vier Bestandestypen führte zu signifikanten Mittelwertunterschieden bei den meisten Parametern, die in der Regel ein Extrem bei den gräserreichen und das andere Extrem bei den leguminosenreichen Beständen aufweisen. Die Werte der ausgewogenen und kräuterreichen Bestände entfernen sich in dieser Reihenfolge allmählich von den Werten der gräserreichen Bestände. So nehmen XA, XP, APD und APDN von den leguminosenreichen zu den gräserreichen Beständen ab, während der entgegengesetzte Trend bei XF, NDF und ADF zu verzeichnen ist (Tabelle 6). Ähnlicherweise nehmen Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalt von den gräserreichen zu den kräuterreichen Beständen zu (Tabelle 7).

Weniger systematisch treten hingegen die Unterschiede zwischen den verschiedenen Wiesentypen auf (Tabelle 6 und

7). Erwartungsgemäß waren dabei die niedrigsten XF- und NDF-Gehalte und die höchste dOM für die Raygraswiesen sowie der höchste NDF-Gehalt für die Fuchsschwanzwiesen zu verzeichnen.

Alles in allem scheint daher vor allem der Pflanzenbestand für die Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit wichtig. Die Information bezüglich des Wiesentyps trägt zwar in einem Teil der Fälle dazu bei, kann aber angesichts des grö-

Tabelle 6: Effekt von Temperatursumme, Bestandestyp und Wiesentyp auf unterschiedliche Futterqualitätsparameter des Südtiroler Grünfutters im 1. Aufwuchs.

Faktoren	n	XP*	APD	APDN**	XA g/kg TM	XF	NDF	ADF	NEL MJ/kg TM
Bestandestyp									
Gräserreich	2109	149,8 ^d	96,4 ^c	109,1 ^d	94,6 ^d	262,3 ^a	507,9 ^a	307,1 ^a	5,65 ^a
Ausgewogen	1936	154,7 ^c	97,6 ^b	113,3 ^c	98,2 ^c	249,7 ^b	471,0 ^b	298,0 ^b	5,66 ^a
Kräuterreich	1669	158,3 ^b	98,3 ^a	116,5 ^b	101,1 ^b	241,7 ^c	443,2 ^c	293,4 ^c	5,65 ^a
Leguminosenreich	77	175,6 ^a	99,0 ^a	130,0 ^a	105,0 ^a	233,1 ^d	431,1 ^c	283,9 ^d	5,45 ^b
Wiesentyp									
Fuchsschwanzwiese	2266	164,5 ^a	99,0 ^a	120,5 ^a	97,5 ^{ab}	248,4 ^{ab}	483,0 ^a	297,7 ^a	5,64 ^a
Raygraswiesen	867	156,9 ^a	97,6 ^a	115,6 ^a	103,8 ^{ab}	231,8 ^b	435,5 ^b	278,5 ^a	5,66 ^a
Stark kräuterreiche Wiesen	473	170,3 ^a	99,9 ^a	125,6 ^a	104,0 ^{ab}	247,5 ^{ab}	456,2 ^{ab}	296,1 ^a	5,64 ^a
Glatthaferwiesen	420	156,0 ^a	97,0 ^a	114,3 ^a	99,3 ^{ab}	245,5 ^{ab}	467,7 ^{ab}	297,1 ^a	5,54 ^a
Intensivierte Glatthafer- und Goldhaferwiesen	830	152,9 ^a	96,2 ^a	113,0 ^a	104,2 ^a	242,4 [*]	449,4 ^b	293,4 ^a	5,53 ^a
Goldhaferwiesen	359	152,2 ^a	96,4 ^a	110,3 ^a	87,3 ^b	259,1 ^a	476,2 ^a	306,6 ^a	5,56 ^a
Andere Wiesentypen	364	163,8 ^a	98,7 ^a	120,8 ^a	101,7 ^{ab}	252,1 ^{ab}	475,2 ^{ab}	300,0 ^a	5,63 ^a
Temperatursumme									
Koeff. für GDD		-0,01411	-0,0929	-0,00362	-0,04307	0,4257	0,6764	0,5654	-0,00529
Koeff. für GDD ²		8,64E-6	5,1E-4	2,08E-6	1,6E-5	-3,8E-4	-6,4E-4	-6,1E-4	3,36E-6
P-Werte									
Temperatursumme (GDD)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
GDD ²		<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bestandestyp		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Wiesentyp		0,614	0,730	0,622	0,010	0,040	0,002	0,121	0,894

Datentransformation: *Quadratwurzel, **Kubikwurzel; rücktransformierte Mittelwerte, welche Schätzwerte für den Median auf der ursprünglichen Skala sind (Piepho, 2009), werden gezeigt. Die Koeffizienten für die Kovariate Temperatursumme beziehen sich auf die transformierte Variable.

Tabelle 7: Effekt von Temperatursumme, Bestandestyp und Wiesentyp auf in vitro-Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalt des Südtiroler Grünfutters im 1. Aufwuchs.

Faktoren	n	dOM %	Ca*	P*	K** g/kg TM	Mg*	Cu*	Fe* mg/kg TM	Zn*
Bestandestyp									
Gräserreich	532	71,9 ^b	6,6 ^c	3,6 ^b	30,8 ^b	2,5 ^c	6,7 ^b	106 ^b	32,1 ^a
Ausgewogen	488	73,0 ^a	7,3 ^b	3,7 ^b	31,3 ^{ab}	2,7 ^b	6,9 ^{ab}	114 ^a	32,8 ^a
Kräuterreich	426	72,8 ^a	7,6 ^a	3,8 ^a	31,7 ^a	2,8 ^a	7,2 ^a	121 ^a	32,9 ^a
Leguminosenreich	0								
Wiesentyp									
Fuchsschwanzwiese	342	72,0 ^b	5,9 ^c	3,6 ^a	32,3 ^a	2,3 ^b	6,9 ^a	114 ^a	29,7 ^b
Raygraswiesen	146	75,8 ^a	7,0 ^{bc}	3,7 ^a	32,2 ^a	2,5 ^{ab}	6,9 ^a	131 ^a	30,3 ^{ab}
Stark kräuterreiche Wiesen	108	71,6 ^c	7,0 ^{abc}	4,2 ^a	36,0 ^a	2,9 ^{ab}	7,2 ^a	120 ^a	37,1 ^{ab}
Glatthaferwiesen	193	73,2 ^{abc}	7,8 ^{ab}	3,5 ^a	30,6 ^a	2,7 ^{ab}	6,9 ^a	104 ^a	28,8 ^b
Intensivierte Glatthafer- und Goldhaferwiesen	416	72,9 ^{abc}	9,1 ^a	3,8 ^a	30,7 ^a	2,9 ^a	6,8 ^a	136 ^a	30,1 ^b
Goldhaferwiesen	175	70,7 ^c	7,1 ^{abc}	3,2 ^a	25,7 ^a	3,0 ^{ab}	7,1 ^a	101 ^a	43,3 ^a
Andere Wiesentypen	68	71,7 ^{abc}	6,7 ^{abc}	3,9 ^a	31,8 ^a	2,4 ^{ab}	6,7 ^a	93 ^a	31,1 ^{ab}
Temperatursumme									
Koeff. für GDD		-0,04898	-0,00009	-0,00049	-0,00096	-0,0020	-0,00086	-0,00427	-0,00140
Koeff. für GDD ²		2,5E-5	1,25E-7	1,71E-7	9,45E-7	1,086E-7	5,83E-7	4,617E-6	9,829E-7
P-Werte									
Temperatursumme (GDD)		<0,001	0,040	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
GDD ²		<0,001	0,027	<0,001	<0,001	0,049	<0,001	<0,001	<0,001
Bestandestyp		0,005	<0,001	<0,001	0,035	<0,001	0,003	0,009	0,100
Wiesentyp		0,015	<0,001	0,117	0,212	0,036	0,988	0,313	0,007

Datentransformation: *Logarithmus, **Quadratwurzel; rücktransformierte Mittelwerte, welche Schätzwerte für den Median auf der ursprünglichen Skala sind (Piepho, 2009), werden gezeigt. Die Koeffizienten für die Kovariate Temperatursumme beziehen sich auf die transformierte Variable.

ßeren Bedarfs an botanischen Kompetenzen für die korrekte Bestimmung des Wiesentyps erhebliche Schwierigkeiten für eine Umsetzung seitens der Praktiker bereiten. Somit wird in erster Linie die Zweckmäßigkeit der üblichen Verwendung bei den Futterwerttabellen vom Bestandestyp zur Charakterisierung der botanischen Zusammensetzung bestätigt.

Effekt der Düngungsintensität auf die Artengruppen und Proteinverhältnisse von Grünlandfutter im 1. Aufwuchs

Die Ergebnisse vom ertragsdynamischen Wirtschaftsdüngerversuch (Gumpenstein) zeigten unter den gegebenen Standort- und Nutzungsbedingungen einen signifikanten Einfluss der Höhe der Stickstoffdüngung auf die Anteile der Artengruppen (Abbildung 13). Mit zunehmender Stickstoffmenge stieg der Gräseranteil. Gleichzeitig führte die N-Düngung zu einer Reduktion des Kräuter- und Leguminosenanteiles.

Die Untersuchung des Rohproteingehaltes je Kilogramm Trockenmasse der selektierten Gräser, Kräuter und Leguminosen aus den jeweiligen Varianten ergab hoch signifikante Unterschiede zwischen den Artengruppen innerhalb der jeweiligen Düngungsvariante, aber keine signifikanten Differenzen der jeweiligen Artengruppe zwischen den Düngungsvarianten (Abbildung 14). Nach Wechselbaum (2015) unterschieden sich die XP-Gehalte der Mischpro-

ben (alle Artengruppen) nicht signifikant zwischen den Düngungsvarianten.

In der Bewertung der Düngung darf natürlich der ertragsbildende Effekt nicht vernachlässigt werden. Obwohl es keine XP-Unterschiede in 1 kg Futter-TM gab, waren die XP-Bruttoerträge je Hektar sehr stark ertrags- und damit düngungsbeeinflusst. Die ungedüngte Variante brachte es im 1. Aufwuchs auf 75 kg XP/ha, während eine gehobene NPK-Versorgung 428 kg XP/ha und somit das 5,7-fache ergab.

In den Untersuchungen sollte darüber hinaus geklärt werden, ob eine gleichbleibende Düngung über rund 50 Jahre die Proteinqualität der Artengruppen beeinflusst. Die Proteinfractionierung nach CNCPS ergab nach Wechselbaum

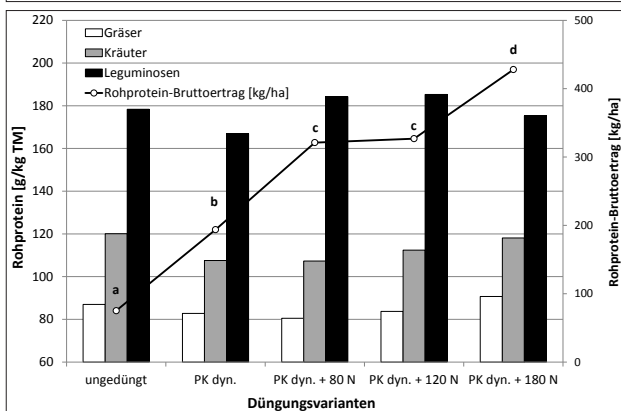
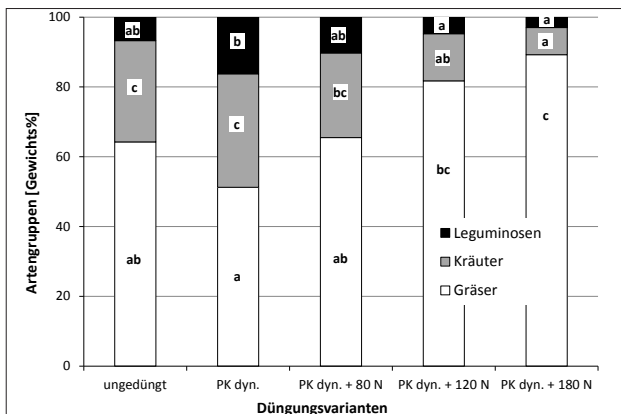


Abbildung 13-14: Einfluss der Düngung auf die Artengruppen sowie auf Rohprotein, Rohprotein-Bruttoertrag von Wiesenfutter eines 3-Schnittregimes im 1. Aufwuchs.

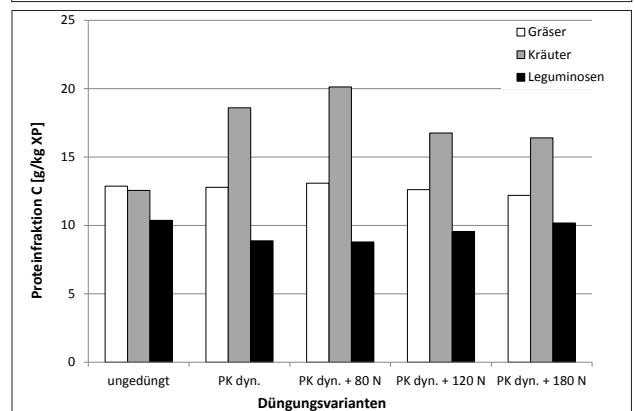
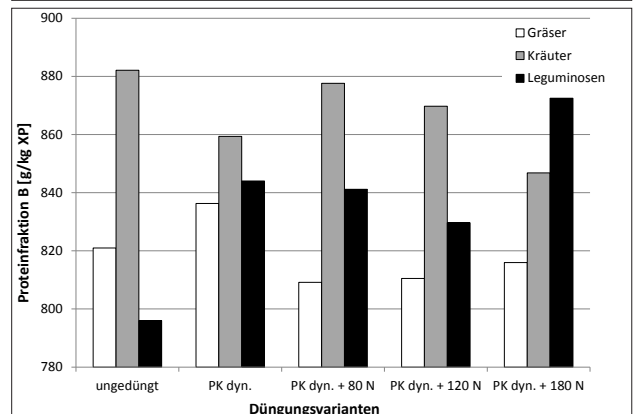
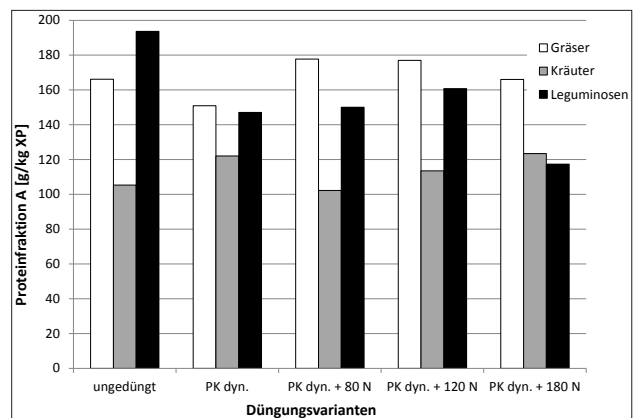


Abbildung 15-17: Einfluss der Düngung auf die Proteinfractionen der einzelnen Artengruppen von Wiesenfutter eines 3-Schnittregimes im 1. Aufwuchs.

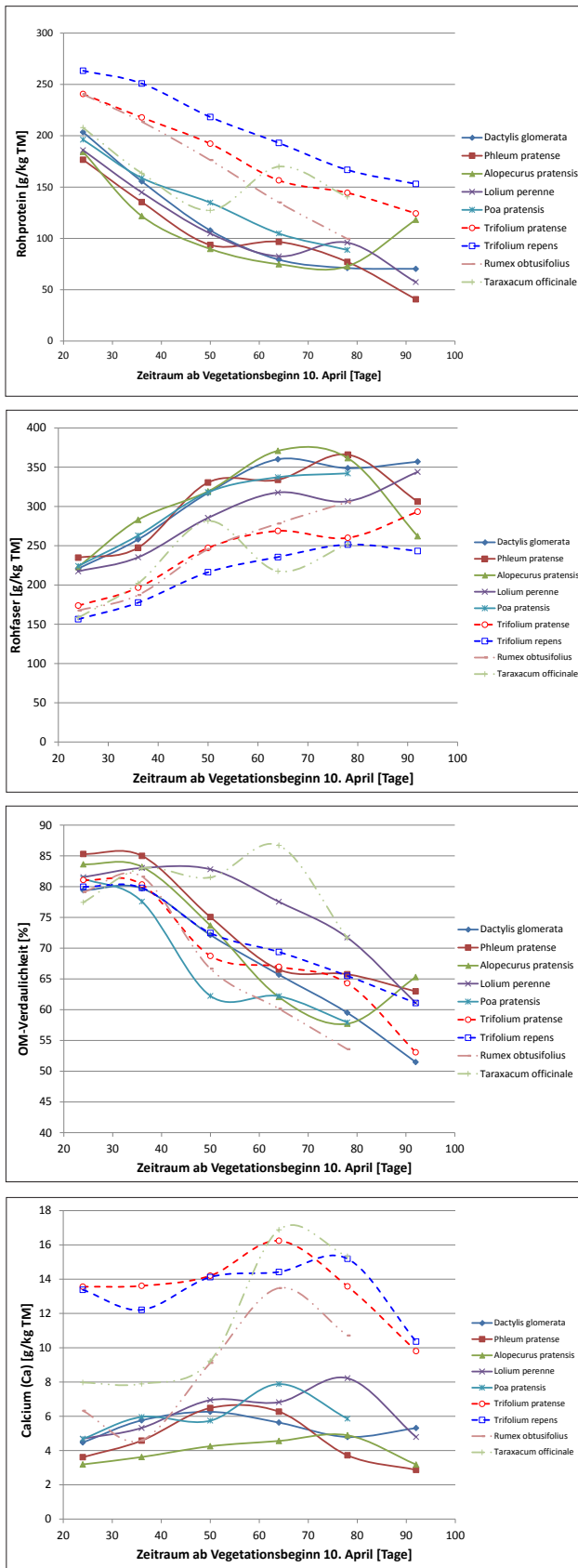


Abbildung 18-21: Einfluss von Pflanzenart und Vegetationsverlauf auf unterschiedliche Qualitätsparameter von Wiesenfutter im 1. Aufwuchs.

(2015) keine signifikanten Differenzen der jeweiligen Artengruppe zwischen den Düngungsvarianten ($P > 0,05$), d.h. die Düngung hatte in dieser Untersuchung keine Auswirkung auf die Proteinqualität der Gräser, Kräuter und Leguminosen (Abbildung 15 bis 17). Allerdings muss dazu angemerkt werden, dass die einzelnen Düngungsvarianten jeweils zum selben Zeitpunkt geerntet wurden und damit ein möglicher Effekt der Düngung auf die physiologische Entwicklung nicht berücksichtigt wurde.

Effekt von Futterpflanzen-Spezies auf Qualitätsparameter von Grünlandfutter im 1. Aufwuchs in Abhängigkeit des Nutzungszeitpunktes

Ein Experiment der HBLFA Raumberg-Gumpenstein aus dem Jahr 1994 hatte ein vergleichbares Versuchsdesign wie ein Schweizer Experiment von Agroscope (Jeangros *et al.*, 2001), mit einer etwas anderen Ausstattung an geprüften Arten. Die Abbildungen 18-21 dokumentieren deutliche Qualitätsunterschiede der Arten zu den jeweiligen Beprobungszeitpunkten, aber je nach Art auch eine charakteristische Qualitätsdynamik im Vegetationsverlauf. Im Allgemeinen weisen die Gräser niedrigere, rascher abnehmende Rohproteingehalte sowie höhere Rohfasergehalte auf als die angeführten Leguminosen und Kräuter. Innerhalb der Gräser sind allerdings Unterschiede zwischen den Arten zu verzeichnen. Engl. Raygras zeigt zum Beispiel günstigere Ausprägungen als Wiesenfuchsschwanz oder Knaulgras. Die beiden Leguminosen heben sich in den Gehaltswerten von XP, XF und Ca von der gesamten Gräsergruppe ab, besonders auffällig war der hohe Calciumgehalt der beiden Kleearten. In der OM-Verdaulichkeit brechen Arten wie *Lolium perenne* und *Taraxacum officinale* mit streckenweise besseren Kurvenverläufen aus (Abbildung 20).

Umgelegt auf einen Grünlandbestand bedeuten die qualitativen Differenzen zwischen den Pflanzenarten, dass die Anteile der einzelnen Arten einen maßgeblichen Einfluss auf die Futterqualität im Bestand ausüben können. Derartige Kurvenverläufe könnten für die Zusammenstellung von einzelnen Arten zu Samenmischungen, für die Neuanlage oder Regeneration von Grünlandflächen, hilfreich sein.

Effekt von Futterpflanzen-Sorten auf Qualitätsparameter im 1. Aufwuchs

Nach der Beleuchtung der qualitativen Differenzen zwischen einzelnen Arten stellt sich abschließend die Frage, welchen Einfluss die genetische Variabilität innerhalb einer Pflanzenart auf den Rohproteingehalt bzw. die OM-Verdaulichkeit aufweist. Als Beispiel wird hier der Vergleich zwischen 16 Knaulgrassorten aus dem Jahr 2000 präsentiert (Abbildung 22 und 23).

Im Verlauf einer Beobachtungsphase von 8 Wochen trat im Rohproteingehalt unterschiedlicher Knaulgrassorten bzw. -zuchtstämme ein sehr starkes Qualitätsgefälle auf. Die Reduktion verlief im Durchschnitt von 180 auf 65 g XP/kg TM. Der Einfluss der genetischen Variabilität von Knaulgras wurde durch die Spannweite zwischen Minimum

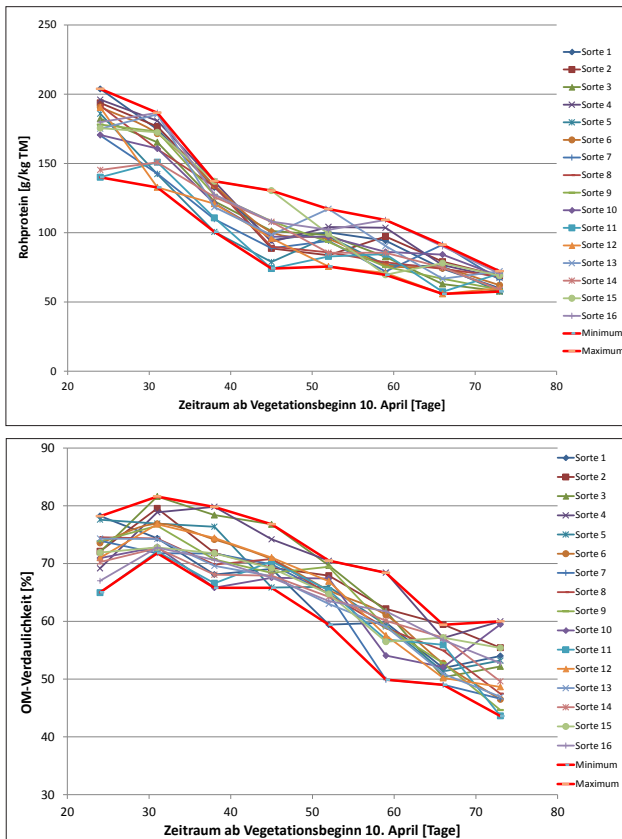


Abbildung 22-23: Auswirkung der genetischen Variabilität von Knaulgrassorten (*Dactylis glomerta*) auf Rohprotein und OM-Verdaulichkeit im Vegetationsverlauf des 1. Aufwuchs.

und Maximum ausgedrückt und umfasste bei Rohprotein durchschnittlich 42 g XP/kg TM. Es ist zu bemerken, dass die Spannweite anfänglich etwas höher lag und gegen Ende geringer wurde.

Im Fall der OM-Verdaulichkeit war mit zunehmender Vegetationsdauer ebenfalls eine starke Abnahme der Verwertbarkeit der OM von 72 auf 51 % festzustellen. Die genetische Variabilität von Knaulgras bedingte bei der OM-Verdaulichkeit im Vergleich zum Durchschnitt eine Abweichung von $\pm 6,5$ %. Diese enormen Unterschiede unterstreichen, dass die Züchtung von Sorten nicht ausschließlich nach Kriterien des Ertragspotentials oder der Vermehrbarkeit oder des Samenertrages ausgerichtet werden dürfen, sondern es sollten qualitative Aspekte der tierischen Verwertbarkeit der Futterpflanzen eingebunden werden.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Effekt der botanischen Zusammensetzung, Nutzungszeitpunkt und Seehöhe auf die Futterqualität

Eine einfache Schätzung des Ertragsanteils von Gräsern, Kräutern und Leguminosen, die den meisten Praktikern zumutbar ist, sowie die Einstufung des Bestandestyps zu vier Kategorien (gräserreich, ausgewogen, kräuterreich und leguminosenreich) stellt ein nützliches Werkzeug

für die Bereitstellung genauerer Orientierungswerte der Futterqualität dar. Die Ergebnisse der österreichischen und Südtiroler Versuche wiesen eine weitgehend übereinstimmende Differenzierung der Futterqualität in Abhängigkeit dieser Kategorien auf. Vertiefte Analysen der botanischen Zusammensetzung tragen zwar zu einer Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der Futterqualität bei, spielen dafür aber eine untergeordnete und weniger systematische Rolle.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Durchschnitt der untersuchten Futterproben, Grünlandbestände mit hohen Leguminosen- bzw. Kräuteranteilen und frühem Nutzungszeitpunkt bzw. gesteigerter Nutzungshäufigkeit die besseren Futterqualitäten aufwiesen. Diese Aussage deckt sich auch mit den Ergebnissen bzw. Ansichten anderer Autoren. Nach Scharenberg *et al.* (2005) könnten gewisse Kräuter wie z.B. Chicoree, bestimmte Qualitätsparameter im Futter gezielt verändern. Nach Isselstein *et al.* (2003) wiesen kräuterbetonte Bestände gegenüber *Lolium perenne* bessere Gäreigenschaften auf. Festgehalten werden muss jedoch, dass die Artengruppe der Wiesenkräuter bislang nur sehr eingeschränkt im Hinblick auf qualitätsrelevante Parameter untersucht wurde.

Die Förderung der Leguminosen in Kombination mit wertvollen Futtergräsern erscheint nach Lüscher *et al.* (2014) vorteilhaft, weil die Partnerschaft ertragliche und qualitative Vorteile bringen kann.

Eine Erhöhung der Nutzungshäufigkeit wird nach Stampfli and Zeiter (2010) den Verlust von Arten fördern, was besonders in trockenen Regionen ökologisch problematisch werden könnte. Nach Resch (2012) sind Grünlandflächen mit höherer Nutzungshäufigkeit in Jahren mit Trockenheit stärker gestresst, darunter leiden Futterertrag und Futterqualität (Pötsch *et al.*, 2014).

Der positive Einfluss steigender Seehöhe auf die Futterqualität könnte mit einem höheren Blatt- und geringerem Stängelanteil von gedrungener wachsenden Pflanzen erklärt werden, allerdings fehlen hier zur Absicherung entsprechende Erhebungen.

Kritik:

Die Kernaussage der vorliegenden Auswertung berücksichtigt jedoch nicht den Futterertrag, mittel- bis langfristige Auswirkungen auf Biodiversität bzw. das Grünlandökosystem, Risiko von Bröckelverlusten, Konservierbarkeit des Futters, Neigung zur Verunkrautung, Futterakzeptanz, Wirtschaftsweise (Bio/Konventionell), Grünlandmanagement, die ökonomische Seite etc. Daher könnte eine einseitige Empfehlung ohne Wissen der Konsequenzen auf andere Bereiche ungünstige Folgen in der Praxis hervorrufen.

Effekt der Düngung auf die Artengruppen und die Proteinsituation

Die Düngung hatte unter den dargestellten Versuchsbedingungen keinen signifikanten Einfluss auf den Rohproteingehalt und ebenso keinen auf die Proteinfractionen. Beispiele für fehlende bzw. nicht systematisch auftretende Effekte der N-Düngung auf den Rohproteingehalt des Futters sind aus der Literatur bekannt (Bassignana *et al.*, 2011; Pavlů *et al.*, 2011).

Kritik:

Die bisherigen Untersuchungen beschränken sich auf einen Standort, ein Jahr und ein 3-Schnittregime, daher müssten die Aussagen durch andere Versuchsbedingungen verifiziert werden.

Effekt einzelner Futterpflanzen-Arten auf die Futterqualität

Die Pflanzenart übt einen sehr starken Einfluss auf Qualitätsparameter während ihrer charakteristischen, physiologischen Entwicklung aus. Untersuchungen aus der Vergangenheit bestätigen das mehrfach (Meister and Lehmann, 1988; Jeangros *et al.*, 2001; Daccord *et al.*, 2001a; Daccord *et al.*, 2001b; Schubiger *et al.*, 2001; Daccord *et al.*, 2002; Daccord *et al.*, 2004; Bovolenta *et al.*, 2008; Kirchhof *et al.*, 2010)

Kritik:

Die Qualität von Arten-Gemengen (Bestandes- bzw. Wiesentypen) könnte wie bei den Schweizer Futterwerttabellen auf rechnerischem Wege ermittelt werden, wenn die Qualität der Arten aus Untersuchungen wie z.B. von Meister and Lehmann (1984) vorliegt. Allerdings setzt eine solche Berechnung nicht nur eine korrekte Aufnahme der Anteile der Hauptbestandbildner, sondern auch eine korrekte Einstufung des phänologischen Entwicklungsstadiums der einzelnen Arten voraus.

Positive oder negative Wechselwirkungen zwischen Arten sollten nach Lehmann *et al.* (1978), Wachendorf (1995) und Haas *et al.* (2003) hinsichtlich Arten- bzw. Sortenauswahl berücksichtigt werden.

Pflanzenarten können sich nach Weissbach *et al.* (1977) bzw. Wyss and Vogel (1999) auch in den Konservierungseigenschaften oder nach Noweuzian (1977) bzw. Derrick *et al.* (1993) auch in der Verdaulichkeit deutlich unterscheiden.

Effekt von Futterpflanzen-Sorten auf die Futterqualität

Die genetische Variabilität von Knautgras-Zuchtsorten war in der dargestellten Auswertung hinsichtlich deren Auswirkung auf den Rohproteingehalt und die OM-Verdaulichkeit stark ausgeprägt.

Kritik:

Die Kriterien der Amtlichen Wertprüfung sind durchaus zu hinterfragen, weil auch heutzutage noch Zuchtsorten mit unzureichender tierischer Verwertbarkeit in das Zuchtbuch eingetragen und deren Saatgut in der Folge an Landwirte verkauft wird.

Die Sortenwertprüfung wird nicht wie im dargestellten Experiment dynamisch durchgeführt, sondern die Eigenschaften wie Ertrag und Futterqualität werden nur zum Zeitpunkt der Ernte festgestellt. Dies kann gewisse Sorten bevorzugen, aber auch benachteiligen.

Der Lebenszyklus von Futterpflanzen-Arten, wie bei Schellberg and Pontes (2012) beschrieben, wird nicht berücksichtigt. Das Wissen um Eigenschaften der Blattalterung und des Blattnachtriebes könnte insbesondere bei kurzumtriebigen

Nutzungstypen wie Vielschnittnutzung, Kultur- oder Kurzrasenweide von Vorteil bei der Sortenwahl sein.

Die tierische Verwertbarkeit (Verdaulichkeit, Futteraufnahme) von Futterpflanzen-Sorten wird kaum untersucht.

Futterqualität als Funktion von Grünlandarten und deren Nutzung/Pflege

Hohe Futterqualitäten erheben Ansprüche an bestimmte Eigenschaften von Grünlandarten und -sorten, deren Komposition im Bestand sowie deren Management. Klapp *et al.* (1953) sowie Briemle and Ellenberg (1994) haben sich mit Nutzungskennzahlen von Grünlandarten auseinandergesetzt. Die Verbindung von Nutzungskennzahlen mit ökologischen Zeigerwerten nach Ellenberg *et al.* (1992) erlaubt eine standort- und nutzungsangepasste Vorauswahl von potentiell geeigneten Grünlandarten.

Die qualitative Bewertung von einzelnen Grünlandarten aus Mischbeständen erfordert die Analyse von Qualitätsparametern der selektierten Art(en). Derartige Ergebnisse würden Wechselwirkungen zwischen Arten sichtbar machen und eine Entwicklung vorhandener Klassifikationen fördern.

Mögliche Kriterien für Pflanzenarten einer funktionellen Gruppe „Hohe Futterqualität“

- Inhaltsstoffe, Mineralstoffe, Vitamine, Fettsäuren, etc.
- Verdaulichkeit und Energie (tierische Verwertung)
- Mahdverträglichkeit (Nutzungshäufigkeit)
- Trittfestigkeit und Weideverträglichkeit (Mähweide, Weide)
- Standortansprüche (trocken, frisch, feucht, Boden pH, Seehöhe)
- Lebenszyklus (Absterben bzw. Nachtrieb von Blättern)
- Krankheitsresistenz, Winterhärte, Trockenstresstoleranz
- Management (Nutzung und Düngung, Pflege, Konservierung)

Danksagung

Wir danken dem operationellen Programm “Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung” EFRE 2007–2013 der Autonomen Provinz Bozen für die Finanzierung des Projektes webGRAS und dem Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen für die Bereitstellung der meteorologischen Daten.

Literatur

- Agroscope, (2015): Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Agroscope Posieux.
- BMLFUW (2014): Grüner Bericht 2014. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2015, 329 S.
- Bassignana, M., F. Clementel, A. Kasal and G. Peratoner (2011): The forage quality of meadows under different management practices in the Italian Alps. *Grassland Science in Europe* 16: 220–222.

- Bovolenta, S., M. Spanghero, S. Dovier, D. Orlandi and F. Clementel (2008): Chemical composition and net energy content of alpine pasture species during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology* 140: 164–177.
- Briemle, G. und H. Ellenberg (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. *Natur Landschaft* 69 (4): 139–147.
- Bruinberg, M.H., H. Valk, H. Korevaar and P.C. Struik (2002): Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science* 57: 292–301.
- Buchgraber, K., R. Resch, L. Gruber, L. und G. Wiedner (1997): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der Fortschrittliche Landwirt*, Heft 2/1998, 11 S.
- Daccord, R., Y. Arrigo, B. Jeangros, J. Scehovic, F.X. Schubiger und J. Lehmann (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung Schweiz* 8(4): 180–185.
- Daccord, R., Y. Arrigo, J. Kessler, B. Jeangros, J. Scehovic, F.X. Schubiger und J. Lehmann (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Ca, P, Mg und K. *Agrarforschung Schweiz* 8(7): 264–269.
- Daccord, R., Y. Arrigo, B. Jeangros, J. Scehovic, F.X. Schubiger und J. Lehmann (2002): Nährwert von Wiesenpflanzen: Energie- und Proteinwert. *Agrarforschung Schweiz* 11(1): 16–21.
- Daccord, R., Y. Arrigo, B. Jeangros, J. Scehovic, F.X. Schubiger und J. Lehmann (2004): Nährwert von Wiesenpflanzen: Aminosäuregehalt. *Agrarforschung Schweiz* 8(4): 180–185.
- Daccord, R., Wyss, U., Jeangros, B., Meisser, M., 2007: Bewertung von Wiesenfutter. Nährstoffgehalt für die Milch- und Fleischproduktion. *AGFF Merkblatt 3*. AGFF, Zürich.
- Derrick, R.W., G. Moseley and D. Wilman (1993): Intake by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey compared with perennial ryegrass. *The Journal of Agricultural Science* 120: 51–61.
- Dierschke, H. und G. Briemle (2002): Kulturgrasland. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 239 S.
- Dietl, W. (1995): Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 4: 239–249.
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, 1997): DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner und D. Paulissen (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Auflage, *Scripta Geobotanica* 18: 258 S.
- EUROMAB-Symposium, Part Austria (1999): Changing Agriculture and Landscape - Ecology, Management and Biodiversity Decline in Anthropogenous Mountain Grassland. *Proceedings EUROMAB-Symposium Austrian Academy of Sciences, Vienna*, 15.-19. September 1999, 1-25.
- Gruber, L., A. Schauer, J. Häusler, A. Adelwöhrer, M. Urdl, K.-H. Südekum, F. Wielscher und R. Jäger (2011): Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milcherzeugung. Tagungsbericht über die 38. Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 13.-14. April 2011, 43–65.
- Haas, G., A. Schlonski und U. Köpke (2003): Rotklee im Organischen Landbau – Einfluss von Arten- und Sortenwahl auf Ertrag und Entwicklung. *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL*, 109, 65 S.
- Hawkins, D.M., S.C. Basak and D. Mills (2003): Assessing model fit by cross-validation. *Journal of Chemical Information and Computer Science* 43: 579–586.
- Isselstein, J., S. Bonorden, M. Seng und H. J. Abel (2003): Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffnutzung von klee- und kräuterreichen Aufwüchsen ökologisch bewirtschafteten Grünlandes entlang der Produktionskette Erzeugung-Konservierung-Verdauung. Abschlussbericht zum Vorhaben 02OE621, BÖL. Georg-August-Universität Göttingen, 23 S.
- Jeangros, B., J. Scehovic, F.X. Schubiger, J. Lehmann, R. Daccord und Y. Arrigo (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung Schweiz* 8 (2): 1–8.
- Kasal, A., E. Stimpfl und G. Peratoner (2010): A test of sampling methods for the investigation of forage quality in permanent meadows. *Grassland Science in Europe* 15: 542–544.
- Kirchhof, S., I. Eisner, M. Gierus and K.-H. Südekum (2010): Variation in the contents of crude protein fractions of different forage legumes during the spring growth. *Grass and Forage Science* 65: 376–382.
- Klapp, E. (1930): Zum Ausbau der Graslandbestandsaufnahme zu wissenschaftlichen Zwecken. *Pflanzenbau* 6: 197–210.
- Klapp, E., P. Boeker, F. König und A. Stählin (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. *Das Grünland* 2: 38–40.
- Krishnamoorthy, U., T.V. Muscato, C.J. Sniffen and P.J. Van Soest (1982): Nitrogen Fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science* 65, 217–225.
- Licitra, G., T.M. Hernandez and P.J. Van Soest (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology* 57: 347–358.
- Lehmann, J., F. Bachmann und H. Guyer (1978): Die gegenseitige Beeinflussung einiger Klee- und Grasarten in Bezug auf das Wachstum und auf den Nährstoff- und Mineralstoffgehalt. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 146: 178–196.
- Lüscher, A., I. Mueller-Harvey, J.F. Soussana, R.M. Rees and J.L. Peyraud (2014): Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69: 206–228.
- Meister, E. und J. Lehmann (1984): Art- und Sortenunterschiede der wichtigsten Futterleguminosen und Gräser in Bezug auf den Gehalt an Rohprotein, Rohfaser und leicht vergärbaren Kohlenhydraten. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 11: 210–224.
- Meister, E. und J. Lehmann (1988): Nähr- und Mineralstoffgehalt von Wiesenkräutern aus verschiedenen Höhenlagen in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 26 (2): 127–137.
- Naumann, N., R. Bassler, R. Seibold und C. Barth (1997): *Methodenbuch Band III, Chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Nelder, J.A. (2000): Functional marginality and response-surface fitting. *Journal of Applied Statistics* 27: 109–112.
- Nowruzian, H. (1977): Vergleichende Untersuchungen der Verdaulichkeit von Gras- und Kleearten und -sorten in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium. *Diss. Agr. Universität Gießen*. 122 S.
- Pavlu, V., J. Schellberg and M. Hejzman (2011): Cutting frequency vs. N application: effect of a 20-year management in *Lolium-Cynosuretum* grassland. *Grass and Forage Science* 66: 501–515.
- Peratoner, G., A. Bodner, E. Stimpfl, E. Werth, A. Schaumberger and A. Kasal (2010): A simple model for the estimation of protein content of first-cut meadow forage. *Grassland Science in Europe* 15: 539–541.
- Piepho, H.P. (2009): Data transformation in statistical analysis of field trials with changing treatment variance. *Agronomy Journal* 101, 865–869.
- Pötsch, E., A. Asel, A. Schaumberger und R. Resch (2014): Impact of climate change on grassland productivity and forage quality in Austria. *Grassland Science in Europe* 19: 139–141.
- Resch, R., T. Guggenberger, L. Gruber, F. Ringdorfer, K. Buchgraber, G. Wiedner, A. Kasal und K. Wurm (2006): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der fortschrittliche Landwirt* 84: 1–20.

- Resch, R. (2009): Aufbau, Struktur, und Bedeutung der Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Tagungsbericht zum 15. Alpenländischen Expertenforum, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 26. März 2009, 11-20.
- Resch, R., K. Buchgraber, E.M. Pötsch, L. Gruber, T. Guggenberger und G. Wiedner (2009): Mineralstoffe machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. ÖAG-Broschüre Info 8/2009, 8 S.
- Resch, R. (2012): Stoffflüsse, Futtererträge und Biodiversität bei differenzierter Grünlandbewirtschaftung in Österreich. Abschlussbericht zum BMLFUW-Projekt „NEFA“ (DaFNE-Nr. 100080), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 29 S.
- Resch, R. (2013): Einfluss des Konservierungsmanagements auf die Qualität von Raufutter österreichischer Rinderbetriebe – Ergebnisse aus LK-Heuprojekten. Tagungsbericht zur 40. Viehwirtschaftlichen Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 18.-19. April 2013, 57-72.
- Romano, G., A. Schaumberger, H.-P. Piepho, A. Bodner and G. Peratoner (2014): Optimal base temperature for computing growing degree-day sums to predict forage quality of mountain permanent meadow in South Tyrol. *Grassland Science in Europe* 19: 655-657.
- Scharenberg, A., Y. Arrigo, A. Gutzwiller, C.R. Soliva, A. Perroud, U. Wyss, M. Kreuzer und F. Dohme (2005): Akzeptanz von Futterpflanzen mit Vorkommen von kondensierten Tanninen bei Schafen und ihre Gehalte an nutzbarem Rohprotein. 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005, 381-382.
- Schaumberger, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation Technische Universität Graz, 292 S.
- Schellberg, J. and L. da S. Pontes (2012): Plant functional traits and nutrient gradients on grassland. *Grass and Forage Science* 67: 305-319.
- Schubiger, F.X., J. Lehmann, R. Daccord, Y. Arrigo, B. Jeangros und J. Sechovic (2001): Nährwert von Wiesenpflanzen: Verdaulichkeit. *Agrarforschung Schweiz* 8 (9): 354-359.
- Scotton, M., A. Pecile and R. Franchi (2012): I tipi di prato permanente in Trentino. Tipologia agroecologica della praticoltura con finalità zootecniche, paesaggistiche e ambientali. Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige.
- Stampfli, A. und M. Zeiter (2010): Der Verlust von Arten wirkt sich negativ auf die Futterproduktion aus. *Agrarforschung Schweiz* 1 (5): 184-189.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry (1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18, 104 – 111.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Voigtländer, G. und N. Voss (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Grünland - Feldfutter - Rasen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Wachendorf, M. (1995): Untersuchungen zur Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Rotklee- und Rotklee gras in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Diss. agr., Universität Kiel.
- Weichselbaum, F. (2015): Auswirkung unterschiedlicher Düngungsniveaus im Dauergrünland auf die Proteinfractionierung im Grundfutter. Masterarbeit der Universität für Bodenkultur, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie, 86 S.
- Weißbach, F., L. Schmidt, G. Peters, E. Hein, K. Berg, G. Weise und O. Knabe (1977): Methode und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR. 3. Auflage, 53 S.
- Wyss, U. und R. Vogel (1999): Siliereignung von Kräutern aus intensiven Beständen. *Agrarforschung Schweiz* 6 (5): 185-188.

