

Ertrag und Futterqualität von Almfutter des Höhenprofils Johnsbach in Abhängigkeit von den Standortfaktoren

L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER,
R. STEINWENDER und M. SOBOTIK

1. Einleitung und Literatur

Die Almwirtschaft hat in Österreich eine lange Tradition und große wirtschaftliche Bedeutung innerhalb der Viehwirtschaft. Die Almen und Bergmähder machen mit 858.700 Hektar 44,3 % der gesamten Grünlandfläche bzw. 25,0 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs aus. Dieses Flächenausmaß zeigt seit 1979 (806.100 ha) steigende Tendenz (BMLF). Entsprechend der geografischen Struktur ist die Grünlandwirtschaft und im besonderen die Almwirtschaft in den Bundesländern Salzburg, Vorarlberg, Tirol, Kärnten und Steiermark besonders stark vertreten. In diesen Bundesländern beträgt der Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlichen Nutzfläche 97,6, 97,3, 97,0, 79,4 bzw. 67,2 % . Der Anteil der Almen und Bergmähder an der Grünlandfläche macht in diesen Bundesländern 63,0, 62,0, 75,0, 56,8 bzw. 35,0 % aus. In diesen Bundesländern liegen in Summe 97,6 % der gesamten Almfläche Österreichs (BMLF 1997).

Traditionell wird der Alpeng ein positiver Einfluß auf Gesundheit, Fruchtbarkeit und Langlebigkeit der Tiere zugeschrieben (ECEMIS 1957). Nach BIANCA (1977) ist die Alpeng ein komplexes System, das sich aus vielen Faktoren zusammensetzt. Ein wichtiger Faktor ist demnach die nach Menge und Qualität mangelhafte Futtermittelversorgung („karges Futter“). Steiles Gelände und im Vergleich zur Stallhaltung erhöhte Bewegung der Tiere führen weiters zu einem zusätzlichen Energiebedarf. Und schließlich übt auch das Klima in den Alpengregionen eine Belastung aus (Sauerstoffmangel, tiefe Temperatur, Tag/Nachtschwankungen, Sonnenstrahlung, geringe Luftfeuchtigkeit). Es gibt jedoch Hinweise, daß die gealpten Tiere den dadurch bedingten Rückstand kompensieren können (ZAUGG 1975, PIRCHNER

1980). Der Alpengeinfluß schlägt sich in geringeren Milchleistungen gegenüber sog. Heimkühen nieder (ENGELER & HERZOG 1965, ESSL 1966, HAGGER 1979, ZEMP 1985, CHRISTEN et al. 1996). Die genannten Autoren geben eine Leistungsminderung von 282, 220, 251 und 641 kg Milch pro Laktation an. Allerdings haben ESSL (1966) und HAGGER (1979) statistisch analysiert, daß der Leistungsunterschied nicht allein dem depressiven Einfluß der Alpeng zuzuschreiben ist, sondern die Alpengkühe genetisch schlechter veranlagt sind und eine systematisch kürzere Laktation haben. Die Leistungsdepression hängt weiters entscheidend vom Kalbemonat und von der Leistungsveranlagung der Kühe ab.

1.1 Einfluß der Höhenlage auf den Ertrag

Auf Grund übereinstimmender Literaturdaten ist davon auszugehen, daß der Ertrag an Trockenmasse mit steigender Höhenlage abnimmt (DOMES 1936, CAPUTA 1966). Dies ist auf eine Verkürzung der Vegetationsperiode (längere Schneedecke, früherer Wintereinbruch) zurückzuführen. CAPUTA (1966, 1973) gibt für verschiedene Höhenstufen die Vegetationsdauer an. Daraus läßt sich errechnen, daß die Vegetationsdauer pro 100 m Seehöhe um 8,5 bzw. 11,0 Tage abnimmt. Dagegen ist der durchschnittliche Futterzuwachs pro Wachstumstag nach CAPUTA & SCHECHTNER (1970) unabhängig von der Höhenstufe und konstant bei etwa 55 kg T pro Hektar und Tag (Zentralalpen bei NPK-Düngung). Diese Feststellung bedeutet, daß auf jeder Seehöhe der gleiche Weidebesatz möglich ist, unter der Voraussetzung gleichwertiger lokaler Verhältnisse (Boden, Niederschläge, Düngung etc. (CAPUTA & SCHECHTNER 1970)).

SPATZ & VOIGTLÄNDER (1969) haben durch Korrelationsrechnung klar nachgewiesen, daß die Höhenlage nicht als Faktor an sich, sondern durch die mit der Höhenlage sich verändernden Klimafaktoren wirkt. In deren Datenmaterial nahmen die Erträge mit steigender Höhenlage und erhöhter Sonnenscheindauer ab und mit steigenden Niederschlägen und Temperaturen zu. Es wird allerdings betont, daß die Klimafaktoren nie isoliert voneinander betrachtet werden dürften. So sinkt mit zunehmender Höhenlage die Temperatur, während die Niederschläge ansteigen. Mit zunehmender Niederschlagsmenge wiederum verringern sich Temperatur und Sonnenscheindauer. Es bestehen also starke Zusammenhänge zwischen Höhenlage, Niederschlag und Temperatur (Höhenkomplex).

In *Tabelle 1* ist der Rückgang des Ertrages an Trockenmasse pro m Seehöhe angeführt, wie er sich aus den zahlreichen Literaturdaten errechnen läßt bzw. angegeben ist. Aus den umfangreichen Untersuchungen von CAPUTA (1966, 1973) und CAPUTA & SCHECHTNER (1970) geht hervor, daß der Ertrag an Trockenmasse um 3,2 bis 5,7 kg pro m Seehöhe linear zurückgeht. In Österreich durchgeführte Versuche haben gezeigt (SCHECHTNER 1978), daß der Ertragsrückgang ohne N-Düngung geringer ausfällt (4,1 kg T pro m NN) als bei N-Düngung (6,9 kg T pro m NN). SCHECHTNER (1959) gibt den Ertrag von ungedüngten Almflächen unter 1500 m NN mit 2640 und über 1500 m NN mit 1320 kg T pro ha an, bei PK-Düngung mit 3710 bzw. 2360 kg T und bei NPK-Düngung mit 4600 bzw. 3450 kg T pro ha (10 Versuche pro Höhenstufe in Österreich). BARBULESCU et al. (1976) fanden im Gegensatz zu den angeführten Versuchen einen kurvilinearen Verlauf des Ertrages in Abhängigkeit von der

Autoren: Dr. Leonhard GRUBER, Ing. Thomas GUGGENBERGER, Dr. Andreas STEINWIDDER, Ing. Anton SCHAUER, Johann HÄUSLER, Dr. RUDOLF STEINWENDER und Dr. Monika SOBOTIK, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING

Tabelle 1: Zusammenhänge zwischen Höhenlage (x, m NN) und Ertrag (y, kg T/ha)

Autor	a	b _x	R ²	s _e	n	Mittel	Min	Max
Caputa 1966	11.109	4,05	45,0	2.096	17	1.261	430	1.900
Caputa & Schechtner 1970	11.638	4,02	93,2	679	9	1.327	504	2.150
Caputa 1973	10.450	3,20	37,8	2.098	52	1.234	430	1.900
Habovstiak 1977	15.371	5,67	94,5	891	6	1.380	430	1.900
Schechtner 1978	17.615	12,1	98,1	408	18	775	550	1000
	9.222	4,08	99,0	377	10	562	300	1800
	15.348	6,85	99,0	377	10	562	300	1800

Höhenlage (8201, 8857, 11674, 6672 kg T pro ha auf 80, 592, 770, 1200 m NN bei Wiesennutzung sowie 7807, 8523, 10917, 6398 kg T pro ha bei Weidenutzung). Auch SPATZ & VOIGTLÄNDER (1969) und SPATZ (1970) stellten kurvilineare Verläufe des Ertrages in Abhängigkeit von der Höhenlage fest. SOLAR & LICHTENEGGER (1981) geben als Ertragsrückgang für die Südseite des Alpenhauptkammes im Glocknergebiet 1,1 kg Heu (ca. 1,0 kg T) pro m Seehöhe an.

1.2 Einfluß der Höhenlage auf den Futterwert

Die Literaturdaten zum Einfluß der Seehöhe auf den Futterwert sind nicht eindeutig.

BARBULESCU et al. (1976) untersuchten in Rumänien Ertrag und Futterqualität von drei Grasarten (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*) bei jeweils zwei Sorten und auf vier Standorten mit verschiedener Höhenlage (80, 592, 770, 1200 m NN) im Rahmen eines europäübergreifenden FAO-Projektes. Mit steigender Seehöhe gingen der Proteingehalt und die Verdaulichkeit zurück (74,4, 76,4, 64,8, 58,9 % dO, errechnet aus den Originaldaten).

Auch HABOVSTIAK (1977) verwendete die gleichen Grasarten für eine ähnlich gelagerte Untersuchung in der Slowakei auf 550 und 1000 m NN im Rahmen dieses FAO-Forschungsprojektes. Im Mittel aller Grasarten und -sorten betrug die Verdaulichkeit auf 550 m NN 68,4 % und auf 1000 m NN 62,6 % dO. Im Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenproduktion der Universität Zagreb wurden die zweiten Aufwüchse aus verschiedenen Höhenlagen (Heunutzung und Weidenutzung) der 12 am FAO-Projekt „Berggrünland“ teilnehmenden Institute von 8 Ländern mit der in situ-Technik (48 h) untersucht (CIZEK 1978). Das Datenmaterial wurde in 4

Höhenklassen (<400, 400-800, 800-1200, >1200 m NN) eingeteilt. Im Mittel aller Grasarten und der Nutzungsformen wurde eine Verdaulichkeit der Trockenmasse von 72,4, 70,9, 65,5 und 73,5 % ermittelt, also eine Abnahme bis 1200 m NN und den besten Wert bei der höchsten Höhenstufe. Diese Verdaulichkeitsdaten entsprechen den Gehalten an Zellulose mit den niedrigsten Werten auf der höchsten Höhenstufe, d.h. der besten Verdaulichkeit. CIZEK (1978) führt klimatische Ursachen (Temperatur, Wasserversorgung, Lichtintensität) als Erklärung für die höchste Verdaulichkeit auf höchster Höhenstufe an. Nach DEINUM (1966) bewirkt höhere Temperatur einen höheren Gehalt an Gerüstsubstanzen, während hohe Lichtintensität den Zellulosegehalt senkt. Hohe Wasserversorgung steigert den Zellulosegehalt. Mit steigender Höhenlage sinken die Temperaturen und erhöht sich die Lichtintensität, was den Zellulosegehalt senkt, wogegen die steigenden Niederschläge bzw. höhere Feuchtigkeit den Zellulosegehalt steigern.

NIQUEUX (1978) verglich im französischen Zentralmassiv *Festuca arundinacea* und *Dactylis glomerata* auf 350 und 1000 m NN zu verschiedenen Wachstumsstadien. Am höheren Standort wurde in beiden Grasarten mehr Stickstoff und weniger Zellulose ermittelt, was auch von einer höheren Verdaulichkeit (*in vitro*), besonders bei *Festuca arundinacea*, begleitet war.

Eine sehr umfassende Untersuchung zum Einfluß des Biotops auf die Quali-

tät von Gräsern führte SCEHOVIC (1981) durch. Von vier Gräserarten (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Lolium perenne*) mit je zwei Sorten verschiedenen Reifeverhaltens wurde der Nährstoffgehalt des 1. Aufwuchses zu vier verschiedenen Vegetationsstadien (Beginn Schossen, 10 cm, Ähren-/Rispen-schieben, Blüte) analysiert und über Regressionsgleichungen Verdaulichkeit, Energiekonzentration, Futteraufnahme und daraus der Milchproduktionswert geschätzt. Die drei Standorte lagen auf 430, 650 und 1200 m NN. Aus den für die einzelnen Grasarten und Vegetationsstadien angegebenen Daten der Verdaulichkeit lassen sich die in *Tabelle 2* angeführten LS-Mittelwerte errechnen. Bei jungem Futter zeigt sich kein Einfluß der Höhenlage auf die Verdaulichkeit, während ab dem Ähren-/Rispen-schieben die Verdaulichkeit mit steigender Höhenlage zunimmt. Wie auch in der Untersuchung von CIZEK (1978) ging die höhere Verdaulichkeit mit einem geringeren Gehalt an Gerüstsubstanzen einher und die chemische Zusammensetzung war eng mit den klimatischen Bedingungen während der Vegetationsperiode verbunden. Der geringere Trockenmasseertrag mit steigender Höhenlage beim Ähren-/Rispen-schieben wurde zum Teil durch höhere Futterqualität kompensiert.

VOIGTLÄNDER et al. (1983) verglichen Ertrag und Futterqualität (*in vitro*-Verdaulichkeit der T) von vier Grasarten (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*) auf den Standorten Weihestephan (435 m NN) und Gereute im Allgäu (1085 m NN). Außer *Lolium perenne* war die Verdaulichkeit der drei weiteren Gräser auf dem hochgelegenen Standort höher.

KLOSKOWSKI (1985) verglich auf den gleichen Standorten wie VOIGTLÄNDER et al. (1983) die Verdaulichkeit (*in vivo* und *in vitro*) der Futterpflanzen *Festuca pratensis* und *Trifolium pratense*.

Tabelle 2: Verdaulichkeit (dO %) in Abhängigkeit von Höhenlage und Vegetationsstadium (nach SCEHOVIC 1981)

Höhenlage (m NN)	430	650	1200
Schossen	84,2	83,7	82,9
10 cm	79,3	79,4	79,6
Ähren-/Rispen-schieben	70,7	72,3	74,2
Blüte	62,2	63,2	65,6
Mittelwert	74,1	74,6	75,6

se. Es wurden frische (Grünfutter) und konservierte Futter (Silage, Warmluftheu, Reuterheu) und mehrere Aufwüchse untersucht, wenn auch nicht auf beiden Standorten und beiden Versuchsjahren (1977, 1978) alle Aufwüchse und Konservierungsformen vertreten bzw. gleich häufig vertreten sind. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich der Kohlenhydrate des Zellinhaltes von KÜHBAUCH et al. (1986), der Zellwandbestandteile von VOIGTLÄNDER et al. (1986) und der Verdaulichkeit von KLOSKOWSKI et al. (1986) veröffentlicht. Wenn die Originaldaten der Dissertation von KLOSKOWSKI (1985) einer Least Squares-Analyse unter Berücksichtigung der Effekte Standort, Pflanze, Aufwuchs, Konservierung und Jahr unterzogen werden, beträgt die Verdaulichkeit auf 435 m NN 72,5 und auf 1085 m NN 74,2 % dO. Beide Futterpflanzen reagierten ohne Wechselwirkung in gleicher Weise mit einer höheren Verdaulichkeit auf den höheren Standort. Dies trifft allerdings nicht auf alle Aufwüchse zu (Tabelle 3). Ähnlich wie bei SCEHOVIC (1981) war die Verdaulichkeit von jungem Futter (I.1, d.h. 1. Schnittzeitpunkt des 1. Aufwuchses) in tiefer Lage etwas höher, wogegen beim späteren Schnittzeitpunkt (I.2, d.h. 2. Schnittzeitpunkt des 1. Aufwuchses) und beim 3. (435 m NN) bzw. 2. Aufwuchs (1085 m NN) in der Berglage eine höhere Verdaulichkeit festzustellen war. Auf beiden Höhenstufen wirkten sich die Gerüstsubstanzen in gleicher Weise negativ auf die Verdaulichkeit aus. So ging die Verdaulichkeit auf 435 m NN um 0,20 % und auf 1085 m NN um 0,19 % dO zurück, wenn NDF um 1 % ansteigt, um 0,35 % bzw. 0,27 % dO pro % ADF sowie um 1,08 % bzw. 1,29 % dO pro % ADL. Allerdings war der Gehalt an Gerüstsubstanzen bei vergleichbarer Verdaulichkeit in der oberen Höhenstufe höher.

Alle angeführten Literaturdaten behandeln den Einfluß der Höhenlage auf den

Tabelle 3: Verdaulichkeit (dO %) in Abhängigkeit von Höhenlage und Aufwuchs (nach KLOSKOWSKI 1985)

Seehöhe (m)	Aufwuchs			Mittelwert
	I.1	I.2	III	
435	76,9	71,3	70,8	73,0
1085	75,4	74,2	73,6	74,4

Futterwert an ein und demselben Pflanzenmaterial, was vom wissenschaftlichen Standpunkt zweifellos richtig ist. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, daß - auch angesichts der Fragestellung des vorliegenden Versuches - sich unter praktischen Bedingungen auch die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände ändert. Im Gegensatz zu den angeführten Versuchsanstellern war es nicht Fragestellung dieses Projektes, wie der Faktor Höhenstufe *per se* auf den Futterwert wirkt, sondern welche Futterqualität auf Almen verschiedener Höhenstufen vorzufinden ist. Selbstverständlich wurde auf eine Auswahl der Versuchsstandorte nach systematischen Gesichtspunkten (Geologie, Exposition) dennoch Wert gelegt. Aus den Felduntersuchungen im Allgäu von SPATZ (1970) läßt sich kein Einfluß der Höhenlage auf die Energiekonzentration ableiten.

2. Material und Methoden

2.1 Fragestellung und Versuchsplan

Mit dem vorliegenden Versuch sollte der Einfluß folgender dreier Standortfaktoren auf Ertrag und Futterqualität von Almfutter untersucht werden.

- Geologische Ausgangssituation
- Höhenlage
- Exposition

Dazu wurde ein dreifaktorielles Versuchsdesign (2 x 4 x 2) mit folgenden Faktorstufen gewählt:

Geologische Ausgangssituation:

1. Kristallin
2. Kalkalpin

Höhenlage:

1. 1100 m NN
2. 1300 m NN
3. 1500 m NN
4. 1700 m NN

Exposition:

1. Süden
2. Norden

Die Untersuchungen wurden in der Obersteiermark im Gebiet zwischen Schoberpaß (Treglwang) und Gesäuse (Hiefalau) über die Dauer von vier Jahren (1993 bis 1996) durchgeführt. Diese Region bot relativ gute Voraussetzungen für die beabsichtigte Fragestellung, da mitten durch das Untersuchungsgebiet

im Johnsbachtal die geologische Trennlinie zwischen Kristallin und Kalkalpen verläuft und sowohl in der Südexposition, jedoch auch in der Nordexposition in jeder der vier Höhenlagen Almflächen anzutreffen waren. Auf beiden Kristallinflächen der Höhenstufen 1700 m NN ist ein Kalkeinfluß zusätzlich zu berücksichtigen. Die untersuchten Almen sind in *Tabelle 4* angeführt und werden im folgenden als Höhenprofil Johnsbach bezeichnet. Die klimatischen Bedingungen, die bodenkundliche Charakterisierung und die Vegetation werden von KRIMBERGER (1998), EISENHUT & EDER (1998) bzw. SOBOTIK et al. (1998) beschrieben.

2.2 Ertragsfeststellung, Futterproben und Analysen

Zur Feststellung des Ertragspotentials wurde der ganze Vegetationszeitraum herangezogen. Der 1. Aufwuchs aller Versuchsflächen wurde bei vergleichbarem Vegetationsstadium der Pflanzen geerntet (SOBOTIK et al. 1998). Da die Vegetationsdauer mit steigender Höhenlage abnimmt (KRIMBERGER 1998), stand für den 2. Aufwuchs mit steigender Höhenlage eine kürzere Aufwuchsdauer zu Verfügung. Zur Beurteilung des Futterwertes von Almfutter bei vergleichbarem Vegetationsstadium eignet sich daher besser der 1. Aufwuchs, da für den 2. Aufwuchs (und gewichteten Gesamtaufwuchs) unter diesen Versuchsbedingungen kein ähnliches Vegetationsstadium möglich ist. Das Erntedatum der Aufwüchse aller Versuchsflächen ist in *Tabelle 5* angeführt. Um die Veränderungen des Nährstoffgehaltes während der Vegetation verfolgen zu können, wurden etwa 14 Tage vor und nach dem Haupterntetermin des ersten Aufwuchses Proben gezogen.

Die Versuchsflächen hatten ein Ausmaß von 353 bis 1099 m² (*Tabelle 6*). Es sollte sichergestellt sein, daß ausreichend Erntegut für die Futteraufnahme- und *in vivo* Verdauungsversuche mit Hammeln anfiel. Bei der Kalkulation des Flächenbedarfs dienten die Ertragsangaben in Abhängigkeit der Höhenlage (SCHECHTNER 1978) als Grundlage. Es wurde die gesamte Versuchsfläche geerntet und in grünem bzw. leicht angewelktem Zustand zu Tal transportiert. Danach wurde das Futter mit dem Auto sofort zur

Tabelle 4: Versuchsflächen

Geo- logie	Expo- sition	Höhenlage			
		1100	1300	1500	1700
Kristallin	Süd	Haberl	Buecheck	Aigelsbrunn 1500	Aigelsbrunn1700
Kristallin	Nord	Plodenau	Grössingeralm	Moseralm	Moserkogel
Kalk alpin	Süd	Kölblalm	Pfarralm	Kuhfeld 1500	Kuhfeld1700
Kalk alpin	Nord	Jägerhaus	Hüpfingeralm	Schwarzlacken	Hüpfingerhals

Bundesanstalt Gumpenstein gebracht (etwa 60 bis 80 km) und unter Dach mit einer solar erwärmten Luft getrocknet. Mit diesem Material wurde der Ertrag an Trockenmasse festgestellt. In den niederen Höhenlagen wurde das Futter mit einem Motormäher gemäht, auf den höher gelegenen Almflächen mit der Sense.

Tabelle 6: Flächenausmaß der Versuchsflächen

Geo- logie	Expo- sition	Höhenlage			
		1100	1300	1500	1700
Kristallin	Süd	484	583	565	632
Kristallin	Nord	359	773	544	353
Kalkalpin	Süd	566	438	601	1099
Kalkalpin	Nord	544	488	877	565

Die Versuchsflächen waren mit einem Zaun (Stacheldraht) vor dem Beweiden durch Almtiere geschützt. Die Flächen erhielten während der vierjährigen Versuchsdauer weder Wirtschafts- noch Minereraldünger, was von den Praxisverhältnissen insofern abweicht, als dort zumindest die Nährstoffrücklieferung durch die Weidetiere anfällt. Dies wurde aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Versuchsflächen in Kauf genommen. Die durchschnittlichen Gesamterträge über alle Faktoren betragen in den Jahren 1993 bis 1996 2.649, 2.695, 2.491 bzw. 1.979 kg T pro ha. In Anbetracht des ungünstigen Klimas im Jahr 1996 kann allerdings aus diesen Ertragszahlen keine Nährstoffauszehrung des Bodens abgelesen werden.

Die chemischen Analysen erfolgten nach den Methoden der ALVA (1983). Die Weender Nährstoffe und Van SOEST-Gerüstsubstanzen wurden mit Tecator®-Geräten analysiert. Von allen Futterproben (Vor-, Haupt- und Nachprobe des 1. Aufwuchses sowie 2. Aufwuchses) wurden Verdaulichkeit und Energiekonzentration *in vitro* mit dem Hohenheimer Futterwerttest (HFT) bestimmt (MENKE & STEINGASS 1988). Da von der Hauptprobe des 1. Aufwuchses auch die Verdaulichkeit *in vivo* bestimmt wurde (siehe 2.3), konnte die Beziehung zwischen *in vivo*- und *in vitro*-Daten hergestellt werden. Dabei stellte sich heraus, daß sich weder die ursprünglichen Regressionsformeln nach MENKE & STEINGASS (1988) noch die aktualisierten Regressionsformeln der GfE (1998) für das vorliegende Datenmaterial besonders eigneten, wie an dem niedrigen Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,35$ bzw. 0,26 und hohen Reststreuungen von 4,9 % bzw. 4,2 % zu erkennen ist (siehe *Abbildung 1*). Daher wurden für dO, ME und NEL mit Hilfe der Rohrnährstoffe XP, XF und XA sowie mit der im HFT ermittelten Gasbildung auf der Grundlage der 64 *in vivo* Daten (16 Standorte x 4 Jahre) eigene Regressionsgleichungen abgeleitet, deren Koeffizienten und statistische Kennzahlen in *Tabelle 7* angeführt sind. Die Verdaulichkeit bzw. Energiekonzentration des Gesamtaufwuchses beruht auf den *in vivo* Daten des 1. Aufwuchses und den *in vitro* Ergebnissen des 2. Aufwuchses.

in vitro Ergebnissen des 2. Aufwuchses.

2.3 Futteraufnahme- und Verdaulichkeitsversuche

Die Verzehrbareit und Verdaulichkeit des Futters (1. Aufwuchs) von den 16 Almversuchsflächen wurde in der anschließenden Winterfütterungsperiode an Hammeln gemessen. Es wurde im wesentlichen nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie für die Bestimmung von Rohrnährstoffen vorgegangen (GfE 1991). In Ergänzung zu der von der GfE (1991) beschriebenen Methodik war dem Verdaulichkeitsversuch auf etwa Erhaltungsniveau (14 Tage Sammelperiode) ein Futteraufnahmeversuch (7 Tage) zur Feststellung der Verzehrbareit (engl. ingestibility) vorgeschaltet. Vor Beginn der Kot- und Harnsammlung wurde das *ad libitum* Futterniveau 4 Tage hindurch auf 1 kg T reduziert und während des Verdaulichkeitsversuches beibehalten. Die Hammel wogen im Durchschnitt $68,8 \pm 5,3$ kg. Vor Beginn der Erhebungen hatten die Tiere eine Angewöhnungszeit an das Futter von 3 Tagen. Während des Futteraufnahmeversuches standen die Tiere in Einzelhaltung auf Stroh mit Sichtkontakt zueinander und während des Verdaulichkeitsversuches in Stoffwechsellkäfigen. Wasser stand zur freien Aufnahme zur Verfügung. An Mineralfutter erhielten die Tiere nur 4 g Viehsalz pro Tag.

2.4 Biometrische Auswertung

Die Daten wurden mit dem Programm LSMLMW PC-1 Version statistisch ausgewertet (HARVEY 1987). Es wurde mit Model 1 mit den fixen Effekten „Höhenlage“, „Geologie“ und „Exposition“ sowie den Interaktionen „Höhenlage x Geologie“, „Höhenlage x Exposition“ und „Geologie x Exposition“ gerechnet.

Tabelle 5: Erntedatum auf den Versuchsflächen in den 4 Versuchsjahren

Höhenlage	1100				1300				1500				1700			
	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996
1. Aufwuchs																
Krist Süd	09 06	09 06	26 06	11 06	23 06	22 06	11 07	27 06	14 07	14 07	26 07	17 07	14 07	27 07	07 08	05 08
Krist Nord	22 06	17 06	28 06	19 06	12 07	09 07	18 07	08 07	22 07	21 07	25 07	15 07	30 07	03 08	18 07	18 07
Kalk Süd	22 06	17 06	28 06	19 06	07 07	30 06	13 07	02 07	07 07	30 06	13 07	12 07	07 07	22 07	25 07	24 07
Kalk Nord	02 07	23 06	06 07	20 06	21 07	07 07	14 07	10 07	19 07	18 07	01 08	01 08	19 07	28 07	01 08	01 08
2. Aufwuchs																
Krist Süd	30 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10
Krist Nord	31 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10	30 08	05 09	12 09	01 10
Kalk Süd	31 08	08 09	13 09	30 09	31 08	08 09	13 09	30 09	31 08	08 09	13 09	30 09	31 08	08 09	13 09	30 09
Kalk Nord	01 09	08 09	13 09	30 09	01 09	08 09	13 09	30 09	01 09	08 09	13 09	30 09	01 09	08 09	13 09	30 09

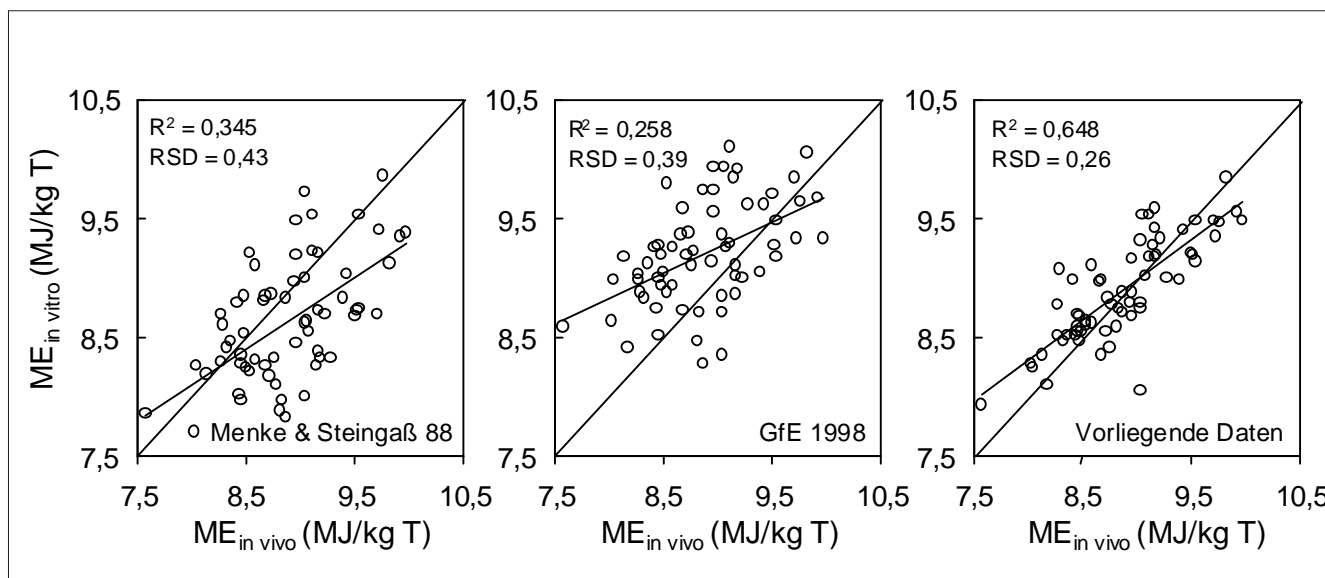


Abbildung 1: Beziehungen zwischen der Energiekonzentration *in vivo* und der auf der Basis verschiedener Regressionsgleichungen *in vitro* ermittelten Energiekonzentration

- $y_{ijkl} = \mu + H_i + G_j + E_k + (HG)_{ij} + (HE)_{ik} + (GE)_{jk} + e_{ijkl}$
- y_{ijkl} = Beobachtungswert der abhängigen Variablen
- μ = gemeinsame Konstante
- H_i = fixer Effekt der Höhenlage, $i = 1, 2, 3, 4$
- G_j = fixer Effekt der Geologie j , $j = 1, 2$
- E_k = fixer Effekt der Exposition k , $k = 1, 2$
- $(HG)_{ij}$ = Interaktion Höhenlage i x Geologie j
- $(HE)_{ik}$ = Interaktion Höhenlage i x Exposition k
- $(GE)_{jk}$ = Interaktion Geologie j x Exposition k
- e_{ijkl} = Restkomponente

In den *Ergebnistabellen* werden die Least-Squares Mittelwerte für den fixen Effekt der Gruppen, die P-Werte und die Residualstandardabweichung aus der Varianzanalyse angegeben.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Erträge

Die Erträge an Trockenmasse sowie Energie in den einzelnen Stufen der Hauptfaktoren sind in *Tabelle 8* und *Abbildung 2* dargestellt. Die Ertragsergebnisse, aufgeschlüsselt auf die 16 Einzelsandorte, sind in *Tabelle A1* angeführt. Mit steigender Höhenlage ging der Gesamtertrag an Trockenmasse von 3.200 auf 1.750 kg signifikant zurück. Pro m Seehöhe errechnet sich daraus ein Rückgang von 2,44 kg T. Dies liegt zwischen

den Werten von CAPUTA 1966 (4,05 kg T) sowie SCHECHTNER 1978 (4,08 kg T) und den Angaben von SOLAR & LICHTENEGGER (1981) (1,0 kg T pro m Seehöhe). Das festgestellte Ertragsniveau entspricht den Angaben von SCHECHTNER (1959) für ungedüngte Flächen. DOMES (1936) gibt bei einer Waldgrenze von 1600 bis 1800 m NN für die Seehöhen von 1150 - 1550 m einen mittleren Ertrag von 1300 kg und für die Seehöhen von 1350 - 1750 m einen

mittleren Ertrag von 1100 kg „Mittelheu“ an.

Neben anderen Standortfaktoren ist dies vor allem auf die kürzere Vegetationsdauer und die geringere Temperatursumme zurückzuführen (siehe KRIMBERGER 1998). SPATZ & VOIGTLÄNDER (1969) haben aufgezeigt, daß die Höhenlage nicht als Faktor an sich, sondern durch die mit der Höhenlage sich verändernden Klimafaktoren wirkt. Es ist allerdings zu beachten, daß die Klimafak-

Tabelle 7: Regressionsgleichungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit und Energiekonzentration auf der Basis von Rohrnährstoffen und Hohenheimer Futterwerttest (n = 64)

Parameter	Interzept (y)	XP g/kg T	XF g/kg T	XA g/kg T	Gb ml/200 mg T
dO (%)					
1100 m	-7,703	0,066	0,050	0,203	0,854
1300 m	30,992	0,066	0,050	0,203	-0,029
1500 m	16,250	0,066	0,050	0,203	0,259
1700 m	15,366	0,066	0,050	0,203	0,320
dO (%) = 63.5 ± 2.5, R² = 69.5 %, RSD = 4.0 %					
ME (MJ/kg T)					
1100 m	-0,932	0,012	0,006	0,021	0,123
1300 m	4,343	0,012	0,006	0,021	0,003
1500 m	2,684	0,012	0,006	0,021	0,033
1700 m	2,347	0,012	0,006	0,021	0,048
ME (MJ/kg T) = 8.91 ± 0.35, R² = 64.8 %, RSD = 3.9 %					
NEL (MJ/kg T)					
1100 m	-1,626	0,008	0,004	0,015	0,085
1300 m	2,058	0,008	0,004	0,015	0,002
1500 m	0,877	0,008	0,004	0,015	0,023
1700 m	0,671	0,008	0,004	0,015	0,032
NEL (MJ/kg T) = 5.17 ± 0.25, R² = 65.4 %, RSD = 4.8 %					

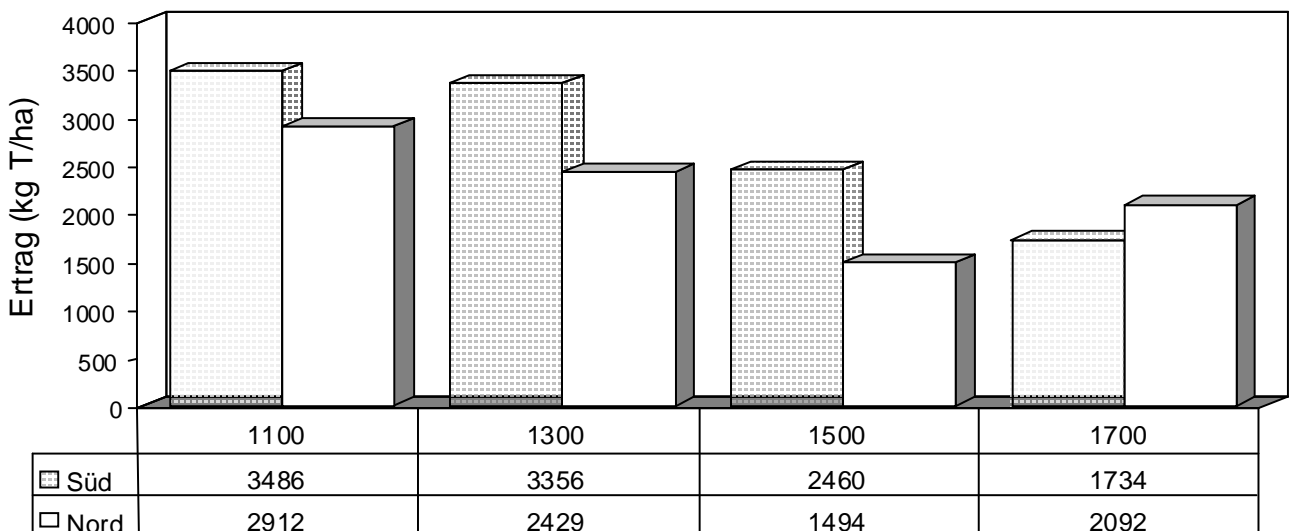
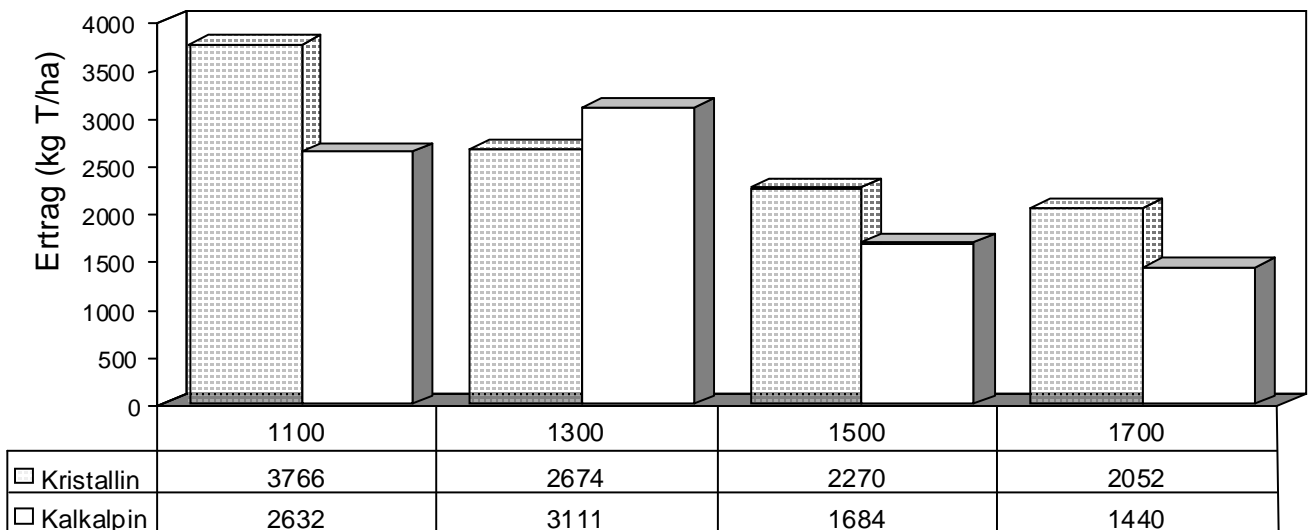
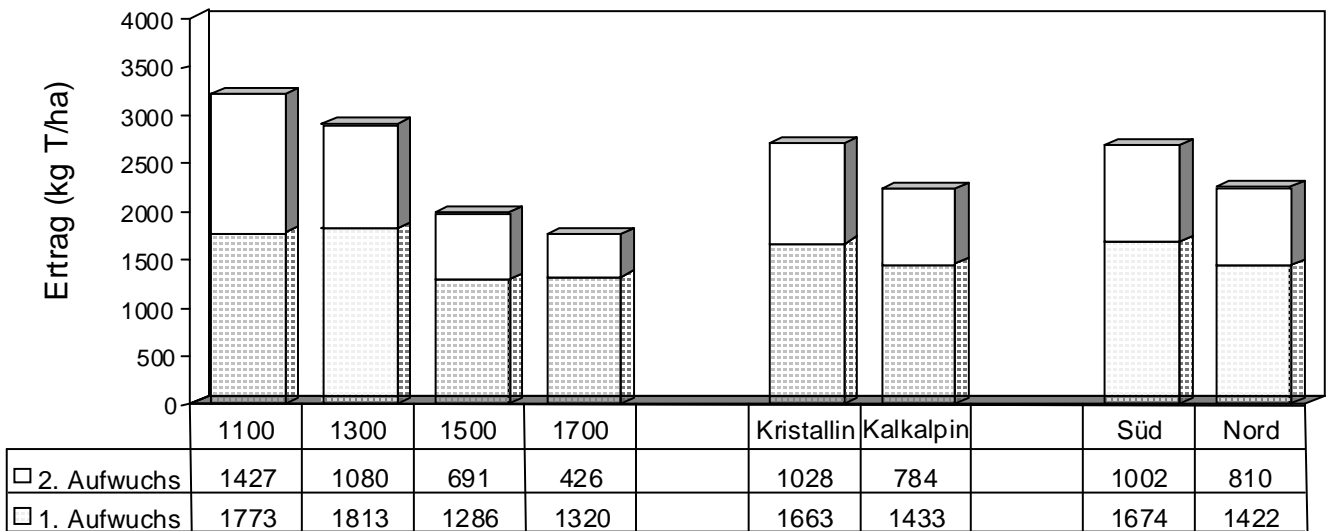


Abbildung 2: Erträge an Trockenmasse im 1. und 2. Aufwuchs

toren nicht isoliert voneinander betrachtet werden dürfen, da zwischen ihnen Zusammenhänge bestehen (Höhenkomplex). Unter 1.1 ist ausführlich beschrieben, daß dieser Ertragsrückgang von allen Versuchsanstellern festgestellt wurde (CAPUTA 1966 und 1973, CAPUTA & SCHECHTNER 1970, BARBULESCU et al. 1976, HABOVSTIAK 1977, SCHECHTNER 1978, SPATZ & VOIGTLÄNDER 1969, SPATZ 1970, NIQUEUX 1978, VOIGTLÄNDER 1983).

Daß die kürzere Vegetationsdauer die Hauptursache für den Ertragsrückgang darstellt, ist auch daran zu erkennen, daß die Ertragsunterschiede im 2. Aufwuchs wesentlich stärker ausgeprägt waren als im 1. Aufwuchs (*Abbildung 2*). Wie unter 2.2 beschrieben, wurde der 1. Aufwuchs bei gleichem Vegetationsstadium geerntet, d.h. es stand ein ähnlicher Aufwuchszeitraum zur Verfügung. Aus den Klimadaten (KRIMBERGER 1998) und einer subjektiven Festlegung des Vegetationsbeginns durch Beobachtung der Standorte läßt sich für die 4 Höhenstufen ein Vegetationszeitraum im 1. Aufwuchs von 49, 50, 48 bzw. 52 Tagen errechnen. Für den 2. Aufwuchs kann die Vegetationsdauer aus den Erntedaten mit 83, 67, 56 bzw. 49 Tagen ermittelt werden. Beim 1. Aufwuchs waren die Erträge der Höhenstufe 1100 und 1300 m sowie von 1500 und 1700 m relativ ähnlich. Bei den Energieerträgen ist der Rückgang mit steigender Höhenlage zusätzlich leicht verstärkt, weil außerdem eine abnehmende Energiekonzentration festzustellen war. Der durchschnittliche tägliche Zuwachs betrug in den 4 Höhenstufen 37, 37, 27 bzw. 28 kg im 1. Aufwuchs und 18, 17, 13 bzw. 9 kg im 2. Aufwuchs. Diese Werte sind niedriger als die von CAPUTA & SCHECHTNER (1970) allerdings bei NPK-Düngung angegebene Zahl von 55 kg T. Aus diesen Daten ist auch abzulesen, daß die ersten beiden (1100 und 1300 m NN) und die zweiten beiden Höhenstufen (1500 und 1700 m NN) jeweils ein sehr ähnliches tägliches Wachstumspotential aufweisen. Die Erträge an Trockenmasse sowie Energie waren beim 1. und auch 2. Aufwuchs hinsichtlich des Faktors Geologie im Kristallin signifikant höher als im Kalkgebiet. Neben der Artenzusammensetzung könnte dies vor allem auf die bessere Wasserversorgung im Kristallin

zurückzuführen sein. Wie zu erwarten, übertrafen die Almen in Südexposition im Ertrag jene der Nordlagen. Dafür können im wesentlichen klimatische Faktoren in Betracht gezogen werden. Signifikante Wechselwirkungen hinsichtlich des Ertrages an Trockenmasse und Energie traten zwischen den Effekten Höhenlage und Geologie sowie zwischen Höhenlage und Exposition auf. Dafür sind eine überdurchschnittlich wüchsige Alm im Kalkgebiet (Nordexposition auf 1300 m NN) und im Kristallin (Nordexposition auf 1700 m NN) verantwortlich.

3.2 Futterwert

Die wesentlichsten Parameter des Futterwertes (Weender Rohnährstoffe, Van SOEST-Gerüstsubstanzen sowie deren Verdaulichkeiten, Mineralstoffe, Energiekonzentration und Verzehrbarekeit) sind in den *Tabellen 9 bis 11* für den 1., 2. und gewichteten Gesamtaufwuchs zusammengefaßt. Die entsprechenden Ergebnisse in den 16 Einzelstandorten finden sich im Tabellenanhang (*Tabelle A2 bis A4*).

3.2.1 Weender Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen

Die Höhenlage hatte einen signifikanten Einfluß auf den Gehalt des 1. Aufwuchses an Rohprotein, N-freien Extraktstoffen, Rohasche, NDF, ADL, Hemizellulose und Zellulose. Abgesehen von der niedrigsten Höhenstufe (1100 m) ging der Gehalt an Rohprotein mit steigender Höhenlage zurück. Auch der Gehalt an Rohasche nahm ab. Während der Gehalt an Rohfaser in allen 4 Höhenstufen annähernd gleich bei durchschnittlich 259 g/kg T lag, stiegen die Gehalte an Gerüstsubstanzen zum Teil signifikant mit zunehmender Höhenstufe an. So betrug der Gehalt an NDF 481, 511, 522 bzw. 515 g/kg T in den Höhenstufen 1100, 1300, 1500 bzw. 1700 m NN. Mit der Höhenstufe änderte sich nicht nur der absolute Gehalt an Gerüstsubstanzen, sondern auch deren Zusammensetzung. Der Anteil des ADL an ADF und der Anteil der HEM an der NDF nahm zu, während der Anteil der ADF an der NDF abnahm. Dies ist einerseits mit dem Einfluß der Höhenlage *per se* zu erklären (VOIGTLÄNDER et al. 1986), dürfte allerdings ursächlich auch mit der von der Höhenlage beeinflussten botanischen

Zusammensetzung zusammenhängen. Mit den Parametern ADF, ADF/NDF und ADL/ADF (g/kg T) können 40 % der Streuung der Energiekonzentration (ME, MJ/kg T) erklärt werden:

$$ME = 9,07 - 0,0064 \text{ ADF} + 5,467 \\ (\text{ADF/NDF}) - 11,462 (\text{ADL/ADF}) \\ R^2 = 40.1 \%, s_e = 0.42, n = 64$$

SCEHOVIC (1981) stellte mit steigender Höhenlage bei vergleichbarem Vegetationsstadium einen abnehmenden Gehalt an Gerüstsubstanzen fest. Bei VOIGTLÄNDER et al. (1986) wiesen die Pflanzen bei jungem Entwicklungsstadium auf dem hochgelegenen Standort mehr Gerüstsubstanzen auf, bei späterem Schnitzeitpunkt und im 2. bzw. 3. Aufwuchs unterschieden sich die Höhenstufen im Gehalt an Gerüstsubstanzen nicht.

Hinsichtlich der geologischen Ausgangssituation ist festzustellen, daß die Standorte im Kalkgebiet durchwegs signifikant geringere Gehalte an den Gerüstsubstanzen aufwiesen. Dafür können botanische Unterschiede verantwortlich sein. Bezüglich der Exposition stellte sich heraus, daß die nördlich exponierten Standorte gegenüber den Südlagen geringere Gehalte an Gerüstsubstanzen aufwiesen. Im Gehalt an Rohprotein waren keine Unterschiede sichtbar.

In *Abbildung 3* sind die Beziehungen zwischen der Rohfaser und den Van SOEST-Gerüstsubstanzen dargestellt. Zwischen XF und NDF bzw. HEM bestehen nicht sehr enge Beziehungen ($R^2 = 66.9$ bzw. 46.1 %). Ganz lose ist der Zusammenhang zwischen XF und ADL ($R^2 = 5.3$ %). Dagegen bestehen relativ enge Beziehungen zwischen XF und ADF sowie ZEL ($R^2 = 83.4$ % bzw. 84.0 %). Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Verdaulichkeit vor allem vom Grad der Lignifizierung der Zellwände abhängt (VAN SOEST 1994), erklärt sich auch, daß der Futterwert mit den Gerüstsubstanzen relativ besser erklärt werden kann als mit der Rohfaser (*Abbildung 4*).

Daß im 2. Aufwuchs der Gehalt an Rohfaser und den Gerüstsubstanzen mit steigender Höhenlage ebenfalls ansteigt, ist überraschend, da sich der nach dem 1. Schnitt verbleibende Vegetationszeitraum deutlich verringert. Es wäre daher mit steigender Höhenlage ein physiologisch jüngeres Futter mit einem geringe-

Tabelle 8: Ertrag an Trockenmasse und Energie in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Höhenstufe, Geologie und Exposition

FAKTOREN	HÖHENLAGE							GEOLOGIE				EXPOSITION				P-WERTE			
	1100	1300	1500	1700	KALK	KRIST	SÜD	NORD	s _e	HÖHE	GEO	EXP	H*G	H*E	G*E				
Ertrag an Trockenmasse																			
1. Aufwuchs	1773	1813	1286	1320	1663	1433	1674	1422	383	0,000	0,020	0,012	0,001	0,004	0,103				
2. Aufwuchs	1427	1080	691	426	1028	784	1002	810	363	0,000	0,010	0,039	0,384	0,014	0,381				
Gesamt	3199	2893	1977	1746	2691	2217	2676	2232	601	0,000	0,003	0,005	0,005	0,001	0,118				
Ertrag an Energie (ME)																			
1. Aufwuchs	16194	16709	11184	11334	14760	12950	14854	12857	3392	0,000	0,038	0,023	0,000	0,002	0,196				
2. Aufwuchs	11890	10172	6051	3561	8934	6904	8749	7089	3233	0,000	0,015	0,046	0,487	0,011	0,490				
Gesamt	28083	26881	17235	14896	23694	19854	23602	19945	5510	0,000	0,008	0,011	0,004	0,001	0,230				
Ertrag an Energie (NEL)																			
1. Aufwuchs	9454	9753	6456	6521	8548	7544	8610	7482	1974	0,000	0,048	0,027	0,000	0,002	0,229				
2. Aufwuchs	6840	5982	3508	2042	5168	4018	5079	4108	1889	0,000	0,019	0,045	0,525	0,010	0,518				
Gesamt	16294	15735	9964	8563	13716	11562	13689	11589	3232	0,000	0,010	0,012	0,005	0,001	0,266				

ren Gehalt an Gerüstsubstanzen zu erwarten. Anscheinend wirken die klimatischen Faktoren in eine andere Richtung. Damit stimmt auch überein, daß der Anteil des Lignins an ADF und des ADF an NDF trotz kürzerer Vegetationszeit höher ist als im 1. Aufwuchs.

3.2.2 Verdaulichkeit, Energiekonzentration und Verzehrbarkeit

In der Verdaulichkeit der organischen Masse und der Gerüstsubstanzen bestanden zwischen den beiden unteren Höhenstufen (1100 und 1300 m NN) keine wesentlichen Unterschiede (65,6 bzw. 65,3 % dO). Dagegen nahmen die Verdaulichkeit und Energiekonzentration auf 1500 und 1700 m NN signifikant ab (62,1 bzw. 60,8 % dO). Die Energiekonzentration betrug in den vier Höhenstufen dementsprechend 9.15, 9.18, 8.71 bzw. 8.59 MJ ME/kg T. Die geringere Verfügbarkeit an Nährstoffen mit steigender Höhenlage spiegelt sich auch in den Gasbildungswerten des HFT wider. Die Verdaulichkeitswerte entsprechen auch gut den Ergebnissen der Futteraufnahme. So betrug die Verzehrbarkeit in den vier Höhenstufen 24.3, 23.8, 22.6 bzw. 21.3 g/kg Lebendmasse. Wird die Verzehrbarkeit entsprechend dem Vorschlag von MERTENS (1994) als Aufnahme an NDF/kg W ausgedrückt, so ergeben sich keine Unterschiede zwischen den vier Höhenstufen. Damit wird die Theorie von MERTENS (1994) bestätigt, daß die Futteraufnahme bei physikalischer Regulation durch die Aufnahme an Gerüstsubstanzen (NDF) bestimmt wird. Allerdings lag die Futteraufnahme etwas unter dem von MERTENS (1994) angegebenen Niveau von 12,5 g NDF/kg W.

Im Kalkgebiet war die Verdaulichkeit höher als im Kristallin, die Verzehrbarkeit allerdings gleich. Dagegen waren zwischen Süd- und Nordexposition keine Unterschiede in der Verdaulichkeit festzustellen, wogegen in Nordlagen höhere Futteraufnahmen erzielt wurden. Mit der Rohfaser können im vorliegenden Datenmaterial nur 6,3 % der Variation der Verdaulichkeit erklärt werden, mit NDF dagegen 33,3 %. Allerdings bestehen auch zwischen ADF, ADL und ZEL nicht sehr enge Beziehungen zur Verdaulichkeit ($R^2 = 12.5, 10.7$ und 9.5 %). Die relativ höchste Aussagekraft hatte die Hemizellulose ($R^2 = 36.8$), über-

raschenderweise in dem Sinn, daß die dO mit steigender HEM abnahm. Dieser Sachverhalt ist nur damit zu erklären, daß sich mit der Höhenlage die botanische Zusammensetzung ebenfalls änderte.

Wie sich die Verdaulichkeit der einzelnen Fraktionen der Gerüstsubstanzen und der N-freien Extraktstoffe in Abhängigkeit von den Zellwandbestandteilen verhielten, zeigt *Abbildung 5*. Es war nur eine leichte Abnahme der Verdaulichkeit der NDF, ADF, HEM und XF festzustellen, dagegen ging die Verdaulichkeit der ZEL deutlich mit steigendem Gehalt an NDF zurück. Noch stärker betroffen war die Verdaulichkeit der XX, also im wesentlichen von leicht löslichen Kohlenhydraten. Dies zeigt eindeutig, daß die Verfügbarkeit der Zellinhaltsstoffe wesentlich vom Gehalt an Gerüstsubstanzen abhängt.

Wie sich schon bei den Gerüstsubstanzen abzeichnete, lag die Verdaulichkeit und Energiekonzentration des 2. Aufwuchses etwas niedriger als im 1. Aufwuchs. Auch im 2. Aufwuchs gingen diese Werte mit steigender Höhenlage zurück, wobei die niedrigste Höhenstufe, wohl wegen des fortgeschrittenen Vegetationsstadiums, von diesem Trend abwich und die niedrigste Verdaulichkeit aufwies.

Wie unter 1.2 ausführlich beschrieben, sind die Literaturdaten zum Einfluß der Höhenlage auf die Verdaulichkeit nicht eindeutig. Außerdem besteht ein grundlegender Unterschied im Versuchsansatz zu den meisten Publikationen in dem Sinn, daß im Gegensatz zum vorliegenden Versuch gleiche Pflanzen (meist Gräser) auf verschiedenen hohen Standorten geprüft wurden. Dies ist im Sinne einer systematisch angelegten Versuchsanordnung vom wissenschaftlichen Standpunkt her zweifellos der richtige Weg, da so *ceteris paribus*-Bedingungen eingehalten werden. Doch die Fragestellung im vorliegenden Versuch war, wie sich Ertrag und Futterqualität auf Almen verschiedener Höhenlagen verhalten. Im Effekt der Höhenlage sind nicht nur klimatische Faktoren enthalten, die unter sich wiederum in Wechselbeziehung stehen (SPATZ & VOIGTLÄNDER 1969), sondern auch Einflüsse von Seiten des Bodens und der unterschiedlichen Pflanzengesellschaften. Diese wiederum resultieren aus der Summe aller Standortfak-

toren, sodaß tatsächlich von einem Höhenkomplex gesprochen werden kann (KLAPP 1956).

Die systematisch angelegten Versuche von SCEHOVIC (1981) und KLOSKOWSKI (1985) sprechen doch dafür, daß bei gleichen Pflanzen die Verdaulichkeit mit steigender Höhenlage ebenfalls ansteigt. Allerdings fällt in beiden Versuchen auf, daß dies im jungen Vegetationsstadium nicht zutrifft. Die Begründung für die mit der Seehöhe zunehmende Verdaulichkeit kann in klimatologischen Ursachen und Unterschieden gesehen werden. Nach DEINUM (1966) bewirkt eine höhere Temperatur einen höheren Gehalt an Gerüstsubstanzen, während hohe Lichtintensität den Zellulosegehalt senkt. Die höheren Temperaturen in tieferen Lagen bevorzugen also die Synthese von Gerüstsubstanzen, was in der Folge die Verdaulichkeit senkt. Zusätzlich steigt mit der Höhenlage die Lichtintensität, was den Zellulosegehalt verringert. Die mit der Höhe steigenden Niederschläge bzw. höhere Feuchtigkeit wirken allerdings in die Gegenrichtung. Auch VAN SOEST (1996) sieht in der gegensätzlichen Wirkung von Temperatur und Lichtintensität die Ursachen für Unterschiede im Gehalt an Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit. Licht fördert nämlich die Bildung der Kohlenhydrate (Photosynthese), während die Wärme deren Verwertung und Umwandlung in andere Produkte (u.a. Lignin) bewirkt. Die mit steigender Höhenlage abnehmende Verdaulichkeit bei BARBULESCU et al. (1976) und HABOVSTIAK (1977) fügt sich allerdings nicht in dieses Bild. Auch die von CIZEK (1978) aus dem FAO-Projekt „Berggrünland“ ermittelten Verdaulichkeitsdaten von 72.4, 70.9, 65.5 und 73.5 % sind nicht eindeutig. In dieses Projekt flossen allerdings die Proben von 12 Instituten aus 8 Ländern ein. Es geht nicht klar hervor und ist eher unwahrscheinlich, ob jedes Institut die gleiche Probenanzahl zu den 4 Höhenklassen (<400, 400-800, 800-1200, >1200 m NN) beitrug. Daher ist es möglich, daß die Verdaulichkeitswerte von einem „Institutseffekt“ überlagert sind. Aus den Felduntersuchungen im Allgäu von SPATZ (1970) läßt sich kein eindeutiger Einfluß der Höhenlage auf die Energiekonzentration ablesen, sondern es wird vielmehr auf die große Be-

Tabelle 9: Kriterien des Futterwertes in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Höhenstufe, Geologie und Exposition (1. Aufwuchs)

FAKTOREN	HÖHENLAGE							GEOLOGIE				EXPOSITION			P-WERTE		
	1100	1300	1500	1700	KRIST	KALK	SÜD	NORD	s _o	HÖHE	GEO	EXP	H*G	H*E	G*E		
Rohnährstoffe																	
XP	128	133	130	122	126	130	126	130	10	0,031	0,187	0,107	0,029	0,016	0,191		
XL	23	24	23	21	22	24	23	23	3	0,055	0,002	0,394	0,015	0,009	0,144		
XF	260	262	261	254	271	248	268	250	17	0,495	0,000	0,000	0,006	0,000	0,017		
XX	515	513	516	543	521	522	514	529	12	0,000	0,692	0,000	0,903	0,068	0,700		
XA	74	67	69	60	60	76	69	66	7	0,000	0,000	0,217	0,000	0,000	0,015		
Gerüstsubstanzen																	
NDF	481	511	522	515	539	475	518	497	41	0,036	0,000	0,043	0,000	0,000	0,001		
ADF	296	300	304	293	304	292	307	290	16	0,274	0,003	0,000	0,007	0,000	0,344		
ADL	38	39	42	39	40	39	40	39	4	0,011	0,288	0,522	0,166	0,027	0,020		
HEM	185	211	218	221	235	183	211	207	29	0,003	0,000	0,615	0,000	0,000	0,000		
ZEL	259	262	262	254	265	253	268	250	15	0,442	0,005	0,000	0,004	0,000	0,118		
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe																	
dXP	63,7	67,1	64,3	63,5	63,0	66,3	64,4	64,8	4,8	0,146	0,010	0,749	0,059	0,248	0,093		
dXL	24,4	22,7	17,6	15,3	15,3	24,7	22,0	18,0	10,8	0,068	0,001	0,145	0,172	0,003	0,296		
dXF	60,3	60,2	57,0	54,2	58,3	57,5	58,0	57,8	3,5	0,000	0,328	0,793	0,396	0,000	0,849		
dXX	68,8	67,6	64,2	62,5	65,1	66,5	65,6	66,0	4,0	0,000	0,151	0,732	0,001	0,000	0,004		
dOM	65,6	65,3	62,1	60,8	62,7	64,2	63,2	63,7	2,5	0,000	0,017	0,466	0,008	0,000	0,076		

Tabelle 9: Kriterien des Futterwertes in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Höhenstufe, Geologie und Exposition (1. Aufwuchs) - Fortsetzung

FAKTOREN	HÖHENLAGE						GEOLOGIE						EXPOSITION						P-WERTE					
	1100	1300	1500	1700	KRIST	KALK	SÜD	NORD	s _e	HÖHE	GEO	EXP	H*G	H*E	G*E									
Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen																								
dNDF	%	60,0	61,4	57,4	53,9	58,2	58,4	57,9	3,2	0,000	0,993	0,529	0,517	0,000	0,780									
dADF	%	59,8	60,3	55,4	52,8	56,7	58,0	56,2	3,1	0,000	0,291	0,022	0,071	0,000	0,263									
dADL	%	-10,5	-8,6	-10,9	-15,2	-9,3	-8,7	-13,9	9,7	0,271	0,106	0,039	0,018	0,166	0,726									
dHEM	%	60,1	62,7	60,0	55,2	60,0	58,8	60,3	4,5	0,000	0,374	0,192	0,882	0,002	0,563									
dZEL	%	70,0	70,5	66,0	63,0	66,7	67,1	67,7	3,5	0,000	0,095	0,520	0,144	0,000	0,098									
Mineralstoffe																								
Ca	g/kg T	7,8	6,7	6,3	6,1	6,0	7,5	6,4	7,1	1,3	0,002	0,000	0,022	0,001	0,000	0,000								
P	g/kg T	2,7	2,4	2,4	1,6	2,4	2,1	2,1	2,5	0,3	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000								
Mg	g/kg T	2,6	2,7	2,4	2,4	2,4	2,7	2,5	2,6	0,50	0,251	0,184	0,009	0,011	0,001									
K	g/kg T	15,9	16,6	17,3	15,9	14,1	18,7	16,9	15,9	2,5	0,302	0,122	0,000	0,009	0,174									
Na	g/kg T	0,11	0,06	0,06	0,04	0,06	0,07	0,06	0,07	0,03	0,000	0,479	0,000	0,722	0,097									
Mn	mg/kg T	278	523	519	463	599	293	453	439	149	0,000	0,724	0,020	0,002	0,021									
Zn	mg/kg T	60	70	81	53	69	63	65	67	10	0,000	0,583	0,003	0,183	0,000									
Cu	mg/kg T	8,3	8,2	8,2	7,7	7,7	8,5	7,8	8,4	0,8	0,109	0,003	0,006	0,022	0,002									
Energiekonzentration und Futteraufnahme																								
GE	MJ/kg T	18,45	18,69	18,67	18,70	18,79	18,47	18,62	18,64	0,18	0,001	0,000	0,619	0,000	0,100									
ME	MJ/kg T	9,15	9,18	8,71	8,59	8,84	8,98	8,86	8,96	0,34	0,000	0,116	0,266	0,008	0,098									
NEL	MJ/kg T	5,35	5,36	5,03	4,94	5,11	5,22	5,14	5,20	0,24	0,000	0,076	0,266	0,008	0,088									
G _{b,HT}	ml/200 mg T	43,3	41,2	39,7	39,3	40,6	41,1	40,1	41,6	2,3	0,000	0,367	0,012	0,020	0,441									
IT	g/kg W	24,3	23,8	22,6	21,3	23,0	23,0	22,3	23,7	3,7	0,118	0,954	0,149	0,001	0,643									
IT	g/kg W*	69,8	68,9	65,2	60,6	66,2	66,1	64,3	68,0	10,0	0,046	0,957	0,142	0,001	0,580									
INDF	g/kg W	11,6	12,0	11,8	11,0	12,3	10,9	11,5	11,7	2,3	0,658	0,016	0,839	0,737	0,071									

Tabelle 10: Kriterien des Futterwertes in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Höhenstufe, Geologie und Exposition (2. Aufwuchs)

FAKTOREN	HÖHENLAGE						GEOLOGIE			EXPOSITION			P-WERTE		
	1100	1300	1500	1700	KRIST	KALK	SÜD	NORD	s _o	HÖHE	GEO	EXP	H*G	H*E	G*E
Rohnährstoffe															
XP	136	134	134	122	136	127	130	132	13	0,022	0,011	0,482	0,001	0,006	0,022
XL	22	21	21	19	21	21	22	20	3	0,060	0,366	0,020	0,048	0,010	0,005
XF	241	244	246	258	256	239	248	247	20	0,101	0,002	0,885	0,001	0,029	0,000
XX	508	519	513	533	510	526	513	523	17	0,002	0,001	0,030	0,576	0,312	0,186
XA	94	82	86	68	78	87	87	77	14	0,000	0,014	0,009	0,105	0,126	0,013
Gerüstsubstanzen															
NDF	495	528	541	565	551	514	526	538	44	0,001	0,002	0,288	0,002	0,000	0,000
ADF	299	293	293	315	302	298	302	298	20	0,013	0,364	0,419	0,002	0,356	0,001
ALL	53	47	47	53	48	52	53	47	7	0,025	0,015	0,001	0,692	0,092	0,238
HEM	196	235	248	250	248	216	224	241	28	0,000	0,000	0,028	0,004	0,000	0,000
ZEL	246	246	245	263	255	246	249	251	17	0,028	0,050	0,708	0,001	0,063	0,000
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe															
dOM _{HFT}	60,5	67,7	62,9	59,3	62,4	62,8	62,9	62,3	4,1	0,000	0,663	0,594	0,215	0,047	0,107
Mineralstoffe															
Ca	10,9	7,9	6,7	6,6	7,3	8,8	8,2	7,8	1,7	0,000	0,002	0,372	0,000	0,000	0,000
P	3,0	2,5	2,6	1,8	2,8	2,2	2,3	2,7	0,5	0,000	0,000	0,005	0,015	0,001	0,036
Mg	3,5	3,1	2,7	2,8	3,1	3,0	3,0	3,0	0,7	0,010	0,554	0,727	0,101	0,029	0,003
K	13,2	13,0	12,2	11,7	11,4	13,7	12,5	12,6	2,4	0,323	0,001	0,992	0,006	0,096	0,520
Na	0,16	0,07	0,10	0,06	0,09	0,10	0,08	0,11	0,04	0,000	0,109	0,012	0,013	0,007	0,137
Mn	492	824	821	644	884	506	688	703	163	0,000	0,000	0,728	0,102	0,005	0,115
Zn	67	83	91	66	79	74	78	76	16	0,000	0,217	0,670	0,016	0,109	0,001
Cu	8,7	7,9	8,2	7,9	8,1	8,2	7,9	8,4	1,2	0,274	0,666	0,163	0,001	0,000	0,000
Energiekonzentration															
ME _{HFT}	8,28	9,36	8,73	8,30	8,68	8,66	8,67	8,67	0,52	0,000	0,861	0,980	0,208	0,021	0,125
NEI _{HFT}	4,76	5,50	5,06	4,75	5,02	5,02	5,02	5,01	0,37	0,000	0,999	0,933	0,205	0,024	0,116
Gb _{HFT}	33,1	33,0	31,4	29,5	31,7	31,7	31,3	32,1	2,6	0,002	0,985	0,253	0,018	0,000	0,005

Tabelle 11: Kriterien des Futterwertes in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Höhenstufe, Geologie und Exposition (nach Ertrag gewichtete Mittelwerte aus 1. und 2. Aufwuchs)

FAKTOREN	HÖHENLAGE							GEOLOGIE					EXPOSITION			P-WERTE			
	1100	1300	1500	1700	KRIST	KALK	SÜD	NORD	s ₀	HÖHE	GEO	EXP	H*G	H*E	G*E				
Rohnährstoffe																			
XP	132	134	133	122	130	130	128	132	10	0,090	0,897	0,161	0,005	0,003	0,025				
XL	23	23	23	21	21	24	23	22	3	0,112	0,006	0,717	0,016	0,029	0,037				
XF	251	255	255	254	264	244	260	248	16	0,878	0,000	0,009	0,001	0,000	0,000				
XX	511	515	514	541	518	523	514	527	11	0,000	0,048	0,000	0,613	0,146	0,318				
XA	82	72	75	62	66	80	76	70	8	0,000	0,000	0,018	0,004	0,006	0,004				
Gerüstsubstanzen																			
NDF	486	516	527	524	541	486	517	510	40	0,024	0,000	0,460	0,000	0,000	0,000				
ADF	297	297	299	297	302	293	304	291	15	0,968	0,017	0,003	0,002	0,001	0,012				
ADL	44	41	44	42	42	43	44	42	4	0,193	0,693	0,062	0,661	0,022	0,045				
HEM	190	219	228	227	239	193	214	218	27	0,001	0,000	0,495	0,000	0,000	0,000				
ZEL	253	256	256	256	260	250	260	250	14	0,918	0,007	0,006	0,001	0,001	0,001				
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe																			
dOM	63,4	66,1	62,5	60,6	62,5	63,8	63,2	63,1	2,6	0,000	0,065	0,981	0,042	0,000	0,045				
Mineralstoffe																			
Ca	9,2	7,2	6,5	6,2	6,5	8,0	7,1	7,4	1,3	0,000	0,000	0,322	0,000	0,000	0,000				
P	2,9	2,4	2,5	1,6	2,5	2,2	2,2	2,6	0,4	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001				
Mg	3,0	2,9	2,5	2,6	2,7	2,8	2,7	2,8	0,5	0,037	0,478	0,449	0,035	0,014	0,001				
K	14,8	15,3	15,7	15,0	13,1	17,3	15,6	14,9	2,3	0,716	0,000	0,207	0,000	0,035	0,144				
Na	0,12	0,06	0,07	0,04	0,07	0,08	0,07	0,08	0,02	0,000	0,011	0,014	0,000	0,044	0,052				
Mn	373	633	623	508	707	361	538	530	139	0,000	0,000	0,821	0,027	0,001	0,024				
Zn	63	74	85	56	72	67	69	70	10	0,000	0,040	0,808	0,001	0,029	0,000				
Cu	8,5	8,1	8,3	7,8	7,9	8,5	7,9	8,5	0,8	0,108	0,010	0,009	0,001	0,000	0,000				
Energiekonzentration																			
ME	8,77	9,24	8,74	8,55	8,78	8,87	8,80	8,85	0,34	0,000	0,279	0,565	0,050	0,000	0,055				
NEL	5,09	5,40	5,06	4,91	5,08	5,16	5,10	5,13	0,24	0,000	0,198	0,612	0,050	0,000	0,050				
G _{b,HT}	39,0	38,3	37,0	37,4	37,5	38,3	37,4	38,4	2,3	0,085	0,203	0,086	0,013	0,000	0,087				

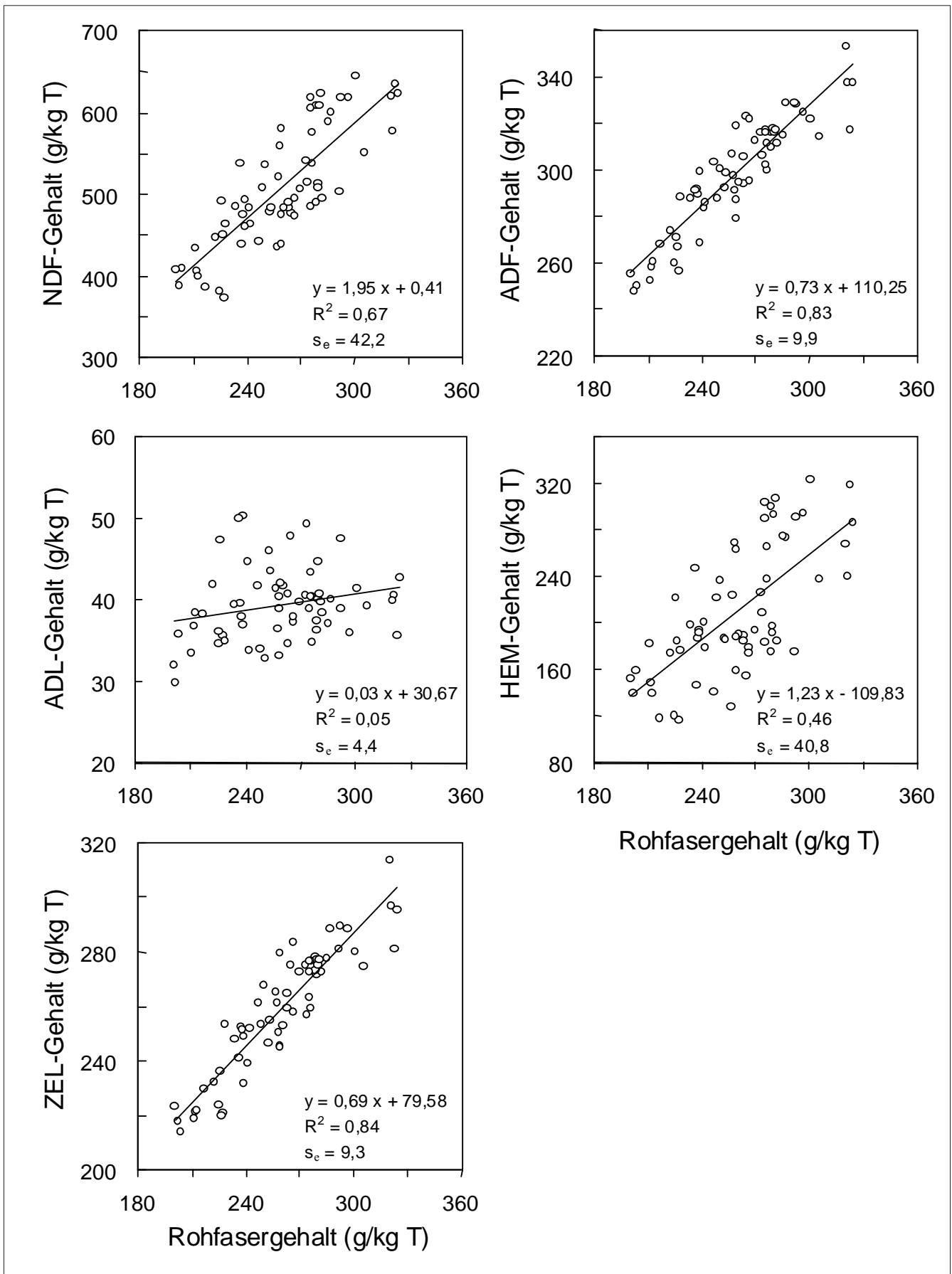


Abbildung 3: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohfaser und den Gerüstsubstanzen im 1. Aufwuchs

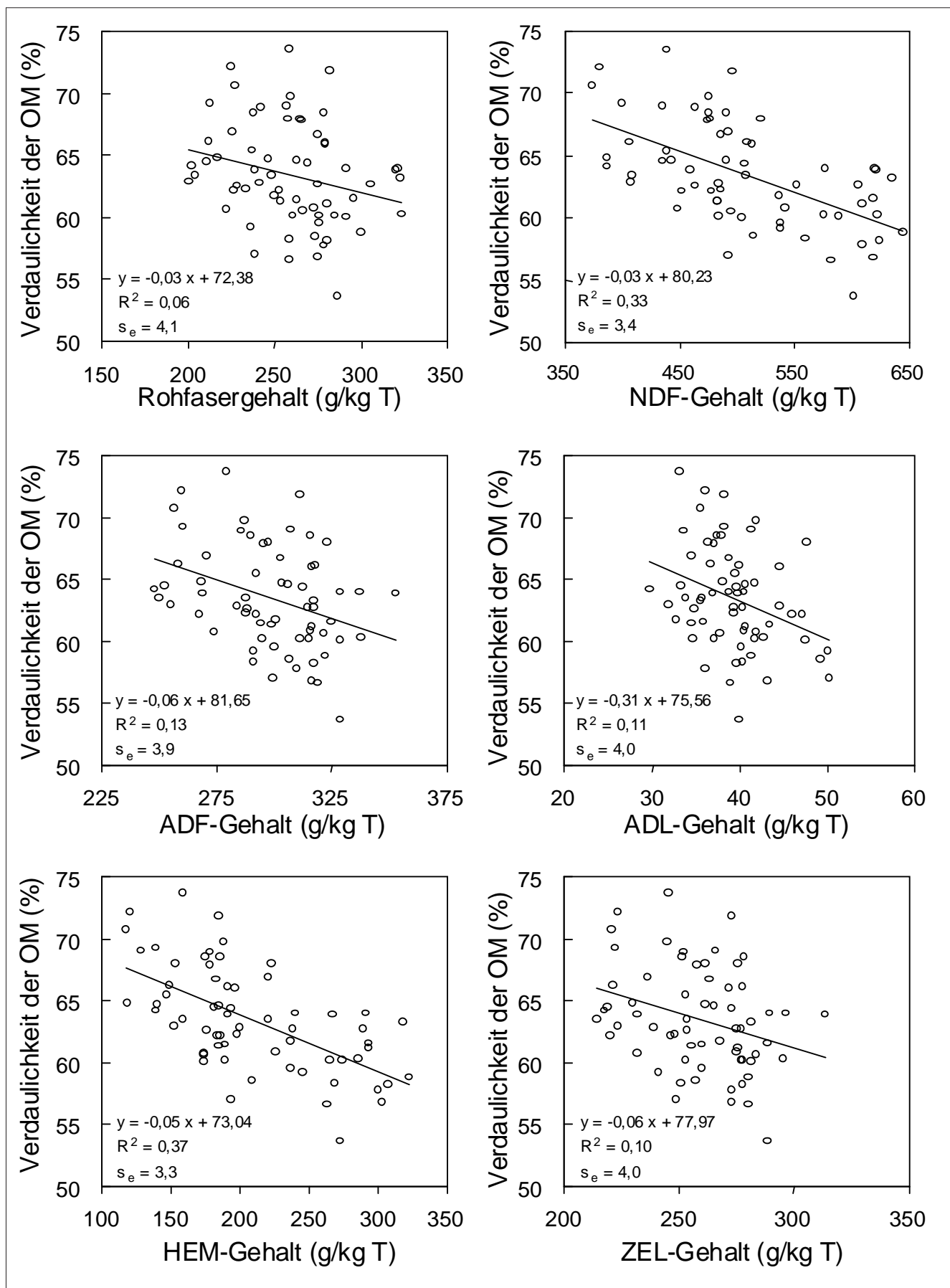


Abbildung 4: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohfaser bzw. Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit

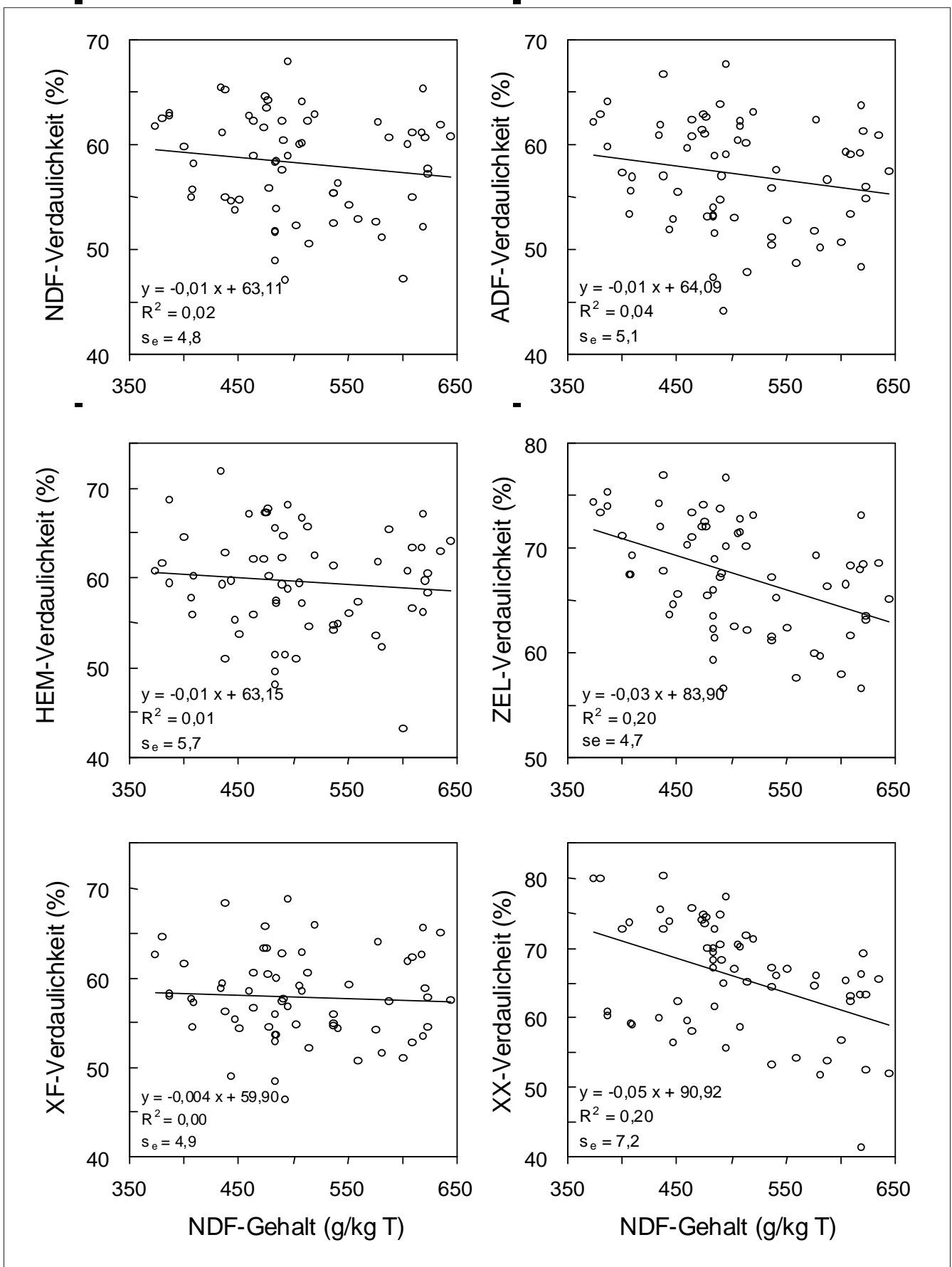


Abbildung 5: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Gerüstsubstanzen (NDF) und deren Verdaulichkeit sowie der Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe

deutung der Pflanzengesellschaften für die Futterqualität hingewiesen.

3.2.3 Mengen- und Spurenelemente

Mit steigender Höhenlage nahm der Gehalt an allen Mineralstoffen ab. Während die Gehalte an Calcium (7,8 bis 6,1 g/kg T) für Aufzuchtrinder, Milchkühe und Schafe als bedarfsdeckend zu bezeichnen sind (DLG 1997), wurden besonders in der höchsten Höhenstufe sehr niedrige Phosphorwerte (2,7, 2,4, 2,4, 1,6 g/kg T) festgestellt. Diese reichen nur für niedrige Milchleistungen bzw. Zunahmen bei Aufzuchtrindern und Schafen. Dagegen fallen die sehr hohen Gehalte an Spurenelementen (besonders Mn und Zn) auf, die deutlich über den Werten von üblichem Wiesenfutter in Österreich liegen (GRUBER et al. 1994). Auch der Effekt Geologie übte großteils signifikante Einflüsse auf den Mineralstoffgehalt aus. Allerdings ist eine bestimmte Gesetzmäßigkeit nur schwer abzulesen, da bei einigen Mineralstoffen im Kristallin höhere Werte anzutreffen waren und bei anderen im Kalkgebiet. So kommen als Erklärung eventuell botanische Unterschiede und auch Unterschiede im pH-Wert des Bodens in Betracht. Bezüglich Exposition wiesen die Standorte in Nordlage überwiegend höhere Mineralstoffgehalte auf. Die Mineralstoffgehalte waren im 2. Aufwuchs auf höherem Niveau, wobei auch hier die Konzentration mit steigender Höhenlage abnahm. Zwischen Nord- und Südexposition traten nur unwesentliche Unterschiede auf. Bezüglich geologischer Ausgangssituation wurden nur bei Calcium und Kalium höhere Werte im Kalkgebiet festgestellt, während die Gehalte an Phosphor und Mangan im Kristallin höher lagen.

3.3 Veränderungen des Futterwertes während der Vegetation

Das Zeitschema der Proben, mit denen die Veränderung des Futterwertes im 1.

Aufwuchs während der Vegetation bestimmt wurde, ist in *Tabelle 12* angeführt. Im Durchschnitt der 4 Jahre wurden die Vorproben 14 ± 5 vor und die Nachproben 17 ± 6 Tage nach der Hauptprobe gezogen. Aus Witterungs- und Kostengründen ergab sich allerdings eine ziemlich große Streubreite des Untersuchungszeitraumes der Vor- und Nachproben.

In *Tabelle 13* sind die Regressionskoeffizienten angeführt, welche die Veränderung des Gehaltes an Inhaltsstoffen in Abhängigkeit von den Tagen des 1. Aufwuchses beschreiben. „Pooled Regression“ bedeutet die Regression über das gesamte Datenmaterial. Der dazugehörige P-Wert gibt die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Beurteilung an, ob sich der Regressionskoeffizient von Null unterscheidet. Die weiteren Regressionskoeffizienten beschreiben die Veränderungen der Nährstoffgehalte innerhalb der Haupteffekte (z. B. der 4 Höhenstufen). Mit dem entsprechenden P-Wert kann beurteilt werden, ob sich diese „individuellen“ Regressionskoeffizienten von einander unterscheiden.

Bis auf ganz wenige Ausnahmen (XX, HEM, Ca, Mg) unterliegen alle untersuchten Inhaltsstoffe des Almfutters signifikanten Veränderungen während der Vegetation. So sinkt im Durchschnitt aller Standorte der Gehalt an Rohprotein um 0,8 g pro Tag. Erwartungsgemäß steigen die Parameter der Gerüstsubstanzen während der Vegetation signifikant an (NDF um 1,4 g, ADF um 0,9 g, XF um 0,8 g pro Tag etc.). Als Konsequenz verringern sich die Verdaulichkeit um 0,13 Prozentpunkte und die Energiekonzentration um 0,02 MJ ME pro Tag. Von den Mineralstoffen stiegen die Gehalte an Ca, Mg und Mn im Laufe der Vegetation an, während die Gehalte an P, K, Na, Zn und Cu abnahmen. Die starke Abnahme des Gehaltes an Rohprotein und Zunahme des Gehaltes an Rohfaser hat CAPUTA (1966) in einem länderübergreifenden

FAO-Forschungsprojekt ebenfalls bei Bergweiden festgestellt, was vor allem für den 1. Aufwuchs zutrifft. Die starken Veränderungen an Inhaltsstoffen (XP, Kohlenhydrate) und der geschätzten Futtermaterialeinnahme hat auch SCEHOVIC (1981) beschrieben.

Die individuellen Regressionskoeffizienten innerhalb der Effekte Höhenlage, Geologie und Exposition waren nur in den seltensten Fällen signifikant unterschiedlich. Obwohl sich der Anstieg der Gerüstsubstanzen zwischen den 4 Höhenlagen nicht signifikant unterschied, war der Verlauf der Verdaulichkeit und Energiekonzentration sehr wohl unterschiedlich (*Abbildung 6*). Der Rückgang dieser Parameter war in der ersten Höhenstufe am stärksten (0,038 MJ ME) ausgeprägt und in der zweiten am geringsten (0,011 MJ ME). Von der zweiten bis zur vierten Höhenstufe nahm der Rückgang der Energiekonzentration zu (0,013 bzw. 0,019 MJ ME pro Tag in den Höhenstufen 1500 und 1700 m NN). Abgesehen von der untersten Höhenstufe mit den besten Wachstumsbedingungen und damit raschesten Alterungsprozeß der Pflanzen kann als mögliche Erklärung für den mit steigender Höhenlage zunehmenden Verdaulichkeitsrückgang pro Zeiteinheit angeführt werden, daß die Pflanzen für ihre Entwicklung auf Grund klimatischer Bedingungen nur weniger Zeit zur Verfügung haben und sich daher rascher entwickeln müssen. Auch CAPUTA & SCHECHTNER (1970) stellten in einem europaweit durchgeführten FAO-Forschungsprojekt über den Wachstumsrhythmus von Bergweiden fest, daß das Wachstum mit steigender Höhenlage rascher verläuft und eine kürzere Zeitspanne vom Vegetationsbeginn bis zum Erreichen des Weidestadiums vergeht. Als Grund geben diese Autoren an, daß in den hohen Lagen der starke Wechsel von Wärme- und Kältewellen nicht so auftritt wie in tiefen Lagen, wodurch es zu einer „explosiven Entwicklung sofort nach Vegetationsbeginn“ kommt. In *Abbildung 7* sind die Veränderungen wesentlicher Kriterien des Futterwertes (Rohprotein, Gerüstsubstanzen, Energie, Phosphor) während der Vegetation getrennt nach den 4 Höhenstufen dargestellt. Um auch einen Eindruck über die Unterschiede im Vegetationsverlauf der Verdaulichkeit innerhalb der übrigen Versuchsfaktoren zu

Tabelle 12: Zeitschema der Proben zur Bestimmung des Vegetationsverlaufes (in Tagen)

	Vorprobe	Hauptprobe	Nachprobe	Gesamt
Anzahl	58	59	64	181
Mittelwert	-13,6	0,0	16,9	1,6
Standardabw.	5,4	0,0	5,8	13,4
Minimum	-22	0,0	7	-22
Maximum	-2	0,0	32	32

Tabelle 13: Regressionskoeffizienten zur Beschreibung der Entwicklung des Nährstoffgehaltes während der Vegetation (1. Aufwuchs)

PARAMETER	HÖHENLAGE										GEOLOGIE			EXPOSITION			P-WERTE		
	POOLED	1100	1300	1500	1700	KRIST	KALK	SÜD	NORD	POOLED	HÖHE	GEO	EXP						
XP g/kg T	-0,82	-1,05	-0,89	-0,62	-0,73	-0,76	-0,88	-0,92	-0,72	0,000	0,288	0,458	0,223						
XL g/kg T	-0,06	-0,04	-0,07	-0,08	-0,04	-0,05	-0,07	-0,03	-0,09	0,002	0,868	0,589	0,102						
XF g/kg T	0,83	1,11	0,67	0,78	0,79	0,77	0,90	0,91	0,76	0,000	0,732	0,615	0,581						
XX g/kg T	0,19	0,23	0,47	0,00	0,07	0,21	0,17	0,24	0,14	0,086	0,404	0,874	0,674						
XA g/kg T	-0,15	-0,25	-0,18	-0,09	-0,08	-0,17	-0,13	-0,20	-0,10	0,031	0,829	0,799	0,429						
NDF g/kg T	1,43	2,00	1,24	1,31	1,15	1,39	1,46	1,44	1,41	0,000	0,847	0,921	0,969						
ADF g/kg T	0,94	1,16	0,88	1,04	0,69	0,90	0,99	1,13	0,75	0,000	0,634	0,730	0,142						
ADL g/kg T	0,31	0,22	0,34	0,37	0,29	0,30	0,31	0,34	0,27	0,000	0,830	0,891	0,511						
HEM g/kg T	0,49	0,85	0,36	0,27	0,46	0,50	0,47	0,31	0,66	0,077	0,901	0,969	0,513						
ZEL g/kg T	0,63	0,93	0,53	0,68	0,40	0,60	0,67	0,79	0,48	0,000	0,557	0,773	0,231						
dO %	-0,127	-0,251	-0,053	-0,086	-0,118	-0,147	-0,107	-0,146	-0,109	0,000	0,002	0,257	0,307						
ME MJ/kg T	-0,0201	-0,0377	-0,0106	-0,0129	-0,0193	-0,0225	-0,0177	-0,0227	-0,0175	0,000	0,001	0,309	0,264						
NEL MJ/kg T	-0,0137	-0,0260	-0,0070	-0,0088	-0,0130	-0,0154	-0,0120	-0,0155	-0,0119	0,000	0,001	0,300	0,271						
Ca g/kg T	0,019	0,002	0,030	0,025	0,018	0,013	0,024	0,020	0,018	0,128	0,881	0,665	0,942						
P g/kg T	-0,016	-0,009	-0,020	-0,019	-0,017	-0,019	-0,014	-0,014	-0,018	0,053	0,967	0,772	0,807						
Mg g/kg T	0,004	0,004	0,005	0,006	0,002	0,004	0,005	0,001	0,007	0,226	0,971	0,844	0,353						
K g/kg T	-0,065	-0,083	-0,055	-0,051	-0,073	-0,073	-0,058	-0,061	-0,070	0,001	0,921	0,691	0,807						
Na mg/kg T	-0,0005	-0,0017	-0,0006	0,0009	-0,0003	-0,0002	-0,0007	-0,0007	-0,0002	0,218	0,126	0,501	0,525						
Mn mg/kg T	2,29	2,74	2,22	0,73	3,48	3,30	1,28	1,90	2,68	0,016	0,769	0,283	0,682						
Zn mg/kg T	-0,41	-0,79	-0,78	-0,01	-0,07	-0,62	-0,21	-0,58	-0,25	0,001	0,037	0,102	0,197						
Cu mg/kg T	-0,038	-0,073	-0,048	-0,003	-0,029	-0,038	-0,039	-0,044	-0,032	0,000	0,030	0,970	0,465						

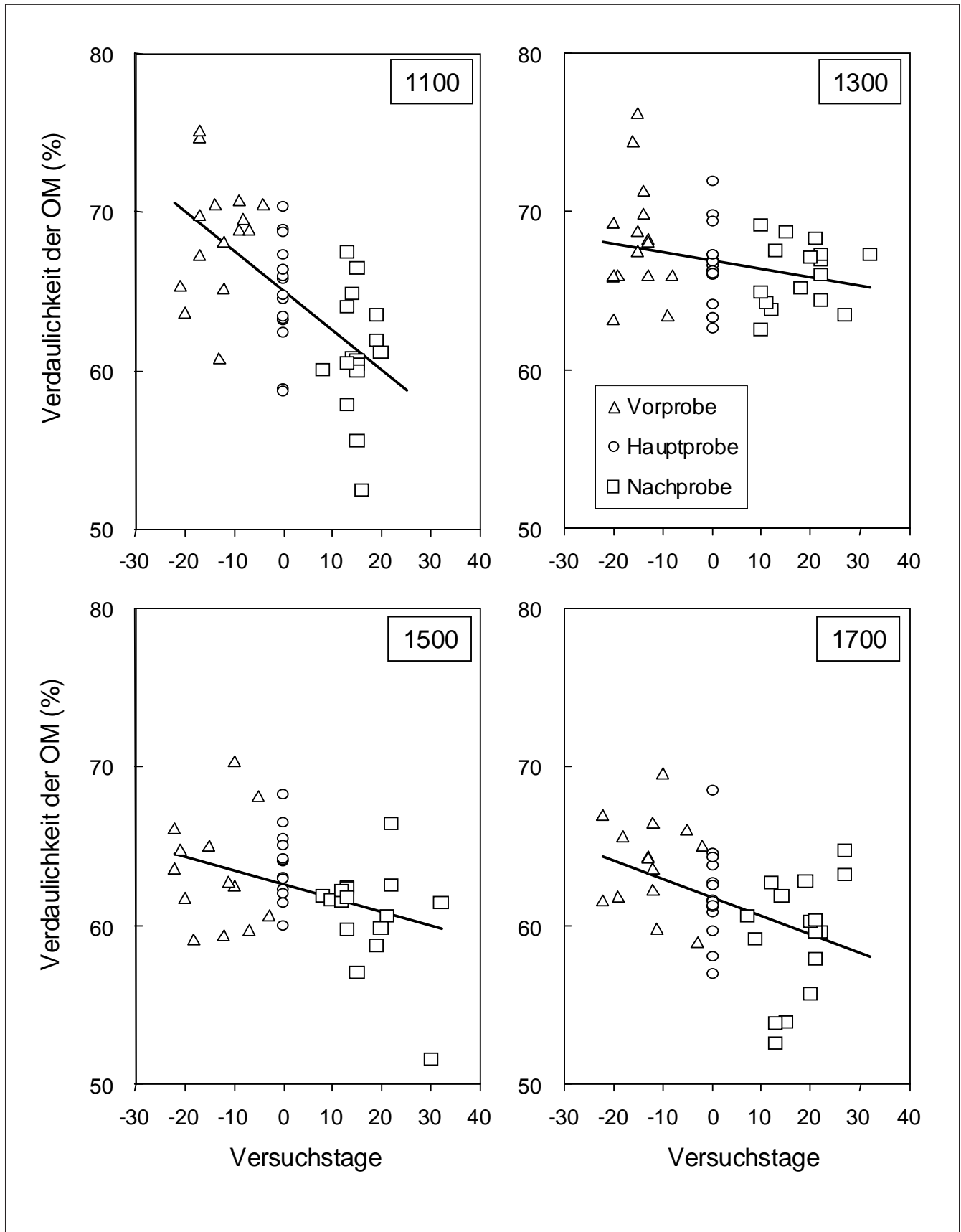


Abbildung 6: Entwicklung der Verdaulichkeit (dO %) in den 4 Höhenlagen während der Vegetation (1. Aufwuchs)

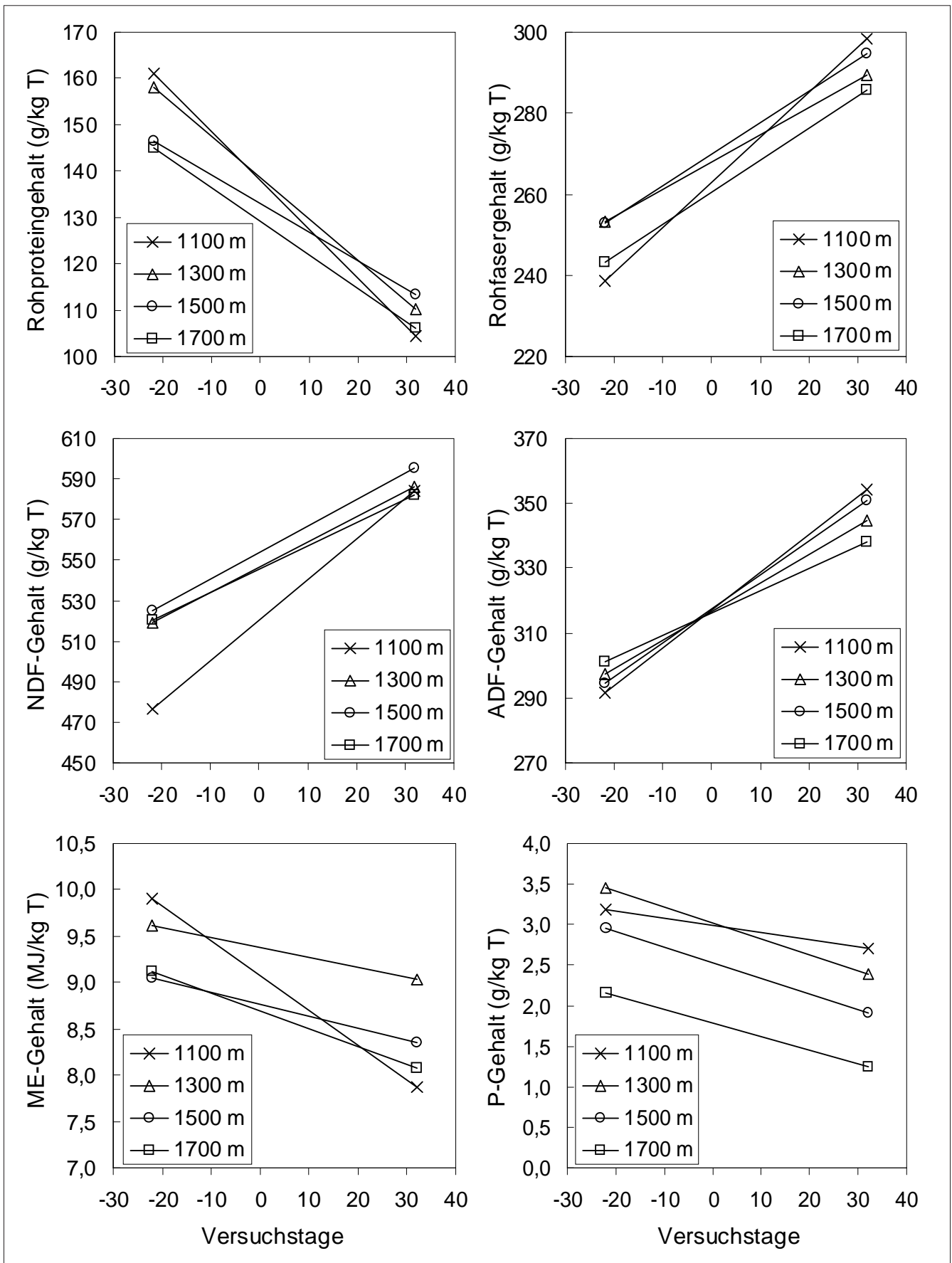


Abbildung 7: Entwicklung einiger Futterwertkriterien in den 4 Höhenlagen während der Vegetation (1. Aufwuchs)

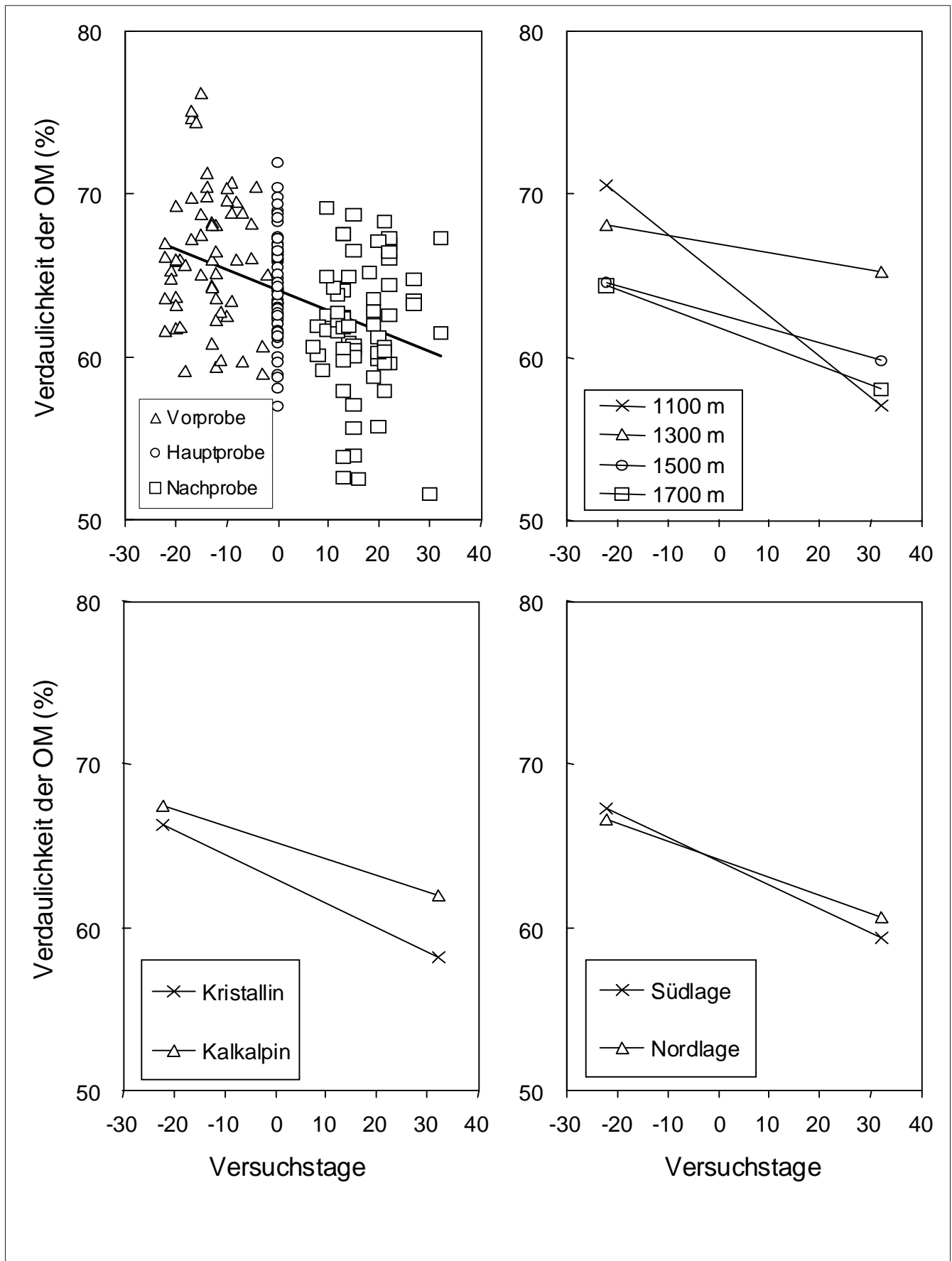


Abbildung 8: Entwicklung der Verdaulichkeit (dO %) während der Vegetation in den Stufen der Versuchsfaktoren Höhenlage, Geologie und Exposition (1. Aufwuchs)

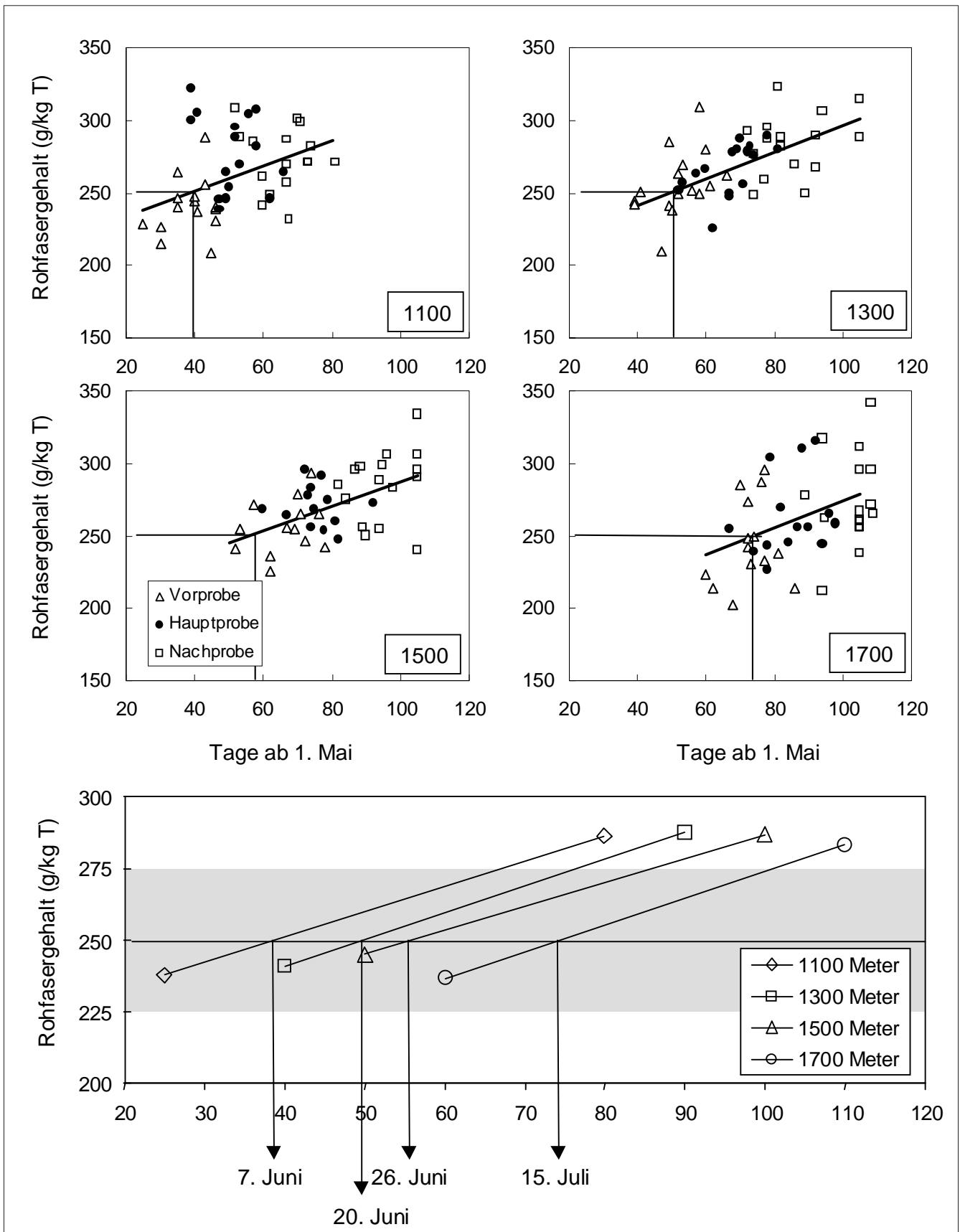


Abbildung 9: Entwicklung des Rohfasergehaltes während der Vegetation in den 4 Höhenlagen (betrachtet vom Datum 1. Mai)

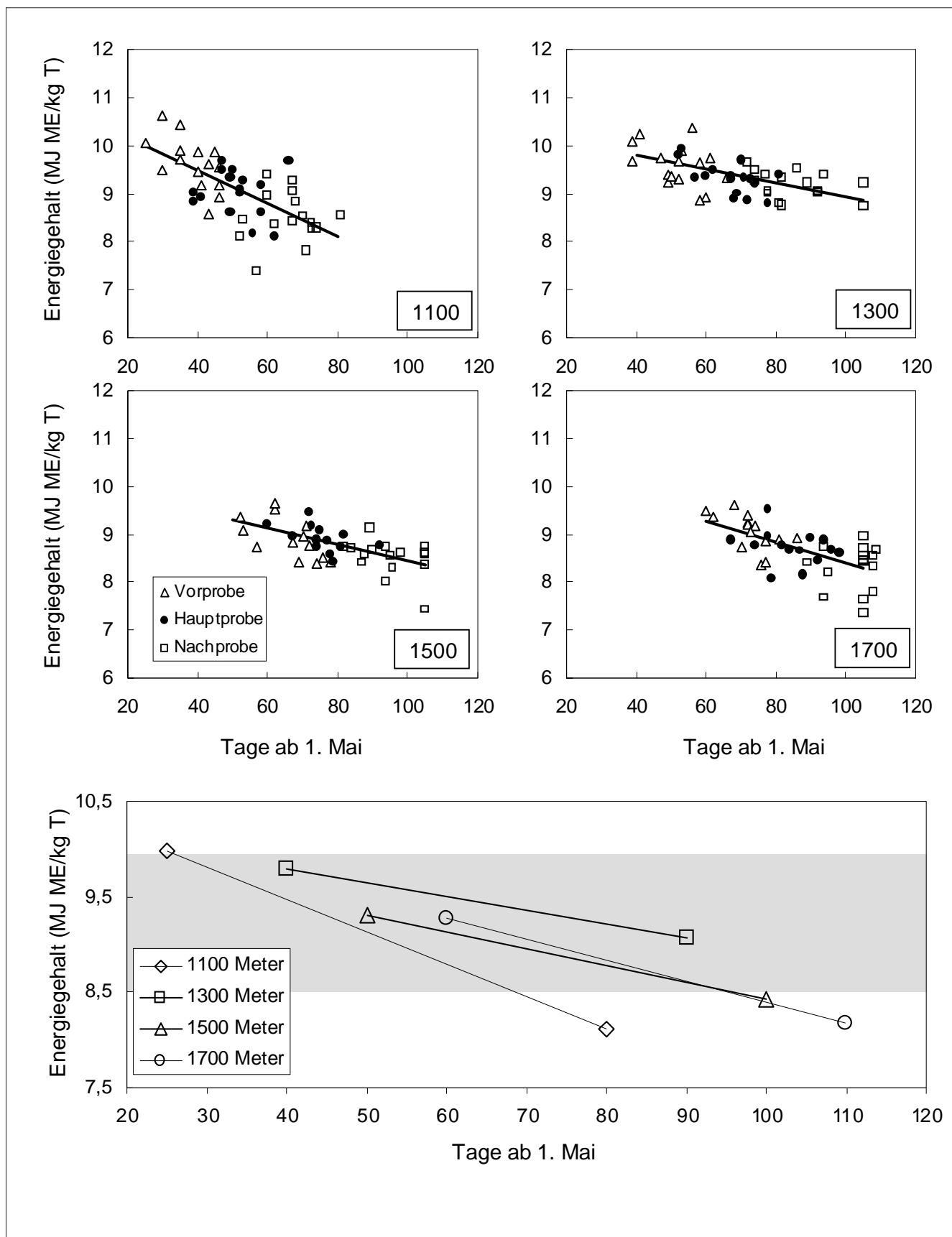


Abbildung 10: Entwicklung des Rohfasergehaltes während der Vegetation in den 4 Höhenlagen (betrachtet vom Datum 1. Mai)

vermitteln, ist die dO in *Abbildung 8* neben dem gepoolten Datenmaterial auch innerhalb Höhenstufe, Geologie und Exposition graphisch dargestellt.

In den *Abbildungen 9* und *10* ist die Entwicklung des Rohfasergehaltes und der Energiekonzentration während der Vegetation - gerechnet vom 1. Mai aus - dargestellt. Die Regressionskoeffizienten sind den in *Tabelle 13* angeführten relativ ähnlich. Die Darstellung bringt die bekannte Tatsache zum Ausdruck, daß die Entwicklung der Bestände umso später einsetzt, je höher die Almen liegen. Dies sollte genutzt werden, - wie es in der Praxis auch geschieht - um die Almflächen während des Sommers in einem optimalen Vegetationsstadium zu nützen. Im Durchschnitt aller Versuchsjahre, beider Expositionen und Ausgangsgesteine wurde ein Rohfasergehalt von 25 % auf den 4 Höhenlagen am 7. Juni, 20. Juni, 26. Juni bzw. 15. Juli erreicht. In diesem Zeitrahmen sind die Almen dieses Untersuchungsgebietes von der Futterqualität und vom Ertrag her optimal zu nutzen. Natürlich sind zwischen Süd- und Nordlagen deutliche Unterschiede und ein insgesamt kürzerer Zeitraum zu erwarten.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen hinsichtlich des Ertrages und Futterwertes zum Teil eindeutige Trends. Dennoch sollte nicht übersehen werden, daß die Erhebungen - obwohl systematisch an-

gelegt - in einem engumgrenzten Gebiet stattfanden und den Charakter eines Fallbeispiels haben. Auf Grund großer regionaler Unterschiede auf den verschiedenen Almen (Geomorphologie, Boden, Pflanzengesellschaften, Mikroklima etc.) ist eine Verallgemeinerung dieser Ergebnisse daher nur begrenzt möglich.

Zusammenfassung

In den Jahren 1993 bis 1996 wurde auf 16 Standorten in der Obersteiermark Ertrag und Qualität von Almfutter in Abhängigkeit von den Standortfaktoren Höhenlage (1100, 1300, 1500, 1700 m NN), Ausgangsgestein (Kristallin, Kalkalpin) und Exposition (Süden, Norden) geprüft (Höhenprofil Johnsbach). Der 1. Aufwuchs aller Versuchsvarianten wurde bei gleichem Vegetationsstadium geerntet, der Ertrag festgestellt und als Warmlufttheu an Hammel zur Bestimmung der Verzehrbareit sowie Verdaulichkeit verfüttert. Vom 2. Aufwuchs, dessen Wachstumszeitraum mit steigender Höhenlage aus klimatischen Gründen naturgemäß abnahm, wurde ebenfalls der Ertrag festgestellt und die Futterqualität *in vitro* bestimmt. Mit steigender Höhenlage ging - in Übereinstimmung mit Literaturdaten - der Ertrag an Trockenmasse deutlich zurück (1773, 1813, 1286, 1320 kg T pro ha im 1. Aufwuchs und 1427, 1080, 691, 426 kg T pro ha im 2. Aufwuchs). Auch das

Ausgangsgestein (2691 bzw. 2217 kg T in Kristallin bzw. Kalkalpin) und die Exposition (2676 bzw. 2232 kg T in Süd bzw. Nord) übten einen signifikanten Einfluß auf den Ertrag aus.

Abweichend von mehreren Literaturangaben ging auch die Futterqualität mit steigender Höhenlage signifikant zurück (65.6, 65.3, 62.1, 60.8 % Verdaulichkeit der OM, 1. Aufwuchs). Klimatologische Gründe sprechen dafür, daß bei höheren Temperaturen (d.h. tieferen Höhenlagen) verstärkt Gerüstsubstanzen gebildet werden, was geringere Verdaulichkeiten nach sich zieht. Beim vorliegenden Versuch wurde jedoch nicht der Faktor Höhenstufe isoliert betrachtet, sondern der ganze „Höhenkomplex“ einbezogen. Im Effekt der Höhenlage sind demnach nicht nur klimatische Faktoren enthalten, sondern auch Einflüsse von Seiten des Bodens und der unterschiedlichen Pflanzengesellschaften. Diese resultieren aus der Summe aller Standortfaktoren und führen zu einem bestimmten Ertrag und Futterqualität auf einer bestimmten Höhenlage. Die abnehmende Futterqualität spiegelt sich auch in der geringeren Verzehrbareit wider (24.3, 23.8, 22.6, und 21.3 g Trockenmasse pro kg Lebendmasse in den 4 Höhenstufen). Auch im Ausmaß der Veränderung der Futterqualität während der Vegetation bestehen Unterschiede zwischen den Höhenlagen.

Auf Grund großer regionaler Unterschiede auf den verschiedenen Almen (Geomorphologie, Boden, Pflanzengesellschaften, Mikroklima etc.) ist eine Verallgemeinerung dieser Ergebnisse nur begrenzt möglich.

Summary

From 1993 to 1996 the yield and feeding value of Alpine pastures depending on altitude (1100, 1300, 1500, 1700 m above sea level), geological matrix (silicate and limestone formation), and exposition (south, north) was investigated in Northern Styria on 16 locations (experiments in Johnsbach). The first growth of all variants was harvested at the same stage of vegetation, its yield was recorded and conserved as barn-dried hay. The ingestibility and digestibility was measured using wethersheep. The yield was also recorded of the 2nd growth, its feeding value, however, was determined by

Abkürzungen

XP, XL, XF, XX, XA, OM:

Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, N-freie Extraktstoffe, Rohasche, organische Masse (g/kg T)

NDF, ADF, ADL, HEM, ZEL:

Neutrale Detergentienfaser, saure Detergentienfaser, saures Detergentienlignin, Hemizellulose, Zellulose (g/kg T)

dXP, dXL,.....dHEM, dZEL:

Verdaulichkeit des XP, XL,.....HEM, ZEL (%)

ME, NEL:

Umsetzbare Energie, Nettoenergie Laktation (MJ/kg T)

G_{HFT}:

Gasbildung aus dem Hohenheimer Futterwerttest (ml/200mg T)

Ca, P, Mg, K, Na, Mn, Zn, Cu:

Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Natrium, Mangan, Zink, Kupfer (mg/kgT)

IT, INDF:

Aufnahme an T, NDF (g/kg W bzw. g/kg W*)

T:

Trockenmasse (kg)

W, W*:

Lebendmasse, Lebendmasse^{0.75} (kg)

in vitro methods. The vegetation period of this regrowth decreased with increasing altitude due to climatical reasons. In accordance with literature data, DM yield decreased significantly with increasing altitude (1773, 1813, 1286, 1320 kg DM per ha in 1st growth and 1427, 1080, 691, 426 kg DM per ha in 2nd growth). The geological matrix (2691 and 2217 kg DM in silicate and limestone formation, resp.) and the exposition (2676 and 2232 kg DM in south and north exposition, resp.) had also a significant impact on the DM yield.

Differing from several literature data, the feeding value also decreased significantly with increasing altitude (65.6, 65.3, 62.1, 60.8 % digestibility of OM, 1st growth). Due to climatological reasons, at higher temperatures (i.e. lower altitudes) the synthesis of cell wall substances is pronounced, which leads to lower digestibility. In the present experiment, however the factor altitude was not examined in an isolated way, on the contrary the total „altitude complex“ was considered. Accordingly, in the effect of altitude not only climatic factors are included, but also influences of soil and the plant communities which are changing with altitude. These plant communities are the result of all site factors and lead to a certain yield and feed quality at a certain altitude. The decreasing feed quality is also reflected in the lower ingestibility (24.3, 23.8, 22.6 and 21.3 g DM per kg live-weight in the respective altitude levels). There were differences between the several altitudes also regarding the extent, to which the feed quality changes during vegetation.

Due to great regional differences in several mountain pastures (geomorphology, soil, plant communities, microclimate etc.) the present results should be generalized only in a limited way.

5. Literatur

ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten) (1983): Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.

BARBULESCU, C., P. BURCEA, G. MOTCA, A. STEFANESCU, T. MARUSCA und V. SERBAN (1976): Das Verhalten einiger Gräserarten in verschiedenen Höhenlagen. *Lucrari Stiintifice ale Statiunii Centrale de Cercetari Pentru Cultura Pajistilor* 2, 17-36.

BIANCA, W. (1977): Physiologische Einwirkungen der Alpeng auf das Rind. *Schweiz. Landw.*

Monatshefte 55, 347-361.

BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1997): 38. Grüner Bericht. Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1996. 339 S.

CAPUTA, J. (1966): Contribution à l'étude de la croissance du gazon des pâturages naturels à différentes altitudes. *Schweiz. Landw. Forsch.* 5, 393-426.

CAPUTA, J. und G. SCHECHTNER (1970): Wachstumsrhythmus und Stickstoffwirkung auf natürlichen Beständen der Bergweiden. *Das wirtschaftl. Futter* 16, 165-182.

CHRISTEN, R.E., P.L. KUNZ, W. LANGHANS, H. LEUENBERGER, F. SUTTER und M. KREUZER (1996): Productivity, requirements and efficiency of feed and nitrogen utilization of grass-fed early lactating cows exposed to high Alpine conditions. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 76, 22-35.

CIZEK, J. (1978): Influence of elevation on dry matter digestibility of three perennial grasses. *Proc. 7th Gen. Meeting Europ. Grassl. Fed.*, 3.35-3.42.

DEINUM, B. (1966): Climate, nitrogen and grass. Research into the influence of light intensity, temperature, water supply and nitrogen on the production and chemical composition of grass. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, NL*, 91 S.

DLG: (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (1997): DLG Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. Aufl., DLG-Verlag Frankfurt/Main, 212 S.

DOMES, N. (1936): Die klimatisch bedingte Abnahme des Ertrages von Wald und Weide im Gebirge. Verlag Carl Gerold's Sohn, Wien und Leipzig, 256 S.

ECEMIS, M. (1957): Untersuchungen über die Fruchtbarkeitsverhältnisse beim schweizerischen Braunvieh in Berg- und Talgenossenschaften. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie* 69, 351-380.

EISENHUT, M. und G. EDER (1998): Bodenkundliche Charakterisierung der Standorte des Höhenprofils Johnsbach. Bericht BAL Gumpenstein, 24.-25. März 1998.

ENGELER, W. und H. HERZOG (1965): Der Leistungsverlauf bei Milchkuhen in Tal- und Berghaltung. *Züchtungskde.* 37, 17-22.

ESSL, A. (1966): Untersuchungen über den Einfluß der Alpeng auf die Milchleistung der Rinder im Pinzgauer Zuchtgebiet. Dissertation Universität für Bodenkultur Wien 1966, 62 S.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) - Ausschuß für Bedarfsnormen (1991): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 229-234.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) - Ausschuß für Bedarfsnormen (1998): Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 7, im Druck.

GRUBER, L., G. WIEDNER, A. VOGEL und Th. GUGGENBERGER (1994): Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittelabors

Rosenau der Nö. Landes-Landwirtschaftskammer. *Die Bodenkultur* 45, 57-73.

HABOVSTIAK, J. (1977): Proc. 13th International Grassland Congress, Leipzig, 18-27 May 1977, 547-549.

HAGGER, Ch. (1979): Der Einfluß der Alpeng auf die Milchleistung von Braunviehkuhen. *Schweiz. Landw. Monatshefte* 57, 363-370.

HARVEY, W.R. (1987): User's Guide for LSMLMW PC-1 Version, Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program, Ohio State University, USA, 59 S.

KLAPP, E. (1956): Wiesen und Weiden. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

KLOSKOWSKI, J. (1985): Verdaulichkeit (*in vivo*, *in vitro*) von frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus *Festuca pratensis* und *Trifolium pratense* in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über Meer). Dissertation TU München, Freising-Weihenstephan, 176 S.

KLOSKOWSKI, J., W. KÜHBAUCH und G. VOIGTLÄNDER (1986): Verdaulichkeit von Wiesenschwingel und Rotklee unter besonderer Berücksichtigung der Gerüstsubstanzen einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). *Bayer. Landw. Jahrb.* 63, 289-297.

KRIMBERGER, K. (1998): Die klimatischen Bedingungen der Standorte des Höhenprofils Johnsbach. Bericht BAL Gumpenstein, 24.-25. März 1998.

KÜHBAUCH, W., G. VOIGTLÄNDER und J. KLOSKOWSKI (1986): Kohlenhydrate des Zellinhalts in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). *Das wirtschaftl. Futter* 32, 5-12.

MENKE, K.H. und H. STEINGASS (1988): Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.

MERTENS, D.R. (1994): Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Eds. G.C. Fahy et al.), 450-493.

NIQUEUX, M. (1978): Differences dans le rythme de végétation, la production et la valeur alimentaire de graminées fourragères cultivées en plaine et en montagne. *Fourrages* 76, 47-61.

PIRCHNER, F. (1980): Einfluß der Älping auf Leistung und Lebensdauer. *Bayer. Landw. Jahrb.* 57, 623-629.

SCEHOVIC, J. (1981): Influence du bitope sur la qualité des graminées. *Schweiz. Landw. Forsch.* 20, 49-76.

SCHECHTNER, G. (1978): Produktionstechnische Voraussetzungen für Bergbauern. *Der Alm- und Bergbauer* 28, 56-70 und 121-137.

SOBOTIK, M., Ch. POPPELBAUM und Th. GUGGENBERGER (1998): Die Pflanzenbestände der Standorte des Höhenprofils Johnsbach. Alpenländisches Expertenforum zum Thema „Zeitgemäße Almbewirtschaftung sowie Bewertung von Almflächen und Waldweiden“, Bericht BAL Gumpenstein, 24.-25. März 1998.

- SOLAR, F. und E. LICHTENEGGER (1981): Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standort-Catena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. 3. Sonderheft der Mitteilungen der Ö.B.G.. Führer zur Exkursion durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten, 23. - 26. Sept. 1981, 166-182.
- SPATZ, G. und G. VOIGTLÄNDER (1969): Einfluß verschiedener Standortfaktoren auf den Ertrag von Schnittwiesen im bayerischen Grünlandgürtel. Das wirtschaftseig. Futter 15, 143-160.
- SPATZ, G. (1970): Pflanzengesellschaften, Leistungen und Leistungspotential von Allgäuer Alpweiden in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung. Dissertation TU München, Freising-Weihenstephan, 145 S.
- VAN SOEST, P.J. (1994): Nutritional Ecology of the Ruminant. 2. Aufl., Cornell University Press, Ithaca, New York, 476 S.
- VAN SOEST, P.J. (1996): A critique upon the problems of predicting feed quality for ruminants. 47th EAAP Meeting, Lillehammer, Norway, 26 August 1996.
- VOIGTLÄNDER, G., F. MÄDEL und Th. POPP (1983): Zur Eignung von Grasarten und -sorten für Nach- und Neuansaat in Berglagen. Der Tierzüchter 35, 69-71.
- VOIGTLÄNDER, G., J. KLOSKOWSKI und W. KÜHBAUCH (1986): Zellwandbestandteile in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortsvergleich (435 und 1085 m über NN). Das wirtschaftseig. Futter 32, 197-204.
- ZAUGG, U. (1975): Die Gewichtszunahme von Jungvieh auf der Alp. Schweiz. Landw. Monatshefte 53, 69-74.
- ZEMP, M. (1985): Einfluß der Alpfung auf produktionstechnische und physiologische Parameter von Kühen mit mittleren bis hohen Leistungen. Dissertation ETH Zürich Nr. 7868, 126 S.

Tabelle A1: Ertrag an Trockenmasse und Energie auf den 16 Versuchsstandorten

GEOLOGIE	KRISTALLIN						KALKALPIN									
	SÜD			NORD			SÜD			NORD						
EXPOSITION	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
HÖHENLAGE																
	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
Ertrag an Trockenmasse																
1. Aufwuchs	2287	1952	1833	1401	1947	1210	986	1687	1531	2127	1377	882	1325	1964	947	1311
2. Aufwuchs	1830	1346	1122	358	1468	840	599	659	1323	1289	587	160	1085	843	456	526
Gesamt	4117	3297	2955	1759	3415	2051	1585	2346	2854	3416	1964	1042	2410	2808	1403	1838
Ertrag an Energie (ME)																
1. Aufwuchs	19649	18001	15585	12025	19092	10550	8259	14920	13303	19917	12661	7687	12730	18368	8229	10705
2. Aufwuchs	14680	13128	9442	2931	12583	7372	5510	5824	10789	12217	5429	1374	9506	7972	3824	4116
Gesamt	34330	31128	25027	14956	31675	17922	13769	20744	24092	32134	18090	9061	22237	26341	12053	14821
Ertrag an Energie (NEL)																
1. Aufwuchs	11288	10518	8942	6904	11291	6078	4720	8644	7710	11673	7410	4438	7529	10743	4754	6096
2. Aufwuchs	8363	7779	5419	1669	7251	4264	3221	3380	6211	7195	3198	795	5535	4690	2194	2325
Gesamt	19650	18297	14361	8574	18542	10342	7940	12025	13921	18868	10607	5233	13064	15433	6948	8421

Tabell A2: Kriterien des Futterwertes auf den 16 Versuchsstandorten (1. Aufwuchs)

GEOLOGIE EXPOSITION	KRISTALLIN						KALKALPIN										
	SÜD			NORD			SÜD			NORD							
HÖHENLAGE	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	
Rohnährstoffe																	
XP	g/kg T	119	134	115	122	134	117	141	129	119	135	138	126	139	146	127	109
XL	g/kg T	20	23	22	18	24	18	24	24	21	28	25	24	28	28	22	18
XF	g/kg T	303	265	300	273	255	293	247	232	265	250	253	238	217	241	245	272
XX	g/kg T	505	506	504	537	520	523	528	547	508	511	500	542	525	514	532	546
XA	g/kg T	52	73	59	50	67	49	59	68	86	77	84	69	91	71	73	54
Gerüstsubstanzen																	
NDF	g/kg T	597	507	624	547	464	621	507	444	478	439	481	471	385	477	476	597
ADF	g/kg T	333	301	325	301	286	320	295	274	309	298	305	284	256	281	290	314
ADL	g/kg T	39	38	40	38	36	39	49	40	40	40	40	41	35	37	39	38
HEM	g/kg T	264	206	299	245	178	301	212	171	168	140	177	187	129	196	186	283
ZEL	g/kg T	294	263	285	263	251	281	247	234	269	259	264	243	221	243	251	276
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe																	
dXP	%	62,7	67,7	63,0	62,0	67,1	62,8	59,7	59,1	60,2	67,8	67,5	64,7	64,8	70,0	67,0	68,1
dXL	%	16,4	23,4	16,3	7,3	25,9	2,0	12,7	18,4	19,1	36,1	29,5	27,6	36,4	29,2	11,7	7,7
dXF	%	57,8	61,2	60,0	55,1	64,0	61,7	52,4	54,4	57,7	57,3	60,8	54,2	61,7	60,4	54,8	53,0
dXX	%	61,4	68,6	60,4	63,2	73,2	62,4	63,3	68,0	67,4	71,2	69,1	63,7	73,2	68,4	64,2	55,0
dOM	%	60,4	66,0	60,5	60,6	69,5	62,0	59,4	63,0	63,5	66,8	66,3	61,8	69,1	66,4	62,3	57,9

Tabelle A2: Kriterien des Futterwertes auf den 16 Versuchsstandorten (1. Aufwuchs) - Fortsetzung

GEOLOGIE	KRISTALLIN						KALKALPIN									
	EXPOSITION			SÜD			NORD			SÜD			NORD			
	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700
HÖHENLAGE	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700
Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen																
dNDF	%	57,6	61,9	60,0	53,7	63,7	61,1	52,8	54,5	60,1	62,4	54,6	61,7	62,6	54,2	52,7
dADF	%	57,7	61,0	57,9	52,1	63,7	59,7	48,9	52,7	60,4	61,9	55,6	60,5	60,2	53,1	50,9
dADL	%	-0,6	-9,0	-1,1	-17,8	-7,4	-0,4	-16,2	-21,6	-10,0	-7,5	-10,5	-20,7	-14,8	-18,6	-11,0
dHEM	%	57,5	63,0	62,2	55,6	63,4	62,7	58,2	57,4	59,4	63,5	53,1	63,8	65,8	56,0	54,7
dZEL	%	65,5	71,2	66,1	62,1	73,7	67,8	61,5	65,4	71,1	72,3	65,2	73,1	71,7	64,2	59,5
Mineralstoffe																
Ca	g/kg T	4,6	6,6	3,8	4,6	7,9	4,4	8,0	8,2	7,7	6,7	8,1	11,2	6,9	6,8	3,7
P	g/kg T	2,5	2,8	2,7	1,6	2,8	2,0	3,1	1,8	2,0	2,0	1,2	3,7	2,7	1,9	1,6
Mg	g/kg T	2,0	2,4	1,6	2,4	2,4	2,4	3,1	2,8	2,8	2,4	2,7	3,1	2,8	2,5	1,8
K	g/kg T	13,8	16,3	14,7	12,1	16,9	10,9	9,9	18,6	16,9	24,2	18,6	16,1	20,4	20,6	14,2
Na	g/kg T	0,04	0,08	0,05	0,03	0,08	0,052	0,08	0,05	0,17	0,05	0,04	0,14	0,06	0,05	0,04
Mn	mg/kg T	317	594	731	959	342	866	627	357	312	337	152	142	412	383	385
Zn	mg/kg T	67	69	62	53	75	66	95	62	54	78	45	46	66	71	53
Cu	mg/kg T	7,5	7,7	6,3	7,1	8,3	6,9	9,8	8,4	8,5	9,1	7,5	9,0	9,1	7,9	7,8
Energiekonzentration und Futteraufnahme																
GE	MJ/kg T	18,82	18,63	18,87	18,96	18,73	18,86	18,91	18,56	18,21	18,44	18,47	18,55	18,84	18,44	18,75
ME	MJ/kg T	8,56	9,22	8,50	8,61	9,77	8,75	8,45	8,87	8,71	9,39	9,20	8,72	9,58	8,70	8,17
NEL	MJ/kg T	4,91	5,39	4,87	4,94	5,78	5,05	4,84	5,14	5,05	5,50	5,38	5,04	5,66	5,49	4,65
G _{b,FT}	ml	39,8	41,0	38,5	39,2	47,0	38,8	38,8	41,6	41,2	41,4	39,9	40,0	45,1	43,5	36,4
IT	g/kg W	23,1	23,3	21,3	22,5	24,0	21,6	21,3	27,0	25,2	26,1	25,0	12,0	24,7	24,1	23,7
IT	g/kg W*	66,5	67,6	61,8	64,2	69,0	62,2	61,4	76,9	72,5	75,9	72,0	33,6	71,2	70,0	67,5
INDF	g/kg W	13,8	11,8	13,3	12,3	11,0	13,4	10,9	12,1	12,0	11,5	12,1	5,6	9,5	11,4	14,1

Tabelle A3: Kriterien des Futterwertes auf den 16 Versuchsstandorten (2. Aufwuchs)

GEOLOGIE		KRISTALLIN						KALKALPIN									
		SÜD			NORD			SÜD			NORD						
EXPOSITION	HÖHENLAGE	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
Rohnährstoffe																	
XP	g/kg T	134	140	122	125	148	112	165	142	126	145	133	116	135	138	119	105
XL	g/kg T	23	22	18	18	20	17	25	22	22	26	23	22	23	20	19	15
XF	g/kg T	270	251	282	274	243	281	206	234	223	212	226	244	227	232	266	281
XX	g/kg T	487	489	508	527	507	535	509	520	518	526	507	541	519	524	524	544
XA	g/kg T	85	97	71	57	82	55	95	82	111	90	111	77	97	86	71	55
Gerüstsubstanzen																	
NDF	g/kg T	576	515	630	599	485	631	460	502	459	437	474	520	460	529	587	639
ADF	g/kg T	316	302	316	323	297	318	256	287	293	273	278	315	289	279	316	336
ADL	g/kg T	52	51	43	52	52	40	46	46	58	53	51	63	49	44	49	50
HEM	g/kg T	261	213	313	276	188	313	205	215	166	164	196	205	171	250	271	304
ZEL	g/kg T	264	251	273	271	245	278	210	241	236	220	227	252	240	235	267	286
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe																	
dOm	%	56,9	71,5	60,2	57,9	61,3	62,6	65,0	63,7	60,5	68,4	67,6	60,1	63,2	68,1	59,6	55,7
Mineralstoffe																	
Ca	g/kg T	7,7	8,7	4,2	5,4	9,8	4,7	9,9	8,3	11,3	11,5	8,0	9,1	14,9	6,7	5,3	3,7
P	g/kg T	3,1	3,2	2,6	2,0	3,3	2,0	3,9	2,2	1,9	2,3	2,0	1,2	3,8	2,7	1,9	1,6
Mg	g/kg T	3,4	3,0	2,0	2,8	3,6	2,6	4,2	3,0	3,5	3,7	2,6	3,4	3,6	3,0	2,1	1,9
K	g/kg T	10,7	13,5	10,7	9,6	14,7	8,4	8,6	14,7	14,5	14,5	14,8	12,0	13,1	15,6	14,6	10,7
Na	g/kg T	0,08	0,09	0,06	0,05	0,16	0,06	0,16	0,06	0,16	0,07	0,10	0,06	0,23	0,07	0,09	0,06
Mn	mg/kg T	612	949	981	1143	643	1106	949	934	524	431	646	216	189	809	706	485
Zn	mg/kg T	80	83	70	59	77	70	118	79	62	96	99	71	48	82	80	56
Cu	mg/kg T	7,5	8,3	5,4	7,2	9,3	5,3	12,0	10,2	9,4	10,0	8,4	7,5	8,6	8,1	7,3	6,7
Energiekonzentration																	
ME _{HFT}	MJ/kg T	7,82	9,80	8,43	8,18	8,53	8,76	9,06	8,88	8,12	9,47	9,20	8,31	8,66	9,41	8,34	7,81
NEL _{HFT}	MJ/kg T	4,43	5,81	4,84	4,66	4,92	5,07	5,28	5,16	4,67	5,58	4,41	4,77	5,03	5,53	4,78	4,41
Gb _{HFT}	ml	29,3	33,2	29,4	29,1	35,8	30,9	32,7	33,5	30,8	35,6	33,9	29,5	36,4	32,3	30,1	25,8

Tabelle A4: Kriterien des Futterwertes auf den 16 Versuchsstandorten (nach Ertrag gewichteter Mittelwert aus 1. und 2. Aufwuchs)

GEOLOGIE	KRISTALLIN						KALKALPIN									
	SÜD			NORD			SÜD			NORD						
	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
EXPOSITION	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
HÖHENLAGE	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700	1100	1300	1500	1700				
Rohnährstoffe																
XP	g/kg T	126	137	117	122	141	152	133	123	139	137	126	139	143	126	108
XL	g/kg T	21	23	20	18	23	17	24	22	27	24	24	26	26	22	171
XF	g/kg T	288	260	293	271	250	289	232	247	235	245	237	220	238	252	276
XX	g/kg T	497	500	506	537	514	527	541	512	517	502	542	522	518	529	544
XA	g/kg T	67	81	64	51	73	51	72	97	82	92	71	93	76	73	55
Gerüstsubstanzen																
NDF	g/kg T	587	512	626	553	474	625	460	470	437	479	473	415	491	512	610
ADF	g/kg T	325	302	322	304	290	319	277	303	288	297	287	268	280	299	321
ADL	g/kg T	45	43	42	40	42	39	42	48	44	43	43	40	39	42	42
HEM	g/kg T	261	210	304	248	183	307	183	167	148	183	186	147	212	213	289
ZEL	g/kg T	280	259	280	265	248	279	232	255	244	254	244	228	241	256	279
Verdaulichkeit der Rohnährstoffe																
dOM	%	58,9	68,0	60,3	60,3	65,9	62,3	61,7	62,0	67,3	66,7	61,9	66,6	66,8	61,5	57,3
Mineralstoffe																
Ca	g/kg T	6,0	7,5	4,0	4,8	8,7	4,4	8,5	8,2	9,4	7,1	8,3	12,7	6,9	6,4	3,7
P	g/kg T	2,8	2,9	2,6	1,7	3,0	2,0	3,4	1,9	1,9	2,1	1,3	3,8	2,7	1,9	1,6
Mg	g/kg T	2,7	2,6	1,8	2,5	2,9	2,5	3,4	3,0	3,1	3,4	2,9	3,2	2,9	2,4	1,9
K	g/kg T	12,5	15,3	13,0	11,6	16,1	9,8	9,6	17,4	15,9	21,3	17,9	14,9	19,0	18,9	13,3
Na	g/kg T	0,06	0,08	0,05	0,04	0,11	0,05	0,11	0,05	0,16	0,06	0,07	0,17	0,06	0,06	0,04
Mn	mg/kg T	445	731	835	995	470	974	748	459	410	428	166	165	532	481	412
Zn	mg/kg T	73	74	65	54	76	67	104	66	57	96	51	47	71	74	55
Cu	mg/kg T	7,6	7,9	5,9	7,1	8,8	6,2	10,8	9,0	8,9	8,7	7,7	8,9	8,8	7,8	7,5
ME	MJ/kg T	8,23	9,44	8,46	8,55	9,23	8,76	8,72	8,85	8,43	9,40	8,71	9,21	9,38	8,60	8,07
NEL	MJ/kg T	4,70	5,55	4,85	4,91	5,40	5,05	5,03	5,13	4,87	5,52	5,03	5,40	5,49	4,96	4,59
Gb _{FF}	ml/200 mg T	35,3	38,2	34,9	37,7	42,3	35,6	37,1	39,3	36,4	39,4	39,1	41,8	40,2	37,9	33,3

