

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II
- Grünlandwirtschaft und Futterbau -
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Einfluss von Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftungsintensität
auf Muster und Konzentration ausgewählter Mineralstoffe
von Winterweidefutter**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
beim Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotropologie und
Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Dipl.-Ing. agr. **Katja Banzhaf**
aus Marburg

Gießen 2004

Dekan: Prof. Dr. W. Köhler

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz von Boberfeld

2. Gutachter: Prof. Dr. R. Marquard

Tag der mündlichen Prüfung: 08. April 2004

Inhalt

1 EINLEITUNG	1
2 LITERATUR.....	2
2.1 Winteraußenhaltung	2
2.2 Winterfutter „auf dem Halm“	4
2.2.1 Pflanzengesellschaften	4
2.2.2 Hauptbestandsbildner	6
2.2.3 TS-Ertrag und Futterqualität.....	9
2.3 Mineralstoffe	10
2.3.1 Einflussfaktoren.....	10
2.3.2 Phosphor	14
2.3.3 Kalium	16
2.3.4 Natrium.....	17
2.3.5 Magnesium	19
2.3.6 Calcium	21
2.3.7 Mineralstoffimbancen.....	22
2.4 Arbeitshypothese	24
3 MATERIAL UND METHODEN	26
3.1 Material	26
3.1.1 Standort und Witterung	26
3.1.2 Varianten	28
3.1.3 TS-Ertrag und Rohproteinkonzentration	31
3.1.4 Verdaulichkeit organischer Substanz und Ergosterol-Konzentration	31
3.2 Methoden	31
3.2.1 Probenaufbereitung	31
3.2.2 Analytik	31
3.2.3 Datenauswertung	34

4	ERGEBNISSE	35
4.1	Phosphor.....	35
4.2	Kalium	38
4.3	Natrium	41
4.4	Magnesium	45
4.5	Calcium.....	49
4.6	K/(Ca+Mg)-Quotient.....	52
4.7	Ca/P-Quotient	55
5	DISKUSSION	59
5.1	TS-Ertrag und Futterqualität	59
5.2	Mineralstoffe	63
5.2.1	Standort	63
5.2.1.1	Boden	63
5.2.1.2	Bestandszusammensetzung.....	65
5.2.2	Hauptbestandsbildner	68
5.2.3	Vornutzung.....	70
5.2.4	Wintererntetermin.....	71
5.2.5	N-Düngung.....	76
5.2.6	Tiergesundheit	79
6	ZUSAMMENFASSUNG	84
7	SUMMARY.....	86
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	88
9	TABELLENANHANG	97

1 Einleitung

Die zunehmende Freisetzung marginaler Grünlandstandorte erfordert kostengünstige Landnutzungskonzepte, die dem Landwirt eine noch rentable Bewirtschaftung ermöglichen und der Erhaltung typischer Grünlandregionen dienen. Die ganzjährige Außenhaltung von Mutterkühen und Fleischrindern mit einer bis zum Jahresende ausgedehnten Weidefutterperiode gewinnt daher als eine der extensivsten landwirtschaftlichen Produktionsformen insbesondere in Grenzertragslagen an Bedeutung. Neben den eingesparten Gebäudekosten bietet dabei die Nutzung von Winterfutter "auf dem Halm", ab dem Sommer von einer Nutzung ausgesparten Weideland, unter mitteleuropäischen Verhältnissen bis zum Ende des Jahres eine kostengünstige und dem Weidetier auf Quantität und Qualität angepasste Alternative zu kosten trächtigen Futterkonserven (OPITZ v. BOBERFELD & WOLF 2002, WÖHLER 2003, WOLF & OPITZ v. BOBERFELD 2003). Unter dem Aspekt der Tiergesundheit stellt sich die Frage, ob diese Weideaufwüchse dem Weidetier ein adäquates Angebot an essentiellen Mineralstoffen, wie P, K, Na, Mg und Ca, liefern können. Eine individuelle Versorgung der Weidetiere mit diesen Elementen erweist sich in extensiven Grünland-Bewirtschaftungssystemen meist als schwierig und insbesondere bei winterlicher Beweidung treten weltweit Krankheiten, wie Weidetetanie, als Folge einer Mineralstoffunterversorgung oder -imbalance auf. Bisher fehlt allerdings eine systematische Untersuchung zu den Mineralstoff-Konzentrationen von Winterfutter "auf dem Halm" unter mitteleuropäischen Verhältnissen. Daher ist es Ziel dieser Arbeit, die Mineralstoff-Konzentrationen von Winterweideaufwüchsen etablierter Pflanzengesellschaften und Reinsaaten darzustellen und festzustellen, in wie weit pflanzenbauliche Maßnahmen, wie die Länge der Schonung der Bestände in der Vegetationsperiode, der Zeitpunkt der Nutzung im Winter und der N-Düngung, die Konzentrationen in den Aufwüchsen beeinflussen.

2. Literatur

2.1 Winteraußenhaltung

Die ganzjährige Außenhaltung von Mutterkühen und Fleischrindern gewinnt als extensivste agrarische Landnutzungsform immer mehr an Bedeutung und bietet insbesondere auf Grenzertragsstandorten eine kostengünstige Alternative zu forstwirtschaftlich genutzten Flächen (OPITZ v. BOBERFELD 2001a). Bei dieser Form der Grünlandnutzung ergeben sich sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile (LANGHOLZ 1992, BAUER 1996). Neben geringeren Kosten für Stallgebäude (BOEKER 1957, DEBLITZ et al. 1993) wird der Arbeitszeitbedarf vermindert (VAN KEUREN 1970b), sodass durch diese Produktionsform die Rentabilität der Mutterkuhhaltung verbessert werden kann (BAUER 1996). Das Anbieten von Winterfutter "auf dem Halm" ist ein weiterer Aspekt, um Kosten zu vermindern, da so ein Teil des ansonsten notwendigen und in Form von Konserven (= Stroh, Heu, Silage) zugefütterten Grundfutters eingespart werden kann (HUGHES 1954, CORBETT 1957, VAN KEUREN 1970a, BARTHOLOMEW et al. 1997, HALL et al. 1998, FREEZE et al. 1999). SCHNEIDER (1913, 1917) weist für Deutschland bereits zu Anfang des letzten Jahrhunderts auf mögliche Kosteneinsparungen bei der Durchführung der Winterweide und einer positiven Wirkung auf die Vitalität an winterlichen Weidegang angepasster Tiere hin. Auch KLAPP (1971) beschreibt mögliche Vorteile der Winterweide, wenn entsprechende Standortgegebenheiten (= ausreichend trockene und trittfeste Flächen) beachtet und deutlich geringere Besatzdichten gewählt werden. Grundlage für eine erfolgreiche Weidehaltung im Winter muss ein Weidemanagement sein, das – neben der Anpassung an gegebene Standortbedingungen – der Gesundheit des Weidetieres besondere Aufmerksamkeit widmet. Standorte mit flachgründigen und sandreichen Bodentypen, wie Rendzinen, Ranker- oder Sandbraunerden, die weder stau- noch grundwasserbeeinflusst sind und eine ausreichende Tragfähigkeit auch im Winter aufweisen, bieten offenbar gute Voraussetzungen (OPITZ v. BOBERFELD 1997). Nach DEBLITZ et al. (1993) begrenzt die mangelnde Verfügbarkeit solch tragfähiger Flächen die Durchführbarkeit der Winterweide in Deutschland am stärksten. Als Alternative zur Winterweide bietet sich die Pferchhaltung, je nach Standortgegebenheiten als Acker- oder Strohpferchhaltung, an (ARNDT 1995, OPITZ v. BOBERFELD 1997). Dem Weidetier müssen im Winter bestmögliche Lebensbedingungen durch trockene, eingestreute und windgeschützte Liegeflächen, frostsichere Tränken und ausreichend Futter gewährleistet werden (VAN KEUREN 1970b, WALLBAUM 1996, OPITZ v. BOBERFELD 1997, HOCHBERG 1998, HEIKENS 1999). Von praktischer Bedeutung sind hier Maßnahmen, wie das Anlegen von Strohmatten in Liegebereichen oder ein regelmäßiger Wechsel der Futterplätze, um Narbenschäden und Nährstoffakkumulationen in diesen durch

hohe Verweildauer der Tiere gekennzeichneten Bereichen zu minimieren (OPITZ v. BOBERFELD 1997, EBEL & MILIMONKA 1998, HOCHBERG & WEIB 1998, OPITZ v. BOBERFELD & STERZENBACH 1999). Ebenso erfordern Winterweideflächen Pflege- und Regenerationsmaßnahmen (= Abschleppen, Nachsaat) im zeitigen Frühjahr (OPITZ v. BOBERFELD 1997). Neben der Schaffung optimaler äußerer Lebensbedingungen ist die Qualität von Winterfutter "auf dem Halm" von entscheidender Bedeutung für die Vitalität des Weidetieres. Im Gegensatz zu kontinentalen Bedingungen, unter denen die Winterweide schon lange eine wichtige praktische Bedeutung für die Rindfleischproduktion hat (TAYLOR & TEMPLETON 1976, BALASKO 1977, MATCHES 1979, ALLEN et al. 1989, BARTHOLOMEW et al. 1997), zeigen die in jüngster Vergangenheit von OPITZ v. BOBERFELD (2001b), OPITZ v. BOBERFELD & WOLF (2002), WÖHLER (2003) und WOLF & OPITZ v. BOBERFELD (2003) veröffentlichten Ergebnisse zur Futterqualität von Winterfutter "auf dem Halm", dass bei der Durchführung der Winterweide unter mitteleuropäischen Verhältnissen – bezogen auf den gesamten Winter – auf eine Zufütterung durch Konserven nicht vollständig verzichtet werden kann. Durch die Nutzung solcher Aufwüchse in Verbindung mit einer bis zum Jahresende ausgedehnten Weideperiode können aber erhebliche Kosten eingespart werden (OPITZ v. BOBERFELD 2001b). Neben typischen Aspekten der Futterqualität sind die Mineralstoff-Konzentrationen der Weideaufwüchse (= Mengen- und Spurenelemente) für die Gesundheit der Weidetiere von besonderer Bedeutung, da sie für den Ablauf lebensnotwendiger Prozesse (= energetische Erhaltung, Substanzbildung) im Stoffwechsel der Tiere essentiell sind (KIRCHGEBNER 1997). Im Gegensatz zur intensiven Milchviehhaltung, bei der eine Supplementierung dieser Elemente über entsprechend angereichertes Kraftfutter erfolgt, erweist sich eine individuelle und ausreichende Versorgung der Weidetiere bei der Mutterkuhhaltung als schwierig (HARTMANS & HEMKENS 1972, UNDERWOOD & SUTTLE 1999, OPITZ v. BOBERFELD 1986, 2001a). Daher ist es Ziel der Mutterkuhhaltung, dem Weidetier möglichst schon über das Grundfutter ausreichend Mineralstoffe anzubieten (PHILLIPS 2001), was sich insbesondere bei Winterbeweidung als schwierig erweisen kann. Verschiedene Autoren berichten über das Auftreten von Krankheiten infolge von Mineralstoffmangel oder –imbancen, wie Weidetetanie (= Hypomagnesämie), Gebärpause (= Hypocalcämia) oder Knochenerweichung (= Rachitis/Osteomalazie), bei winterlichem Weidegang (KEMP & T'HART 1957, GRUNES et al. 1970, MARTENS & GÄBEL 1996, KLEE 1992, WALLIS DE VRIES 1996, JUDSON & MCFARLANE 1998, HEIKENS 1999, UNDERWOOD & SUTTLE 1999, MAYLAND & SHEWMAKER 2001). Unter den Spurenelementen bedarf unter mitteleuropäischen Verhältnissen die Se-Versorgung der Weidetiere einer besonderen Beachtung (SCHRAUZER 1998, OPITZ v. BOBERFELD 2001a, 2002); LASER (2004)

beschreibt die Problematik und stellt Lösungsansätze für extensive Produktionsverfahren vor. Eine angepasste Durchführung der Winterbeweidung unter dem Aspekt der Tiergesundheit erfordert Kenntnisse über die Mineralstoff-Konzentrationen in den Aufwüchsen. In der Literatur gibt es bisher allerdings kaum Informationen über die P-, K-, Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen verschiedener Winterweideaufwüchse, die vorhandenen Daten stammen – sofern überhaupt verfügbar – vorwiegend aus dem Norden der USA (COLLINS & BALASKO 1981, BARTHOLOMEW et al. 1997), eine systematische Untersuchung für mitteleuropäische Verhältnisse fehlt weitestgehend.

2.2 Winterfutter "auf dem Halm"

2.2.1 Pflanzengesellschaften

Innerhalb der Ordnung der *Arrhenateretalia* (= Wiesen und Weiden frischer Standorte) gehören die sich durch Weidenutzung einstellenden Assoziationen *Festuco-Cynosuretum* und *Lolio-Cynosuretum* dem Verband *Cynosurio cristati* (= Weißkleeweiden) an (ELLENBERG 1986). Lediglich in den Mittelgebirgslagen lassen sie sich klar gegeneinander abtrennen (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). ***Festuco-Cynosureten*** (= Rotschwingelweiden) stellen sich auf extensiv bewirtschafteten Weiden mit geringer Düngung ein. Sie sind vorwiegend in den durch hohe Niederschlagsmengen und geringe Temperaturen gekennzeichneten Höhenlagen der Mittelgebirge verbreitet, treten aber auch auf nährstoffarmen, gut wasserdurchlässigen Böden des Flachlandes auf (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Nährstoffarme, basenarme und flachgründige Böden, die häufig in Hanglagen zu finden sind, gering entwickelte Ranker sowie extreme Pseudogleye mit pH-Werten im Bereich von 5,0 stehen hier meist als Bodentypen an (KLAPP 1965, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Auch wenn das Arteninventar regional unterschiedlich ist, sind folgende Vertreter als Charakterarten des *Festuco-Cynosuretum* ausgewiesen: *Alchemilla xanthochlora*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra commutata*, *Hypochaeris radicata*, *Lathyrus linifolius*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, *Nardus stricta*, *Pimpinella saxifraga*, *Potentilla erecta*, *Ranunculus nemorosus* und *Rumex acetosella*. *Agrostis capillaris*, aufgrund der geringen Bindung nur als Begleiter einzustufen, und *Festuca rubra* erreichen häufig hohe Ertragsanteile und gelten als allgemein kennzeichnend für *Festuco-Cynosureten* (KLAPP 1965, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). ***Lolio-Cynosureten*** (= Weidelgrasweiden) sind meist ein Ergebnis hoher Intensitätsstufen und zeichnen sich durch untergrasreiche und artenarme Bestände aus (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), in denen nur trittfeste und regenerationsfähige Arten auf Dauer bestehen können (ELLENBERG 1986). Sie stellen in Mittel- und Westeuropa und vielen meeresnahen Regionen der feuchten Mittelbreiten die

wirtschaftlich bedeutendste Pflanzengesellschaft dar und entwickeln sich unter optimalen Standortbedingungen sogar ohne zusätzliche Nährstoffzufuhr und Bewirtschaftungsmaßnahmen (KLAPP 1965, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Je ungünstiger aber der Standort, um so intensivere Maßnahmen werden zur Erhaltung notwendig und um so entscheidender ist der anthropogene Einfluss (ELLENBERG 1986, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). *Lolio-Cynosureten* kommen vorwiegend auf frischen und basenreichen Standorten vor; da aber von der Bewirtschaftungsintensität für das Zustandekommen dieser Gesellschaft der größte Einfluss ausgeht, ist die Variationsbreite der anstehenden Bodentypen groß. Meist handelt es sich um schwere, basenreiche Böden mit einem pH-Wert im Bereich von 6,0 (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). *Agrostis stolonifera*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense*, *Cirsium vulgare*, *Elymus repens*, *Lolium perenne*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Potentilla anserina*, *Potentilla reptans*, *Rumex crispus* und *Rumex obtusifolius* sind Charakterarten des *Lolio-Cynosuretum*, wobei die namensgebende Art *Lolium perenne* vorwiegend in maritimen Regionen vorherrscht, während in kontinental geprägten Klimaten *Poa pratensis* eine stärkere Bedeutung zukommt. Typische *Lolio-Cynosureten* zeigen im Hinblick auf Bruttoerträge und Futterqualität meist deutlich höhere Leistungen als typische *Festuco-Cynosureten* (KLAPP et al. 1953, OPITZ v. BOBERFELD 1994a), umgekehrt dazu verhält sich allerdings die Artenzahl (ELLENBERG 1986). In Grenzertragslagen, wie dem Lahn-Dill-Bergland und Westerwald, sind die beiden beschriebenen Weidengesellschaften vorherrschend und unterliegen in diesen standörtlich oder klimatisch benachteiligten Regionen vorwiegend einer extensiven agrarischen Nutzung (STERZENBACH 2000). Aufgrund der zunehmenden Freisetzung von solchen marginalen Grünlandflächen (LANGHOLZ 1992, OPITZ v. BOBERFELD 1997, FREDE & BACH 1999, WABMUTH 2002) bietet sich in diesen Regionen die Ganzjahresaußenhaltung als extensive Produktionsform an. Für eine mögliche Durchführung der Winterweide stellen OPITZ v. BOBERFELD & WÖHLER (2002) und WÖHLER (2003) die futterbaulichen Leistungen von Aufwüchsen dieser beider Pflanzengesellschaften in den genannten Regionen anhand der Untersuchung von TS-Ertrag und wertgebenden Inhaltsstoffen (= Energiedichte, Rohprotein- und Ergosterol-Konzentration) dar und erweitern dadurch den Kenntnisstand für Winterweiden. Über die Mineralstoffkonzentrationen dieser Pflanzengesellschaften im Winter liegen in der Literatur keinerlei Informationen vor. Nach WHEELER (1968) ist der Hauptbestandsbildner für die Qualität von Winterfutter "auf dem Halm" von entscheidender Bedeutung, da die äußeren klimatischen Bedingungen im Winter (= Frost) den Pflanzen besondere Eigenschaften abverlangen.

2.2.2 Hauptbestandsbildner

Eine für die Winterweide geeignete Art sollte besondere Vorzüge im Hinblick auf Ansaat, Etablierung, Wachstum, Ausdauer, Narbendichte, Tritt- und Weideverträglichkeit haben (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), um auch im Winter ausreichend Masse und Futterqualität für Weidetiere liefern zu können. WHEELER (1968) bezeichnet insbesondere die Winterhärte einer Art und ihre Fähigkeit, auch bei niedrigen Temperaturen noch wachsen zu können, als wichtigste Eigenschaften eines Hauptbestandsbildners auf Winterweiden; er weist darauf hin, dass das Futter entweder vor einem Temperaturabfall ausreichend wachsen muss oder speziell gezüchtete Sorten verwendet werden müssen. Nach OPITZ v. BOBERFELD (1997) eignen sich aus Gründen der mangelnden Winterhärte und minderer Futterqualität bei längerer Schonung weder *Dactylis glomerata* noch Arten wie *Agrostis spp.*, *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, Vertreter der *Fabaceae* oder sonstige Kräuter als Winterfutter "auf dem Halm". Unter dem Aspekt einer angepassten Versorgung des Weidetieres mit Mineralstoffen berichten GRUNES et al. (1970) zudem von unzureichenden Mg-Konzentrationen in Winterweideaufwüchsen der Arten *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* und *Phleum pratense*. In winterkalten, feuchten Mittelbreiten stehen allerdings Winterhärte und Wachstum in Konkurrenz zueinander, da das Einstellen des Wachstums bei niedrigen Temperaturen eine Schutzmaßnahme gegen Winterschäden und Voraussetzung für Gefriertoleranz ist (BURNS & CHAMBLEE 1979, LARCHER 2001). Den meisten ausdauernden Gräsern und Kräutern wird eine vorübergehende Unterbrechung des Wachstums durch strenge Kälte aufgezwungen. Da Gräser und Kräuter keinem endogen programmierten Ruhezustand (= Dormanz) unterliegen und wieder aktiv werden, sobald die Temperaturen ansteigen, ist die Gefahr von Auswinterung groß (SAKAI & LARCHER 1987, LARCHER 2001). In Abhängigkeit verschiedenster Faktoren (= u.a. Mineralstoffe) erwerben sie dabei ohne langwierige Abhärtungsphasen Frosthärte (LORENZETTI et al. 1971). Die Anpassung der Pflanze an Kälte erfordert eine Reihe physiologischer Veränderungen (XIN & BROWSE 2000). Intrazellulär variierende Ca-Konzentrationen sind für das "Erkennen" von niedrigen Temperaturen und der anschließenden Weitergabe des Signals an den Zellkern (= sekundärer Botenstoff für Reizvorgänge) offenbar entscheidend (MARSCHNER 1995, XIN & BROWSE 2000, LARCHER 2001).

Die wintergrüne Art *Festuca arundinacea* wird aufgrund ihrer günstigen Eigenschaften als Hauptbestandsbildner für Winterweiden winterkalter und feuchter Mittelbreiten empfohlen (BOEKER 1957, STÄHLIN & TIRTAPRADJA 1974, TAYLOR & TEMPLETON 1976, ALLEN et al. 1989, BARTHOLOMEW et al. 1997, OPITZ v. BOBERFELD 2001b). MATCHES (1979) bezeichnet es als "das möglicherweise beste kältetoleranteste Gras für die Nutzung von Winterfutter auf

dem Halm". Insbesondere im Norden Amerikas spielt diese Art bei extensiver Mutterkuhhaltung zur Fleischproduktion eine entscheidende Rolle als Winterfutter (COLLINS & BALASKO 1981b, BARTHOLOMEW et al. 1997), wohingegen *Festuca arundinacea* für europäische Verhältnisse keine besondere Bedeutung für den Anwendungsbereich Wirtschaftsgrünland zugesprochen wird (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). STÄHLIN & TIRTAPRADJA (1974) bezeichnen die Art hingegen als ansaatwürdiges Futtergras für Mitteleuropa, KLAPP et al. (1953) aber stufen die Art aufgrund geringer Futterqualität und mangelnder Futterakzeptanz als narbenentwertend ein (= Futterwertzahl 4). Ursache für die mangelnde Futterakzeptanz von insbesondere physiologisch älteren Aufwüchsen sind die Einlagerungen von Silikaten in den Blättern (WILKINSON & MAYS 1979), die dem Gras insgesamt einen scharfkantigen, rauen und derben Charakter verleihen (KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 1990). Als düngerdankbare Art (KLAPP 1965) zeigt *Festuca arundinacea* ähnliche Reaktionen auf N-Düngung wie viele andere Gräser, WILKINSON & MAYS (1979) heben aber besonders die verstärkte Akkumulation von Nitrat und Alkaloiden mit zunehmender N-Versorgung hervor. Nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) produzieren intra- und interzellulär wachsende Endophyten Alkaloide, die auf die Weidetiere möglicherweise toxisch wirken können. Infizierte Pflanzen weisen häufig eine verbesserte Trockenheitsresistenz, Winterhärte und Konkurrenzkraft auf und sind offenbar auch ertragreicher (CLAY 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a), werden gleichzeitig aber vom Weidetier gemieden (CLAY 1996). Daher ist die Entwicklung endophyt-freier Sorten ein weiteres züchterisches Ziel (SHEWMAKER et al. 1997). VASQUEZ-DE-ALDANA et al. (1999) zeigen in ihrer Untersuchung verschiedener Sorten von *Festuca arundinacea* zudem, dass eine Infektion mit Endophyten die Mineralstoff-Konzentrationen beeinflusst. Dabei wird die Konzentration von Mg, das direkt mit der Proteinsynthese zusammenhängt, erhöht, die P- und Ca-Konzentrationen sind – im Vergleich mit nicht infizierten Pflanzen – niedriger. Als eher anspruchslose Art bevorzugt *Festuca arundinacea* wechselfeuchte Standorte auf meist schweren Böden, ist zerstreut in Wiesen, besonders aber auf Weiden zu finden (KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 1990) und wird insbesondere durch selektive Unterbeweidung gefördert (KLAPP 1965). Nach einer langsamen Jugendentwicklung (PETERSEN 1998) zeichnet sich dieses ausdauernde Obergras im Laufe seiner späteren Entwicklung durch hohe Kampfkraft und einen starken und blattrreichen Nachwuchs aus (KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 1990). Angepasst an klimatische Gegebenheiten, erzielt *Festuca arundinacea* die höchsten Erträge in den kühleren Wachstumsperioden im Frühjahr und Herbst und verhält sich während eines heißen Sommers offenbar semidormant (BURNS & CHAMBLEE 1979). Durch den aufrechten Wuchs und die Eigenschaft, lange grün zu bleiben, vermag *Festuca arundinacea* raue Winter gut zu über-

leben (RAYBURN et al. 1979). Der aufrechte Wuchs ist im Winter von besonderem Vorteil, da absterbende Blätter schneller abtrocknen können und Fäulnisprozesse verlangsamt werden (BOEKER 1957, CORBETT 1957). Außerdem ist die Verfügbarkeit des Futters bei Schneeeinlagen höher (WILLMS & RODE 1998). Ergebnisse zeigen, dass *Festuca arundinacea* sowohl unter kontinentalen Bedingungen als auch unter gemäßigt klimatischen Verhältnissen harte Winter deutlich besser übersteht als *Lolium perenne* (WILMAN et al. 1999, WOLF 2002). Bei angepassten Managementmaßnahmen erreicht *Festuca arundinacea* trotz ungünstigerer Witterungsbedingungen noch vergleichbare hohe Erträge (BAKER et al. 1965, BALASKO 1977, MATCHES 1979) und als Winterfutter "auf dem Halm" genutzt ist die Futterqualität mit der von Heu mittlerer Qualität zu vergleichen (BARTHOLOMEW et al. 1997).

Das als Charakterart der *Lolio-Cynosureten* eingestufte ***Lolium perenne*** ist ein horstbildendes, stark bestockendes und besonders kampfstarkes Untergras, das auf mitteleuropäischen Weiden, von der Küste bis ins Bergland, weit verbreitet ist (OPITZ v. BOBERFELD 1994a) und hier hohe futterbauliche Leistungen erzielt (PETERSEN 1988). Es bevorzugt schwere, bindige Böden und wirkt aufgrund seiner schnellen Anfangsentwicklung bereits schon bei mittleren Anteilen in Saatgutmischungen stark unterdrückend. Die Anpassung an hohe Nutzungsfrequenzen und starke Trittbelastungen zeichnen diese Art aus und sie kann daher ohne Einschränkung für die Nachsaat von Mähweiden empfohlen werden (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). KLAPP et al. (1953) vergeben für diese Art die Futterwertzahl 8; *Lolium perenne* weist innerhalb der Gräser eine der höchsten Nutzungselastizitäten auf. Nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) gibt es kaum eine andere Art, die den Anforderungen eines Weidetieres (= z. B. Energiedichte oder Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen) besser entspricht und wird daher sowohl als Heu als auch auf der Weide gern gefressen. Für eine Nutzung im Winter ist allerdings die kurze Winterruhe und die damit verbundene stärkere Auswinterung von Nachteil (PETERSEN 1988, KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 1990, WILMAN et al. 1999). Insbesondere hohe und späte N-Gaben wirken zusätzlich verkürzend auf die ohnehin nicht ausgeprägte Winterruhe (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Die Neigung von *Lolium perenne* zu geringem Wachstum bei milder Witterung im Winter führt zu höheren Blattbildungsraten und geringeren Reservekohlenhydraten in der Halmbasis bei gleichzeitig zunehmender Seneszenz. Die Winterhärte ist unter milden Witterungsbedingungen deutlich geringer als bei niedrigen Temperaturen und so sterben die meisten Bestockungstriebe nicht durch Frost, sondern bei mildem Winterwetter ab (THOMAS & NORRIS 1981). Neben der kurzen Winterruhe macht die von *Lolium perenne* dicht ausgebildete Narbe mit geringer Wuchshöhe die Aufwüchse im Winter besonders anfällig für Fäulnisprozesse und Frostschäden, da sie nach Regen und

Schnee nur langsam abtrocknen (CORBETT 1957). Im Winter muss aufgrund von Seneszenz und Abbauprozessen mit hohen Ertragseinbußen gerechnet werden (BAKER et al. 1961, LAWS & NEWTON 1987).

2.2.3 TS-Ertrag und Futterqualität

Die Bewertung von Grünlandaufwüchsen erfolgt über Massebildung (= TS-Ertrag) und Futterqualität (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Beide Merkmale zeigen Abhängigkeiten von Pflanzenart, Nutzungsintensität und -zeitpunkt, Wasser- und Nährstoffversorgung und Witterungsbedingungen (KLAPP 1971, VOIGTLÄNDER 1987), wobei letztere unter den extremen klimatischen Bedingungen im Winter eine besondere Bedeutung haben. Die reduzierte Lichteinstrahlung in dieser Jahreszeit hat eine Begrenzung des Pflanzenwachstums zur Folge, da endogen und exogen bedingte Wachstumsraten im Spätsommer und Herbst maßgeblich von der Strahlungsintensität limitiert werden (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Daher ist im Winter mit einer deutlichen Minderung der Futterqualität zu rechnen, die sich letztendlich in geringeren Massezunahmen der Weidetiere niederschlagen (WHEELER 1968). Den maßgeblichen Einfluss der winterlichen Witterung spiegeln die großen Unterschiede zwischen den TS-Erträgen verschiedener Arten im Winter – trotz gleichbleibender Managementmaßnahmen – wider (BAKER et al. 1965, BALASKO 1977). Die Futterqualität wird durch verschiedene Eigenschaften beschrieben, wobei neben pflanzenbaulichen Aspekten auch die Akzeptanz, der Bedarf und die Aufnahme durch das Tier, eine entscheidende Rolle spielen (KLAPP 1971, OPITZ v. BOBERFELD 1994b, KIRCHGEBNER 1997). Neben den in dieser Arbeit untersuchten Mineralstoffen, dienen die Verdaulichkeit organischer Substanz (= DOM) und die Rohprotein-Konzentration (= XP) von Weideaufwüchsen der Beurteilung der Futterqualität. Die Verdaulichkeit organischer Substanz sollte für Mutterkühe mindestens 50 % betragen (COLLINS & BALASKO 1981). In der Vegetationsperiode ist die Verdaulichkeit von *Lolium perenne* offensichtlich höher als die von *Festuca arundinacea* (PRAGER 1983, WILMAN & REZVANI MOGHADDAM 1998); bei einer Winternutzung sind die Unterschiede zwischen den Arten aber kaum von praktischer Relevanz (WILMAN et al. 1996). Die XP-Konzentrationen unterliegen einer deutlichen Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität und dem physiologischen Alter der Bestände (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Intensivweiden liefern während der ganzen Weideperiode junges Futter, das reich an Rohprotein, aber rohfasernarm ist. Mit fortschreitendem Alter der Bestände gehen die XP-Konzentrationen im Herbst und Winter zurück, während die Rohfaser-Konzentrationen ansteigen (TAYLOR & TEMPLETON 1976, BALASKO 1977, OPITZ v. BOBERFELD 1994b, KIRCHGEBNER 1997). Nach WOLF (2002) hat der Schonungsgrad ab dem Sommer (= physiologisches Alter der Aufwüchse) neben der

N-Versorgung der Pflanzen den größten Einfluss sowohl auf den TS-Ertrag als auch die Verdaulichkeit und die XP-Konzentration im Winter. Physiologisch jüngere Aufwüchse von *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* erreichen zwar niedrigere Erträge, weisen aber deutlich höhere DOM- und XP-Konzentrationen auf. WÖHLER (2003) spricht – nach ihren Ergebnissen zur Futterqualität von bestehenden Pflanzengesellschaften im Winter – dem Erntetermin im Winter einen bedeutenderen Einfluss auf die Merkmale TS-Ertrag und DOM zu, der Schonungsgrad ist offenbar nur für die XP-Konzentrationen von herausragender Bedeutung. Außerdem können keine signifikanten Unterschiede zwischen den *Festuco-Cynosureten* und *Lolio-Cynosureten* bezogen auf die untersuchten Futterqualitätseigenschaften festgestellt werden, sodass daher beiden Weidegesellschaften eine Eignung als Winterweidefläche zugesprochen wird (WÖHLER 2003). Düngungsmaßnahmen zu Beginn oder während der Vegetationsperiode haben einen großen Einfluss auf Ertragsbildung und Futterqualität (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), wobei nach BALASKO (1977) und WOLF & OPITZ v. BOBERFELD (2003) auch für Winteraufwüchse die Nährstoffversorgung – und insbesondere das N-Angebot – von Bedeutung ist. N-Gaben können zu höheren XP-Konzentrationen im Winter führen (BALASKO 1977, COLLINS & BALASKO 1981), da insbesondere durch späte N-Gaben die XP-Konzentration mit fortschreitendem Winter längerfristig auf hohem Niveau gehalten wird (GARDNER & HUNT 1955). Außerdem können angepasste N-Düngungsmaßnahmen im Spätsommer offenbar den Alterungsprozess verlangsamen (VOIGTLÄNDER 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a), somit die Wachstumsperiode verlängern und zu höheren TS-Erträgen im Winter führen (TAYLOR & TEMPLETON 1976, BALASKO 1977, RAYBURN et al. 1979). ARCHER & DECKER (1977) beschreiben, dass durch N-Düngung der Anteil grüner Blätter am Aufwuchs im Herbst und Winter erhöht werden kann. TAYLOR & TEMPLETON (1976) weisen andererseits aber darauf hin, dass bei hohen N-Gaben die Verluste durch Seneszenz im späteren Winter groß sind. Auch WOLF (2002) zeigt in seinen Untersuchungen, dass hohe N-Gaben, früh appliziert, den Ertrag von *Festuca arundinacea* im Winter zwar steigern, aber diese Aufwüchse gleichzeitig die niedrigste Futterqualität von allen untersuchten Varianten im Februar erreichen.

2.3 Mineralstoffe

2.3.1 Einflussfaktoren

Die Elemente P, K, Na, Mg und Ca werden in Ionenform von der Pflanze über die Wurzel aufgenommen, elementspezifisch in die Zellstruktur bzw. den Stoffwechsel integriert (MENGEL 1991, LARCHER 2001) und stehen dann dem Tier als wertgebender Futterinhaltsstoff

zur Verfügung. Die Mineralstoff-Konzentrationen in Weideaufwüchsen sind dabei abhängig vom Standort der Pflanze, von Witterungsverhältnissen, der Nährstoffverfügbarkeit, dem Wachstumsstadium zum Erntezeitpunkt und der botanischen Zusammensetzung des Bestandes (OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997). Generell weisen kräuter- und leguminosenreiche Bestände höhere Mineralstoff-Konzentrationen als grasreiche auf, was insbesondere für die Elemente Ca und Mg zutrifft (ZÜRN 1951, WÖHLBIER & KIRCHGEBNER 1957, MENGEL 1991, ISSELSTEIN 1994, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, KIRCHGEBNER 1997, LASER 1999). Außerdem besteht zwischen einzelnen Arten eine große Variabilität bezogen auf das Aufnahmevermögen einzelner Nährstoffe (FLEMING & MURPHY 1968, STÄHLIN & TIRTAPRADJA 1974, MENGEL 1991, ISSELSTEIN 1994, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995). N-Angebot und der Düngungstermin beeinflussen die Mineralstoff-Konzentrationen (OPITZ v. BOBERFELD 1994a, WHITEHEAD 2000), indem N-Gaben z. B. eine hormonell bedingte Verzögerung der Reife auslösen können. Insbesondere bei erhöhten N-Mengen und einer Vorverlegung der Nutzung kann dies zu höheren Konzentrationen an K, Na, Mg und Ca in den Pflanzen führen (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), gleichzeitig sinken die Phosphatgehalte der Gräser ab (GRIMME et al. 1974, RINNE 1976, COLLINS & BALASKO 1981, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, RAZMJOO et al. 1997, REINBOTT & BLEVINS 1997, CHERNEY et al. 2002). Bei Rücknahme der Nutzungs- und Düngungsintensität (= Extensivierung) verändern sich nach HEMINGWAY (1961) und HOPKINS et al. (1994) die Mineralstoff-Konzentrationen in Weideaufwüchsen zum Nachteil für das Weidetier. Untersuchungen verschiedener Gräser/Kräuter-Mischungen zeigen ein vergleichsweise niedriges Niveau der Mineralstoff-Konzentrationen insbesondere nach langer Wachstumszeit, was bei extensiven Produktionsformen zu Problemen führen kann (OPITZ v. BOBERFELD & LASER 1999, WHITEHEAD 2000).

Das physiologische Alter der Aufwüchse ist häufig von entscheidender Bedeutung für die Mineralstoff-Konzentrationen der Pflanzen, da diese eine markante wachstumsbedingte Abhängigkeit zeigen (FLEMING & MURPHY 1968, KLAPP 1971, MÜLLER et al. 1971, ANKE et al. 1994, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, WILMAN et al. 1994); dies wirkt sich insbesondere auf die P- und K-Gehalte, in geringerem Maße auch auf die Na- und Mg-Gehalte aus (LASER 1999). Daher muss in überständigem Material mit geringeren Mineralstoff-Konzentrationen gerechnet werden (MENKE 1987). Obergrasreiche Bestände altern in der Regel schneller als untergras- und kräuterreiche Narben (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), sodass einige wertvolle Kräuterarten die Qualität und die Nutzungselastizität in geringem Umfang verbessern können. Allerdings neigen einige Kräuter mit zunehmendem Alter zur stärkeren Lignifizierung als

Gräser, was sich dann negativ auf die wertgebenden Inhaltsstoffe auswirkt (ISSELSTEIN 1994, LASER 1999). Außerdem bestehen bei Gräsern elementspezifische Unterschiede zwischen Blatt und Halm (OPITZ v. BOBERFELD 1994b); CHYI & PHILLIPS (1996) beschreiben auch Unterschiede zwischen den Blättern von Gräsern und Kräutern bezogen auf alterungsbedingte Akkumulations- und Translokationsprozesse von Mineralstoffen. Die genetisch programmierte Alterung (= Seneszenz), die bei ausdauernden Pflanzen meist durch Außenfaktoren, wie Kurztag oder dem Erreichen von bestimmten Temperaturbereichen, ausgelöst wird, ist von großer ökonomischer Bedeutung für den Stoffhaushalt der Pflanzen, um sich in Gebieten mit begrenzter Vegetationszeit zeitgerecht auf Überdauerungsperioden einzustellen (LARCHER 2001). Im Gegensatz zu monokarpen Pflanzen ist für die Überwinterung perennierender Gräser und Leguminosen eine ausreichende Speicherung von Reservestoffen (= leicht lösliche Kohlenhydrate, N-haltige Verbindungen, Mineralstoffe) in dazu geeigneten vegetativen Geweben (= Stoppeln, Wurzeln, Stolonen, Rhizome) notwendig (KLAPP 1971, VOIGTLÄNDER 1987, LARCHER 2001). Diese spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Kälteresistenz, dienen dem Erhaltungsbedarf während der Winterruhe einer Pflanze und sind Grundlage für den Wachstumsbeginn im Frühjahr, sodass eine schonende Nutzung in den letzten Herbstwochen zur Sicherung dieser Stoffreserven erfolgen sollte (VOIGTLÄNDER 1987). Alternde Pflanzenzellen verändern sich auf charakteristische Weise (LARCHER 2001). Dazu gehört auch ein schrittweiser Abbau der Blattproteine, der zu einem Mißverhältnis im Proteinmetabolismus (= mehr Eiweißabbau als Synthese) führt, sodass es zur Anhäufung niedermolekularer Aminoverbindungen kommt, die in Attraktionszentren, wie Samen oder jüngere Sprosssteile, abgeleitet werden können. Dadurch können 60 % des Blatteiweißes – somit wichtige Elemente (= N, P und S) – zur Wiederverwertung zurückgewonnen werden (LARCHER 2001). Unter anderem wird auch Chlorophyll enzymatisch zerlegt, sodass dabei ebenfalls frei werdendes Mg (= wichtiger Baustein des Chlorophylls) von der Pflanze aktiv verlagert werden kann, um für eine spätere Neusynthese zur Verfügung zu stehen (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995). Ebenso können nach THOMAS et al. (2003) die Nucleinsäuren (= RNA und DNA) der Pflanze sowohl als wertvoller Speicher als auch Quelle der Remobilisation von P angesehen werden, insbesondere wenn die Pflanze nur marginal mit P versorgt ist. Auch die Qualität von Winterweidefutter wird häufig mit der Seneszenz der Aufwüchse in Verbindung gebracht (HUGHES 1954, GARDNER & HUNT 1955, BALASKO 1977, COLLINS & BALASKO 1981, JAINDL et al. 1991, WILLMS et al. 1998, WOLF 2002, WÖHLER 2003). Eine zu frühe Schonung im Sommer geht zu Lasten der Futterqualität (MATCHES 1979), da die Aufwüchse älter sind und die zuvor beschriebene Seneszenz bereits stärker fortgeschritten ist.

Neben den wachstumsabhängigen Veränderungen zeigen einige Mineralstoffe eine deutlich jahreszeitliche Abhängigkeit (FLEMING & MURPHY 1968, MÜLLER et al. 1971, FLEMING 1973, METSON & SAUNDERS 1978, ANKE et al. 1994, WILMAN et al. 1994, WILLMS et al. 1998). Niedrige Temperaturen im Herbst und Winter reduzieren die Verfügbarkeit von N, P, Mg und Ca für die Pflanze, sodass bereits der Eigenbedarf der Pflanze im Winter nicht ausreichend gedeckt werden kann (RAZMJOO et al. 1997). Im späten Winter spielen Prozesse, die in deutlichem Zusammenhang mit den extremen Witterungsbedingungen stehen, eine ausgeprägtere Rolle. Neben der ohnehin altersbedingt höheren Anfälligkeit gegenüber abiotischen Stressoren und Parasitenbefall (LARCHER 2001) bieten im Winter Zellschädigungen infolge äußerer klimatischer Einflüsse (= Frostschäden) zusätzliche Angriffsflächen für parasitäre Krankheiten und Schädlinge (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). So berichtet CORBETT (1957), dass in Schottland 40 % der TS von *Lolium perenne*-Narben im Laufe des Winters verrottet. Pilzliche Krankheitserreger wie *Microdochium spec.* treten häufig im Winter oder Frühjahr an Beständen auf und können bei *Lolium spec.* zu Totalausfällen führen (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Als problematisch können sich solche Infektionen auch für die Gesundheit der Weidetiere erweisen, da bestimmte Pilze unter für sie günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen und bei guter Kohlenhydratversorgung in der Lage sind, Mykotoxine zu bilden, die beim Weidetier zu Mykotoxikosen (= Leistungsrückgang, Fruchtbarkeitsstörungen, Massverluste) führen können (BAATH et al. 1990, HÖLTERSHINKEN et al. 1996, 2000, OPITZ v. BOBERFELD 1996). Die Konzentration von Ergosterol, einem Zellwandbestandteil von Pilzen, gilt als Indikator für den Verpilzungsgrad von Weideaufwüchsen (SEITZ et al. 1977). Sowohl die Ergebnisse von WOLF (2002) als auch WÖHLER (2003) zeigen, dass mit fortschreitendem Winter *Lolium perenne* bzw. *Lolio-Cynosureten* höhere Ergosterol-Konzentrationen als *Festuca arundinacea* bzw. *Festuco-Cynosureten* aufweisen. Zellschädigungen der Blätter erleichtern zudem das Auswaschen (= leaching) von wertgebenden Inhaltsstoffen. WILLMS et al. (1998) beschreiben die Auswaschung von Inhaltsstoffen aus abgestorbenen Blättern als einen entscheidenden Faktor bei der Minderung der Futterqualität von Weideaufwüchsen. Bei der Nutzung von Winterweideaufwüchsen stellt sich daher die Frage, ob dem Weidetier unter diesen besonderen Witterungsbedingungen ein ausreichendes Angebot an Mineralstoffen über Winterfutter "auf dem Halm" gewährleistet werden kann. Die Ernährung der Weidetiere und vor allem die Versorgung mit essentiellen Mineralstoffen ist ein komplexes Zusammenspiel zwischen Boden, Pflanze und Tier (JUDSON & MCFARLANE 1998). Die Ansprüche von Pflanze und Tier – bezogen auf Menge und Essentialität der Elemente – sind unterschiedlich (MENGEL 1991, KIRCHGEßNER 1997, JUDSON & MCFARLANE 1998, WHITEHEAD 2000). Die

ausreichende Konzentration eines Elements im Weideaufwuchs ist nicht gleichbedeutend mit einer bedarfsgerechten Versorgung des Tieres, da zum einen der Bedarf des Tieres höher sein kann als der Bedarf der Pflanze (WHITEHEAD 2000), zum anderen Interaktionen zwischen den Elementen bei der Resorption durch das Tier auftreten können (KIRCHGEBNER 1997, JEROCH 1999, MAYLAND & SHEWMAKER 2001). Dennoch gibt die Analyse der Mineralstoffkonzentrationen von Weideaufwüchsen gute Hinweise auf die Versorgungslage der Weidetiere mit bestimmten Elementen und dient der Erkennung von mineralischer Fehlernährung (JUDSON & MCFARLANE 1998, JEROCH 1999). Dabei sind neben den absoluten Mineralstoffkonzentrationen auch die Relationen einzelner antagonistisch wirkender Elemente zu bewerten, da Krankheiten infolge von Mineralstoffimbancen (= u. a. Weidetetanie) ein Problem sein können (PALLAUF 1983, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997). Eine Mangelversorgung beim Tier lässt sich daher in primären (= absolute Mangelversorgung) und sekundären Mangel (= aufgrund synergetischer/antagonistischer Wirkung) unterteilen (TERÖRDE 1997). Im nachfolgenden wird auf die Bedeutung der genannten Mineralstoffe für Pflanze und Tier eingegangen, wobei der Bedarf des Weidetieres zur Beurteilung der Qualität von Winterfutter "auf dem Halm" in den Vordergrund gestellt wird. Da bisher noch keine speziellen Empfehlungen für Mutterkühe vorliegen, werden entsprechende Angaben nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) für Wiederkäuer herangezogen. Die Bedarfszahlen stellen lediglich Anhaltspunkte dar, da verschiedenste Faktoren (= Gravidität, Alter des Tieres, spezifisches Weideverhalten und Futteraufnahme etc.) den Bedarf des Weidetieres beeinflussen. Aus Sicht der Grünlandwirtschaft können diese Zahlen jedoch eine Grundlage für angepasste Managementmaßnahmen (= Hauptbestandsbildner, Düngungsmaßnahmen) zum Ausgleich von bestehenden Mangelsituationen darstellen.

2.3.2 Phosphor

Phosphor wird je nach vorherrschender Bodenbedingung als H_2PO_4^- (= saure Böden) oder mit ansteigendem pH-Wert vermehrt als HPO_4^{2-} von der Pflanze aufgenommen (SCHACHTSCHABEL 1992). Dabei ist die Pflanze auf das P-Angebot in unmittelbarer Wurzelnähe angewiesen (SCHACHTSCHABEL 1992), sodass sich das feinnetzige Wurzelsystem von Gräsern positiv auswirkt (MENGEL 1991). Untersuchungen von ISSELSTEIN (1994) bestätigen, dass Gräser gegenüber Kräutern ein besseres P-Aneignungsvermögen haben, auch LIU et al. (1995) beschreiben genetisch bedingte Unterschiede bei der P-Aufnahme. Auf P-armen Böden gemäßigter und warmer Klimate hat die Symbiose von Wurzel und endotroph lebenden Pilzen (= Mykorrhiza) eine große Bedeutung, da sie die Pflanzenwurzel bei der Erschließung von Phosphat und Wasser unterstützen (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). In der Pflanze wird

P schnell in organische Phosphate überführt, ist sowohl akro- als auch basipetal gut beweglich und übernimmt wichtige Aufgaben bei der Energieübertragung ($\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_{\text{an}}$), als Baustein von Enzymen, Nucleinsäuren und Phospholipiden (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a) oder bei der Keimung von Samen; häufig wird es in diesen in Form von Phytaten und Phytinsäuren (= Ca- oder Mg-Salze) angereichert (WHITEHEAD 2000). P-Gaben auf Grünland in Mitteleuropa fördern insbesondere Leguminosen und dienen somit vorwiegend der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Die P-Konzentrationen in Weideaufwüchsen werden in der Literatur mit 0,3 % (= gräserreich, physiologisch alt, Spätsommer) bis 0,5 % (= kräuterreich, physiologisch jung, Frühjahr) i. d. TS beschrieben, sodass der Bedarf eines Weidetieres, der bei 0,4 bis 0,5 % d. TS liegt, nicht immer ausreichend abgedeckt werden kann (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Mit zunehmendem Alter des Aufwuchses sinkt die P-Konzentration (MÜLLER et al. 1971, ANKE et al. 1994, WILMAN et al. 1994, KIRCHGEBNER 1997, UNDERWOOD & SUTTLE 1999), wobei die Konzentrationen in Gräsern von Frühjahr bis Herbst deutlicher abnehmen als in Kräutern und Leguminosen (WHITEHEAD 2000). Andere Autoren sprechen der P-Konzentration eine starke jahreszeitliche Abhängigkeit zu (FLEMING & MURPHY 1968, METSON & SAUNDERS 1978). P kommt im Tier nur in Verbindungen der Orthophosphorsäure vor und übernimmt im Organismus wichtige Funktionen als Baustoff für Knochen und Zähne, ist Bestandteil von Nucleinsäuren und Phospholipiden und spielt – wie auch bei Pflanzen – eine wichtige Rolle bei der Energieübertragung (KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000). P wird wie auch Ca in großen Mengen vorwiegend im Skelett des Tieres gespeichert und kann in Zeiten ungenügender Zufuhr wieder freigesetzt werden (KIRCHGEBNER 1997). Die Verfügbarkeit und Resorption von P steht im engen Zusammenhang mit Ca und Mg (PALLAUF 1983, MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997), so ist das Ca/P-Verhältnis bei der praktischen Fütterung zu beachten, vgl. Kap. 3.3.7. Symptome des P-Mangels beim Wiederkäuer sind reduzierte Futteraufnahme, somit geringeres Wachstum und verminderte Milchproduktion sowie ein generell träges Erscheinungsbild (WHITEHEAD 2000). Langfristiger und schwerer P-Mangel kann zu Rachitis (= bei jungen Tieren) oder Osteomalazie (= bei ausgewachsene Tiere) führen (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000). P-Mangelerscheinungen bei Rindern und Schafen treten standortabhängig (= P-arme, extrem kalkreiche oder extrem saure Böden) verstärkt in extensiven Weidesystemen am Ende der Vegetationsperiode (WHITEHEAD 2000) oder beim Beweiden deutlich überständigen Futters (ANKE et al. 1994) auf. WALLIS DE VRIES (1996) beobachtet in den Untersuchungen einer über Winter weidenden Herde junger Ochsen das vereinzelte Auftreten von Osteomalazie und das Lecken und Kauen von Boden, Holz, Steinen oder Knochen

(= Osteophagie, "Pica-Verhalten") als direkte Folge einer P-Unterversorgung. Sowohl COLLINS & BALASKO (1981) als auch RAZMJOO et al. (1997) berichten über zu geringe P-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* im Winter.

2.3.3 Kalium

Kalium weist im Vergleich zu den hier betrachteten Mineralstoffen meist die höchsten Konzentrationen in den Pflanzen auf (MENGEL 1991, WHITEHEAD 2000). In Böden dienen K-haltige primäre (= Glimmer, Alkalifeldspäte) und sekundäre Tonminerale (= Vermiculit, Smectite) als Reserven (MENGEL 1991, SCHACHTSCHABEL 1992). Insbesondere Gräser sind aufgrund ihres ausgedehnten Wurzelsystems befähigt, sich auch das nicht austauschbare Zwischenschicht-K der Tonminerale anzueignen (STEFFENS & MENGEL 1979, MENGEL 1991). Allerdings können dikotyle Pflanzen besser um zweiwertige Kationen, wie Ca oder Mg, konkurrieren (MENGEL 1991, ISSELSTEIN 1994, WHITEHEAD 2000), sodass eine K-Düngung besonders dikotyle Pflanzen fördert (OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995). Bei ausreichendem Angebot, meist in hohen Raten aufgenommen, kann K aufgrund seiner antagonistischen Wirkung die Aufnahme der Kationen Na^+ , Mg^{2+} und Ca^{2+} behindern (= Ionenantagonismus), wobei dieser Antagonismus auch bei der Resorption durch das Tier eine wichtige Rolle spielt (MENGEL 1991, MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000). Bei niedrigen Temperaturen wird K zudem anscheinend stärker als alle übrigen Elemente von Gräsern aufgenommen (BARNETT & REID 1961, WILKINSON & MAYS 1979); nach UNDERWOOD & SUTTLE (1999) trifft dies besonders auf "typische cool-season grasses", wie *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* oder *Phleum pratensis*, zu. In der Pflanze sowohl akro- als auch basipetal gut beweglich, übernimmt K wichtige Funktionen beim Stofftransport (= Wasserhaushalt), bei der Regulation der Stomata (= osmotisches Potential) und dient als Aktivator verschiedenster Enzyme (MENGEL 1991, WHITEHEAD 2000). Nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) liegen die K-Konzentrationen von Weideaufwüchsen zwischen 2 bis 6 % i. d. TS – auf Extensivweiden im Durchschnitt bei 1,8 %, auf Intensivweiden bei 3,2 % (ANONYMUS 1973). Generell ist mit einer höheren K-Konzentration in Gräsern und sonstigen Kräutern als in Leguminosen zu rechnen (KLAPP 1971). Mit zunehmendem Alter der Pflanzen nimmt die K-Konzentration ab (KIRCHGEBNER et al. 1960, MENGEL 1991, ANKE et al. 1994, WILMAN et al. 1994), andere Autoren sprechen jahreszeitlichen Einflüssen die größere Bedeutung zu (FLEMING & MURPHY 1968, MÜLLER et al. 1971, METSON & SAUNDERS 1978). Der Bedarf eines Weidetieres, der bei 1 % K der TS liegt (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a), ist somit meist gedeckt; im Gegensatz zu den übrigen Mineralstoffen weisen die

Aufwüchse intensiv genutzter Grünlandflächen aus Sicht der Tierernährung häufig einen K-Überschuss auf (PHILLIPS 2001). Im Organismus des Tieres dient K zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks der Körperflüssigkeiten und der Membranpotentiale der Zellwände, steuert den Säure-Base-Haushalt und die Muskel- und Nervenaktivität (KIRCHGEBNER 1997). Ein K-Überangebot beeinträchtigt die Resorption von Na, Mg und Ca durch das Tier, was zu Stoffwechselstörungen und Erkrankungen, wie der Weidetetanie, führen kann (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000, PHILLIPS 2001), vgl. Kap. 2.3.6. Mit ausreichenden Na- und Mg-Gaben kann dem K-Ionenantagonismus – besonders bei suboptimaler K-Versorgung – effizient entgegen gesteuert werden (OPITZ v. BOBERFELD 1980). Durch eine angepasste K-Gabe im späten Sommer können die K-Konzentrationen im Winter erhöht werden (BALASKO 1977). Für *Festuca arundinacea* berichten BARTHOLOMEW et al. (1997) über ausreichende K-Konzentrationen im Weidefutter während des gesamten Winters, während COLLINS & BALASKO (1981) aus Morgantown/West Virginia nicht mehr ausreichende K-Konzentrationen im Januar – teilweise bereits schon im Dezember – bei allen untersuchten Düngungsstufen feststellen; erhöhte N-Gaben können die K-Konzentrationen zwar erhöhen, aber auch hier liegt bereits Mitte Januar die Konzentrationen $< 1\%$ i. d. TS, wobei der Vornutzungstermin einen großen Einfluss zeigt (COLLINS & BALASKO 1981).

2.3.4 Natrium

Na ist essentiell für den Organismus des Tieres (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997), nicht aber für die meisten auf hiesigem Grünland verbreiteten Pflanzen. Unter humiden Klimabedingungen besteht bei Na in Böden aufgrund der hohen Löslichkeit der Na-Salze eine große Auswaschungsgefahr (SCHACHTSCHABEL 1992); in Meeresnähe und ariden Gebieten hingegen sind saline Böden mit hohem Na-Überschuss verbreitet (MENGEL 1991). Na-Aufnahme der Pflanze, Na-Konzentration und Akkumulationsort in den verschiedenen Pflanzenarten und wachstumsbedingte Unterschiede der Na-Konzentration sind verschiedenartig und werden in der Literatur unterschiedlich beschrieben (FLEMING & MURPHY 1968, STÄHLIN & TIRTAPRADJA 1974, MENGEL 1991, CHIU & PHILLIPS 1993, ISSELSTEIN 1994, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, ANKE et al. 1994, WILMAN et al. 1994, MARSCHNER 1995, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, OPITZ v. BOBERFELD et al. 1999), sodass verallgemeinernde Aussagen über die Na-Konzentrationen von Gräsern, sonstigen Kräutern und Leguminosen schwierig sind (WHITEHEAD 2000). Für verschiedene Gräser gilt jedoch, dass *Lolium*-Arten, *Dactylis glomerata* und *Trifolium repens* meist hohe, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* und *Festuca*-Arten dagegen niedrige Na-Konzentrationen aufweisen (MENGEL 1991, CHIU &

PHILLIPS 1993). Nach UNDERWOOD & SUTTLE (1999) besteht nur bei Gräsern, nicht aber bei Leguminosen und sonstigen Kräutern, eine alterungsbedingte Abhängigkeit der Na-Konzentration. ISSELSTEIN (1994) hingegen stellt sowohl bei *Lolium perenne* als auch *Plantago lanceolata* einen Abfall der Na-Konzentration um 50 % von Frühjahr bis zum Sommer fest. Obwohl Na nur für Halophyten essentiell ist, wird es bei ausreichendem Angebot von vielen Pflanze aufgenommen (WHITEHEAD 2000) und meist vor allem in der Vakuole angereichert. Dabei kann es insbesondere bei suboptimaler K-Versorgung dessen Funktion bis zu einem gewissen Grad substituieren (MENGEL 1991). Im Allgemeinen sind die Na-Konzentrationen in Weideaufwüchsen für den Bedarf des Weidetieres nicht ausreichend, da der in der Literatur angegebene Bedarfswert für Weidetiere von 0,15 bis 0,2 % Na i. d. TS häufig nicht erreicht wird (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, WHITEHEAD 2000, PHILLIPS 2001). Nach KIRCHGEBNER (1997) weisen insbesondere Grünlandstandorte mit geringen Anteilen an *Lolium perenne* niedrige Na-Konzentrationen auf. Eine hohe K-Aufnahme wirkt hemmend auf die Na-Aufnahme durch die Pflanze (OPITZ v. BOBERFELD 1980, MENGEL 1991), genauso beeinträchtigt ein K-Überangebot die Na-Resorption durch das Tier (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2000). Im Organismus des Tieres übernimmt Na essentielle Aufgaben bei der Steuerung des Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsels sowie der Nervenfunktionen und reguliert den osmotischen Druck der Körperflüssigkeit; als Bestandteil des Speichels dient es beim Wiederkäuer zudem der Regulation des pH-Werts im Pansen (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997, TERÖRDE 1997, WHITEHEAD 2000). Bei ausschließlichen Weidegang ist eine Mineralstoffergänzung durch Viehsalz notwendig (KIRCHGEBNER 1997), andere Autoren empfehlen den Einsatz von Na-haltigen Düngemitteln zur Verbesserung der Konzentrationen in Weideaufwüchsen (WOLF 1971, OPITZ v. BOBERFELD 1980, CHYI & PHILLIPS 1997, OPITZ v. BOBERFELD et al. 1999, PHILLIPS 2000). Im Vergleich zu ungedüngten Aufwüchsen beobachten CHYI & PHILLIPS (1997) als direkte Folge einer Na-Düngung einen Anstieg der Na- und Mg-Konzentrationen in jungen Blättern, die Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen älterer und abgestorbener Blätter hingegen werden reduziert. Nach WÖHLBIER et al. (1957) liegen die Na-Konzentrationen von *Lolium perenne*, das sich durch ein erhöhtes Na-Anreicherungsvermögen und erhöhte Konzentrationen in der oberirdischen Masse auszeichnet (ISSELSTEIN 1994, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995), bereits zu Blühbeginn unterhalb des Bedarfs einer Mutterkuh. FLEMING & MURPHY (1968) bestätigen deutliche Vorteile von *Lolium perenne* gegenüber *Festuca arundinacea* bezogen auf das Na-Aneignungsvermögen während der Vegetationsperiode, doch nach einer markant ausgeprägten Abnahme von Oktober bis Dezember bei *Lolium perenne* liegen die Na-Kon-

zentrationen beider Arten im Winter deutlich $< 0,10\%$ i. d. TS. BALASKO (1977) stellt bei *Festuca arundinacea* in West Virginia/USA Na-Konzentrationen im Durchschnitt zweier Winter von $0,14\%$ im Dezember und $0,09\%$ i. d. TS im Januar fest, wobei eine Schonung ab Mitte August und eine N-Gabe von insgesamt 120 kg N ha^{-1} (= zwei Gaben, im Frühjahr und Spätsommer je 60 kg N ha^{-1}) vorausgegangen sind.

2.3.5 Magnesium

Die wichtigsten Quellen für Mg im Boden sind Mg-haltige Silikate wie Olivine oder Biotite (SCHACHTSCHABEL 1992). Aufgrund des geringen Ionendurchmessers und der großen Hydrathülle wird Mg von der Pflanze in geringerem Maße aufgenommen als K oder Ca, außerdem wird die Mg-Aufnahme und Mg-Verfügbarkeit innerhalb der Pflanze durch antagonistische Wirkungen verschiedenster Kationen (= K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+}) beeinflusst (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Daher kann ein absoluter Mg-Mangel sowohl durch zu geringe Mg-Konzentrationen in der Bodenlösung als auch durch Ionenantagonismus hervorgerufen werden (WHITEHEAD 2000). Mg wird in der Pflanze sowohl im Xylem als auch im Phloem transportiert, wodurch eine Mobilisation aus alten in junge Blätter möglich ist (MENGEL 1991, LARCHER 2001). Als Baustein des Chlorophylls ist Mg von zentraler Bedeutung für die Photosynthese, dient aber auch als Enzymaktivator oder stabilisierender Baustein in Membranen (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995). Der durchschnittliche Gehalt eines Weidaufwuchses liegt bei $0,2\%$ i. d. TS, sodass der Bedarf eines Weidetieres, der bei $0,2$ bis $0,3\%$ i. d. TS einzuordnen ist, durch Grünlandaufwüchse nicht immer ausreichend gedeckt wird (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Nach Untersuchungen von ISSELSTEIN (1994) liegen die Mg-Konzentrationen von *Lolium perenne* bereits im Juni unterhalb der empfohlenen $0,2\%$. Bei der Durchführung der Winterweide auf einer *Festuca arundinacea*-Narbe in West Virginia/USA berichten COLLINS & BALASKO (1981) von abnehmender Mg-Konzentration im Verlauf des Winters, wobei die erforderlichen $0,2\%$ Mg i. d. TS teilweise bereits im Dezember unterschritten werden. BARTHOLOMEW et al. (1997) hingegen stellen in Ohio/USA ausreichende Mg-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* während des gesamten Winters fest. Insbesondere wirtschaftseigene Futtermittel unterliegen großen Schwankungen in ihren Mg-Konzentrationen. Die Mg-Konzentrationen zeigen eine deutliche jahreszeitliche Abhängigkeit, die durch Witterungseinflüsse (= Temperatur, Nässe) hervorgerufen wird (FLEMING & MURPHY 1968, GRUNES et al. 1970, MÜLLER et al. 1971, ANKE et al. 1994, RAZMJOO et al. 1997, WHITEHEAD 2000). Nach FLEMING & MURPHY (1968) steigen die Mg-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* von Mai bis September,

danach nehmen sie kontinuierlich bis zum Frühjahr ab. Andere Autoren beschreiben für Mg eine starke wachstumsbedingte Abhängigkeit (WILMAN et al. 1994, UNDERWOOD & SUTTLE 1999). Kräuter und insbesondere Leguminosen enthalten meist höhere Mg-Konzentrationen als Gräser (WÖHLBIER & KIRCHGEBNER 1957, KIRCHGEBNER et al. 1960, SCHACHTSCHABEL 1992, ISSELSTEIN 1994, WHITEHEAD 2000, LASER 2001), sodass intensiv genutzte, junge und grasreiche Grünlandaufwüchse ein Mg-armes Futter und somit ein Risiko für das Weidetier darstellen (KÜHBAUCH 1987, KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000). Im Organismus des Säugetieres übernimmt Mg ähnliche Funktionen wie P und Ca, wird aber nicht im gleichem Maße wie Ca homöostatisch über Hormone reguliert (KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2001). Mit Ausnahme von jungen Tieren kann Mg nur in geringem Maße aus dem Skelett mobilisiert werden. Neben den Aufgaben als Enzymaktivator ist Mg, wie auch Ca, notwendig für die Erregbarkeit der Nerven und der Muskelkontraktion (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2001). Eine unzureichende Mg-Versorgung über das Futter führt zu niedrigeren Mg-Konzentrationen im Blut (= Hypomagnesemia), die schon nach kurzer Zeit typische Symptome (= Nervosität, Muskelzittern) hervorrufen und zum Auftreten der Weidetetanie (= grass tetany) führen kann (KEMP & T'HART 1957, GRUNES et al. 1970, MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997, HEIKENS 1998, WHITEHEAD 2000, PHILLIPS 2001). Für das Auftreten von Weidetetanie spielen aber auch äußere klimatische Bedingungen, antagonistisch wirkende Elemente (= K, Na, Mg, Ca) oder andere Futterinhaltsstoffe (= XP-Konzentration, Struktur) eine entscheidende Rolle, vgl. Kap. 2.3.7, (KEMP & T'HART 1957, GRUNES et al. 1970, BALASKO 1977, COLLINS & BALASKO 1981, MARTENS & GÄBEL 1986, KLEE 1992, SWEENEY et al. 1996, JUDSON & MCFARLANE 1998, PHILLIPS 2001). Ökonomische Konsequenzen aufgrund von Massen- oder sogar Tierverlusten sind die Folge der auf vielfache Weise ausgelösten Weidetetanie (MAYLAND & SLEPER 1993); CRAWFORD et al. (1998) bezeichnen die Krankheit als eines der häufigsten Probleme bei der Winteraußenhaltung von Rindern und Schafen. GRUNES et al. (1970) berichten vom Auftreten der Weidetetanie im Frühjahr vor allem bei Weideaufwüchsen von *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* und *Bromus mollis*, die unter kalten und nassen Bedingungen wachsen. Bei der Verwendung von *Festuca arundinacea* als Winterfutter "auf dem Halm" kann es aufgrund großer Variabilität der Mg-Konzentrationen zu Problemen kommen, da der pflanzliche Bedarf deutlich niedriger als der des Tieres ist (WILKINSON & MAYS 1979). Durch die Verwendung von Sorten mit erhöhten Ca- und Mg-Konzentrationen (= "HiMag"-Sorten) besteht die Möglichkeit, das Auftreten von Weidetetanie einzuschränken (ASAY et al. 1979, SLEPER et al. 1980, MAYLAND & SLEPER 1993, CRAWFORD et al. 1998, SABREEN et al. 2003). Es gibt bereits "HiMag"-Sorten

von *Lolium multiflorum* und *Lolium perenne*, deren Eigenschaften allerdings unter praktischen Bedingungen bisher offenbar keine deutlichen Erfolge zeigen (MOSELEY & BAKER 1991, BINNIE et al. 1996, Smith et al. 1999). Angepasste Düngungsmaßnahmen können ebenfalls zur Erhöhung der Mg-Konzentrationen beitragen (WOLF 1971, CHIU & PHILLIPS 1997, REINBOTT & BLEVINS 1997, PHILLIPS 2001). BALASKO (1977) stellt fest, dass die Mg-Konzentration von *Festuca arundinacea* im Winter durch N-Gaben erhöht und durch K-Gaben erniedrigt wird. Daher sollte bei der Nutzung von *Festuca arundinacea* als Winterfutter auf eine N-Düngung nicht verzichtet werden (SWEENEY et al. 1996). Eine K-Applikation direkt vor oder während der Winterweideperiode hingegen sollte vermieden werden, da hohe K-Konzentrationen in der Bodenlösung die Mg-Aufnahme negativ beeinflussen können (WILKINSON & MAYS 1979, BARTHOLOMEW et al. 1997).

2.3.6 Calcium

Ca ist sowohl für die Pflanze als auch für das Tier ein essentielles Nährelement (MENKE 1987, MENGEL 1991, KIRCHGEBNER 1997, MARSCHNER 1995, WHITEHEAD 2000). Im Boden bilden schwer lösliche und verwitterbare Minerale, meist Ca-Carbonate ($= \text{CaCO}_3$), die wichtigste Reserve (SCHACHTSCHABEL 1992, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Aufgrund der im Vergleich zu Mg dünnen Hydrathülle ist Ca meist nur locker gebunden und steht in dieser leicht austauschbaren Form der Pflanze zur Verfügung, ist gleichzeitig aber auch stark auswaschungsgefährdet (MENGEL 1991, SCHACHTSCHABEL 1992, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Für die Löslichkeit des wasserunlöslichen CaCO_3 ist dabei der pH-Wert und die CO_2 -Konzentrationen von entscheidender Bedeutung (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Die Aufnahme durch die Pflanze erfolgt als Ca^{2+} , wobei antagonistische Wirkungen von K^+ , Na^+ , NH_4^+ und Mg^{2+} ausgehen können (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Dabei ist die Ca-Aufnahme und -Konzentration in der Pflanze stark pflanzenartabhängig (WÖHLBIER & KIRCHGEBNER 1957, KIRCHGEBNER et al. 1960, SCHACHTSCHABEL 1992, ISSELSTEIN 1994, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, WHITEHEAD 2000, LASER 2001). Gräser benötigen deutlich weniger Ca für ein optimales Wachstum als dikotyle Pflanzen (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995), besonders Leguminosen können eine zwei- bis dreifach höhere Ca-Konzentration als Gräser aufweisen (WHITEHEAD 2000). Neben der besseren Fähigkeit des Kationenaustausches nehmen Leguminosen im Gegensatz zu Gräsern Ca nicht nur über die Wurzelspitze, sondern offenbar auch über ältere Wurzelsegmente auf (MENGEL 1991). Ca erfüllt wichtige Aufgaben im pflanzlichen Stoffwechsel. Außer der Funktion als Bauelement zur Stabilisation der Zellmembran und dem Aufbau der Zellwände dient es ebenso als Enzymaktivator und Steuerelement (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a), spielt aber auch eine wichtige Rolle bei der Sig-

nalübertragung (= second messenger) zur Auslösung von pflanzlichen Anpassungsreaktionen auf Umweltbedingungen (MARSCHNER 1995, LARCHER 2001). Der Transport von Ca in der Pflanze findet im Transpirationsstrom des Xylems statt, sodass eine Translokation bei Ca-Mangel von älteren in jüngere Blätter nicht möglich ist (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, WHITEHEAD 2000). Neben den artbedingten Ca-Konzentrationen hat daher das physiologische Alter der Pflanzen einen entscheidenden Einfluss. Mit zunehmender Alterung ist mit einer starken Anreicherung von Ca in den Blättern zu rechnen (MENGEL 1991, WILMAN et al. 1994, MARSCHNER 1995). Andere Autoren sprechen jahreszeitlichen Einflüssen eine höhere Bedeutung zu (FLEMING & MURPHY 1968, MÜLLER et al. 1971). Die Ca-Konzentrationen von Weideaufwüchsen variieren nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) zwischen 0,6 (= gräserreich, jung) und 1,2 % i. d. TS (= kräuterreich, alt), sodass der Bedarf eines wachsenden und laktierenden Weidetieres von 0,5 bis 0,7 % meist gedeckt werden kann (ANKE et al. 1994, KIRCHGEBNER 1997, TERÖRDE 1997). Beim Tier ist Ca wie auch P und Mg Baustein für Knochen und Zähne, dient der Enzymaktivierung und der Nerven- und Muskelfunktionalität (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997, WHITEHEAD 2000, PHILLIPS 2001). Aufgrund des mit Beginn der Laktation abrupt auftretenden hohen Bedarfes unterliegt die Ca-Absorption und Mobilisation einer hormonell bedingten Regulation (= Homöostase), koordinierte Regulationsmechanismen dienen dabei der Aufrechterhaltung von Gleichgewichtszuständen (KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2001). Mangelerkrankungen, wie Gebärpärese (= Milchfieber) oder Rachitis/Osteomalazie, sollten durch eine zielgerichtete Versorgung gefährdeter Tiere verhindert werden (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997). Auch die Ca-Verwertbarkeit durch das Weidetier muss unter Beachtung anderer Elemente beurteilt werden, vgl. Kap. 3.3.7, (MENKE 1987, KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2001). Für die Ca-Konzentrationen in Winterweideaufwüchsen stellen COLLINS & BALASKO (1981) fest, dass die N-Gabe und der Nutzungsstermin im Sommer lediglich einen geringfügigen Einfluss auf die Ca-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* haben. Die Konzentrationen nehmen während des Winters offenbar nur langsam ab und so liefern die Aufwüchse dem Weidetier ein adäquates Angebot. Dagegen berichten RAZMJOO et al. (1997) jedoch von nicht ausreichenden Ca-Konzentrationen im Winter.

3.3.7 Mineralstoffimbalance

Mögliche antagonistische Wirkungen einzelner Mineralstoffe sind für die Beurteilung der Futterqualität unter den Aspekten der Tiergesundheit und Verwertbarkeit der Nährstoffe von entscheidender Bedeutung. Die bereits erwähnte "**tetany ratio**" (= $K/(Ca+Mg)$ -Quotient) stellt das Zusammenspiel einzelner antagonistisch wirkender Kationen dar und dient als Indi-

kator für eine erhöhte Gefahr des Auftretens von Weidetetanie, die gegeben ist, wenn der Wert des Quotienten 2,2 überschreitet (KEMP & T'HART 1957, MAYLAND & SLEPER 1993, CRAWFORD et al. 1998, OPITZ v. BOBERFELD 2001a, PHILLIPS 2001). Ein bestehendes Ungleichgewicht im Winter wird vorwiegend durch variierende K-Konzentrationen gegenüber meist relativ gleichbleibenden Mg- und Ca-Konzentrationen hervorgerufen (COLLINS & BALASKO 1981), deren Ursache die Temperaturabhängigkeit von K ist (BARNETT & REID 1961, WILKINSON & MAYS 1979). Hohe K-Konzentrationen im Weidefutter, aber auch zu hohe XP-Konzentrationen von jungem Gras behindern die Mg-Absorption im Pansen (MENKE 1987, KIRCHGEßNER 1997). Nach ROSENBERG & STÖBER (1971) wird die Gefahr der Weidetetanie als besonders hoch beschrieben, wenn die Mg-Konzentration des Aufwuchses $< 0,2\%$ i. d. TS ist und gleichzeitig die K-Konzentration $> 3\%$ i. d. TS sowie die XP-Konzentration des Aufwuchs 20% i. d. TS übersteigen. Gefährdend wirken außerdem niedrige Na- und Ca-Konzentrationen im Futter (WHITEHEAD 2000) und äußere klimatische Bedingungen, wie Temperaturstürze oder nasskalte Witterung, die zu Stresssituationen für die Tiere führen (KEMP & T'HART 1957, GRUNES et al. 1970, SWEENEY et al. 1996, KIRCHGEßNER 1997, JUDSON & MCFARLANE 1998, PHILLIPS 2001), sodass Weidetetanie trotz eines besseren Ernährungszustandes der Tiere bei Winterbeweidung weltweit doch sporadisch auftritt (WALLIS DE VRIES 1997, CRAWFORD et al. 1998). P und Ca sind von besonderer Bedeutung für Vorgänge bei reproduzierenden Tieren, denn zu Beginn der Laktation mobilisiert das Tier aufgrund der hohen Milchleistung bis zu 20% der im Skelett gespeicherten P- bzw. Ca-Menge (KIRCHGEßNER 1997). Kann das Tier nicht ausreichend Ca- und somit auch P- aus dem Skelett mobilisieren oder erfolgt eine unausgeglichene Fütterung vor dem Abkalben, kann es zur Gebärpause kommen (MENKE 1987, KIRCHGEßNER 1997). Ca und P werden besser verwertet, wenn sie dem Tier in einem bestimmten Verhältnis zugeführt werden (MENKE 1987, KIRCHGEßNER 1997). Erwünscht ist ein **Ca/P-Verhältnis** von 2 bis $1,5 : 1$, wobei laktierende und wachsende Tiere das weitere Verhältnis benötigen. Insbesondere grasreiche Intensivweiden können ein extrem enges Verhältnis (≤ 1) aufweisen, was vom Weidetier deutlich schlechter akzeptiert wird als ein zu weites Ca/P-Verhältnis (KIRCHGEßNER 1997). In der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode kann es zudem durch einen Ca-Überhang im Futter zu einem weiten Ca/P-Verhältnis kommen (KIRCHGEßNER 1997). ISSELSTEIN (1994) stellt fest, dass bei *Lolium perenne* das Ca/P-Verhältnis überwiegend zu eng, bei Kräutern dagegen zu weit ist.

2.4 Arbeitshypothese

Aus der Literatur lässt sich zusammenfassend herausstellen:

- *Festuco-* und *Lolio-Cynosureten* sind – bezogen auf deren futterbaulichen Leistungen – als Winterweide in Mittelgebirgslagen geeignet.
- *Festuca arundinacea* bietet, aufgrund seiner besonderen Vorzüge als wintergrüne Art, offenbar auch unter mitteleuropäischen Verhältnissen die beste Basis für eine Nutzung von Winterfutter "auf dem Halm".
- Entscheidenden Einfluss auf den Ertrag und die Qualität von Winterfutter "auf dem Halm" haben Hauptbestandsbildner, Schonungsgrad in der Vegetationsperiode und Erntetermin im Winter. Je später die Nutzung im Winter, desto größer sind die Einbußen an Masse und Qualität des Futters bedingt durch Seneszenz und Abbauprozesse.
- Die Mineralstoff-Konzentrationen von Grünlandaufwüchsen in der Vegetationsperiode werden vom Standort, durch Düngungsmaßnahmen, dem physiologischen Alter der Pflanzen und der botanischen Zusammensetzung beeinflusst.
- In extensiv organisierten Weidesystemen mit langer Wachstumsperiode und geringem Düngeraufwand ist mit vergleichsweise geringen Mineralstoff-Konzentrationen zu rechnen. Angepasste N-Gaben können in der Vegetationsperiode die K-, Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen in Gräsern erhöhen.
- Im Zuge von Seneszenz unterliegen insbesondere die Elemente P, K und Mg Remobilisationsprozessen innerhalb der Pflanze, Ca hingegen wird aufgrund geringerer Mobilität in älteren Blättern akkumuliert.
- Leguminosen und sonstige Kräuter weisen meist höhere Mineralstoff-Konzentrationen, insbesondere Ca- und Mg-Konzentrationen, als Gräser auf. Im Winter sind witterungsbedingte Einflüsse von besonderer Bedeutung, da offensichtlich vor allem einwertige Kationen, wie K^+ und Na^+ , Auswaschungsprozessen unterliegen.
- Die Konzentrationen von Na, Mg und P können schon in Sommeraufwüchsen nicht mehr ausreichend für die Deckung des Bedarfs eines Weidetieres sein. Krankheiten werden durch Mineralstoffunterversorgung, aber auch Mineralstoffimbancen hervorgerufen. Insbesondere vergleichsweise hohe K-Konzentrationen wirken antagonistisch auf Na, Mg und Ca; auch die Verwertbarkeit von Ca und P durch das Tier stehen in engem Zusammenhang. Daher sind neben absoluten Konzentrationen auch die Relationen einzelner Elemente zueinander zu beachten.

- Über die Mineralstoff-Konzentrationen von Winterfutter "auf dem Halm" liegen weder von Reinsaat noch von etablierten Pflanzengesellschaften für mitteleuropäische Verhältnisse umfassende Informationen vor. Weltweit wird aber vom Auftreten verschiedener Mangelerkrankungen, wie der Weidetetanie, bei winterlichem Weidegang berichtet. Diese Mangelerkrankungen haben ökonomische Konsequenzen für dieses Haltungssystem.

Daraus lassen sich folgende Fragen ableiten, zu dessen Klärung diese Arbeit einen Beitrag leisten soll:

- Wie präsentieren sich die Mineralstoff-Konzentrationen bestehender Weidegesellschaften oder Reinsaat im Winter und ergeben sich unter Einschluss variierender Standort- und Witterungsbedingungen Unterschiede zwischen *Festuco*- und *Lolio-Cynosureten* einerseits sowie zwischen *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* als Hauptbestandbildner andererseits?
- In wie weit beeinflussen der Schonungsgrad in der Vegetationsperiode, der Erntetermin im Winter und die N-Düngung als einflussnehmende Faktoren auf wachstumsbedingte Prozesse und Seneszenz die Mineralstoff-Konzentrationen der Weideaufwüchse im Winter?
- Wie stark beeinflussen variierende Witterungsverhältnisse im Winter die Mineralstoff-Konzentrationen?
- Bestehen jahrabhängig Wechselwirkungen zwischen dem Standort, dem Hauptbestandbildner, dem Erntetermin im Winter, dem Schonungsgrad in der Vegetationsperiode und der N-Menge?
- Welche Beziehungen bestehen zwischen der Mineralstoffkonzentration und dem Verpilzungsgrad sowie weiterer Qualitätsaspekte von Winterweidefutter?
- Kann der Bedarf der Weidetiere an den Elementen K, Na, Mg, Ca und P durch solche Winterweideaufwüchse gedeckt werden bzw. welche Bedeutung kommt unter dem Aspekt Tiergesundheit antagonistischen Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen zu?

3. Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Standort und Witterung

Die Basis der Untersuchungen waren drei Freilandversuchskomplexe (= *Pflanzengesellschaften*, *Hauptbestandsbildner*, *N-Düngung*). Die sechs Freilandversuchsflächen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* lagen an ausgewählten Standorten im Lahn-Dill-Bergland und im Westerwald, vgl. Abb. 1, in Höhenlagen von 320 bis 460 m ü. NN. Sie waren bereits Bestandteil der Untersuchungen von WÖHLER (2003), die TS-Ertrag, Rohprotein- und Ergosterol-Konzentration von Winterweidefutter "auf dem Halm" ermittelte. Bei der Auswahl der Vegetationseinheiten *Festuco-Cynosuretum* (= Rotschwengel-Straußgrasweide) und *Lolio-Cynosuretum* (= Weidelgrasweide) aus dem vorausgegangenen Projekt wurden neben

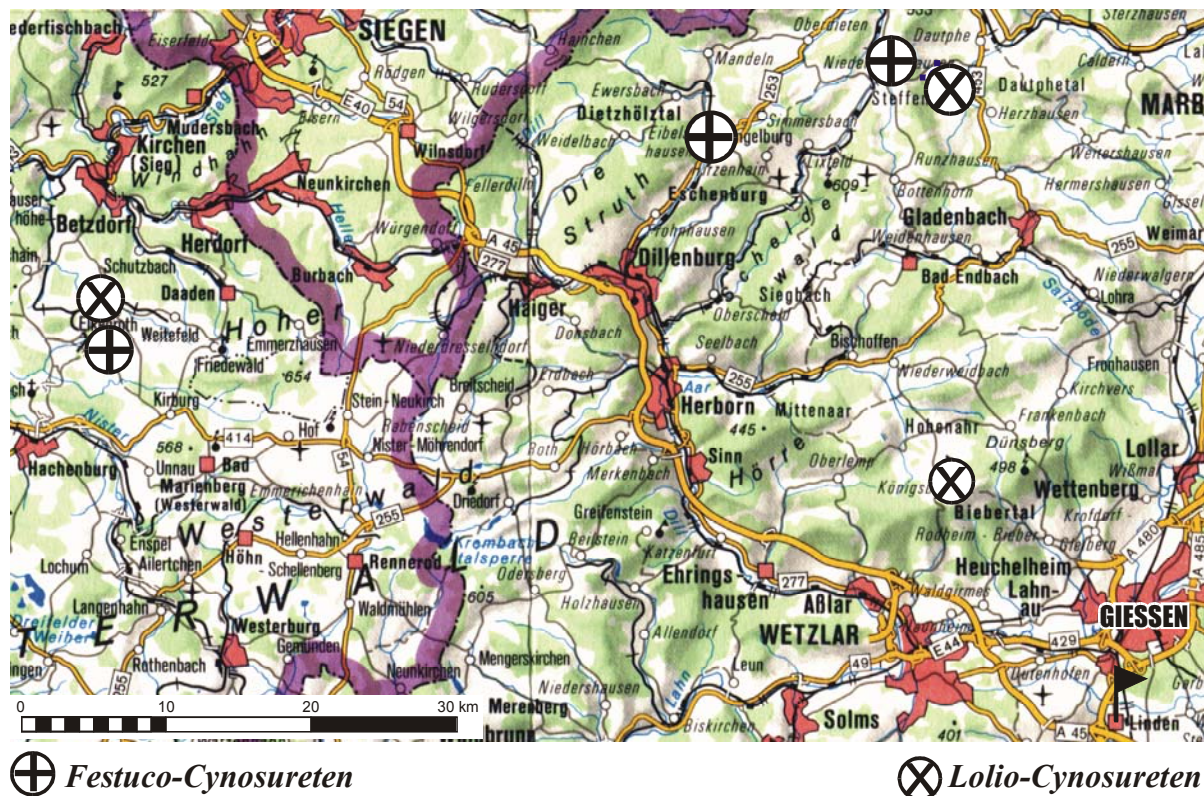


Abb. 1: Standort der Flächen der Versuchs *Pflanzengesellschaften*

Standort- und Klimaeigenschaften insbesondere die Bestandeszusammensetzung beachtet (= Pflanzenbestandsaufnahmen aus dem Mai/Juni 2001, nach der Ertragsanteilschätzung KLAPP & STÄHLIN (1929), vgl. Anhangtab. 1 bis 6), um einen großen Teil der im untersuchten Gebiet vorkommenden Weidegesellschaften (STERZENBACH 2000) zu repräsentieren. Zur weiteren Beschreibung zeigt Tab. 1 die Hauptbestandsbildner und Ertragsanteile der einzelnen hier berücksichtigten Flächen.

Die bodenchemischen Kennwerte der Flächen, die Bodenprofile und -arten sowie die Gauß-Krüger-Koordinaten der einzelnen Standorte sind in den Anhangtab. 7 bis 9 dargestellt. Zur Charakterisierung der Untersuchungsjahre dienen die Witterungsdiagramme der Versuchsstation Linden-Forst, vgl. Abb. 2, da diese, bezogen auf die Differenzierung der Jahre, als repräsentativ betrachtet werden können. Zum Vergleich mit der Witterungssituation der beiden Regionen, in denen die untersuchten Flächen lagen, sind in Anhangtab. 10 die

Tab. 1: Hauptbestandsbildner und Ertragsanteile (in %), Versuch *Pflanzengesellschaften*

	<i>Festuco-Cynosureten</i>			<i>Lolio-Cynosureten</i>		
m ü. NN	370	415	460	320	390	420
Gräser	79	86	75	82	98	79
Leguminosen	1	1	+	+	+	+
sonstige Kräuter	20	13	25	18	2	21
Hauptbestands- bildner	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Alopecurus pratensis, Lolium perenne</i>	<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Holcus lanatus, Poa trivialis</i>
Ertragsanteile des Hauptbestands- bildners	29	53	49	42	71	35

Witterungsdaten der Wetterstationen Holzhausen (= Lahn-Dill-Bergland, 368 m ü. NN) und Bad Marienberg (= Westerwald, 498 m ü. NN) dargestellt, außerdem in Anhangtab. 11 die Tage mit Schneebedeckung. Die Versuchsflächen der Versuche *Hauptbestandsbildner* und *N-Düngung*, welche die Basis für die Untersuchungen von WOLF (2002) zur Qualität und Masse von Winterweidefutter waren, befanden sich auf dem Gelände der Versuchsstation des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und Futterbau – der Justus-Liebig-Universität Gießen in Linden-Forst, 6 km südlich von Gießen, 160 m ü. NN. Bei dem anstehenden Bodentyp handelte es sich um einen Pseudogley aus periglazialen Fließerden über reliktschem Rotlehm (HARRACH 1987), vgl. Anhangtab. 15. Die bodenchemischen Kennwerte der Ausgangssituation sind in Anhangtab. 16 dargestellt. Um eine Mangelversorgung der Pflanzen in der Vegetationsperiode ausschließen zu können, wurde im März 2000 eine Grunddüngung mit 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ als Superphosphat und 100 kg K₂O ha⁻¹ als Kainit durchgeführt. Abb. 2 zeigt den Witterungsverlauf der untersuchten Jahre, ergänzend

sind in Anhangtab. 17 die Anzahl der Schneetage in den Wintermonaten für den Standort Linden-Forst aufgeführt.

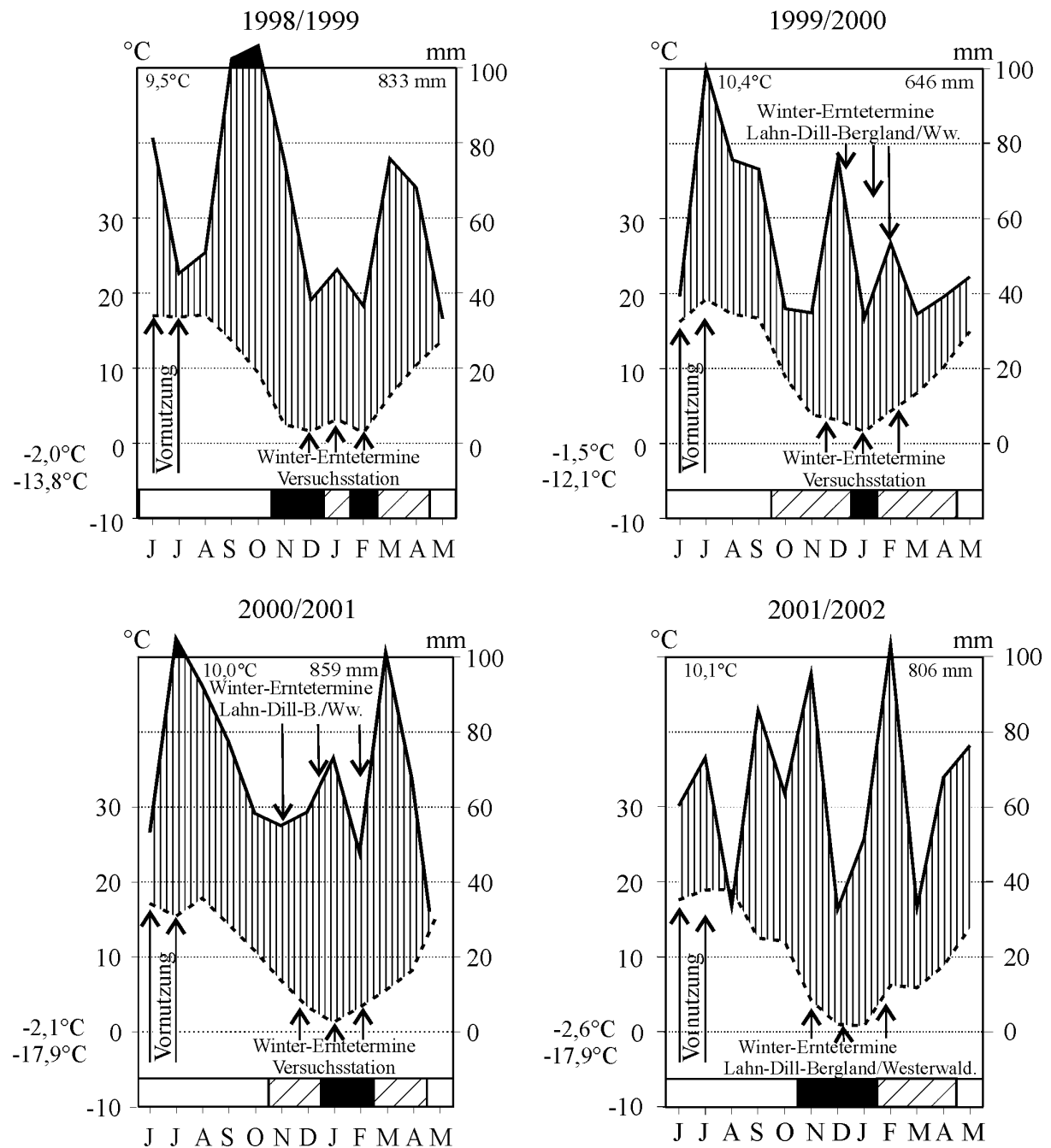


Abb. 2: Witterungsdiagramm der Versuchsstation Linden-Forst in 160 m über NN, zusammengestellt nach WALTER (1957)

3.1.2 Varianten

Der Versuch *Pflanzengesellschaften* wurde im Frühjahr 1999 an sechs verschiedenen Standorten einheitlich als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt, die entsprechenden Faktoren und Stufen gehen aus Tab. 2 hervor. Die Parzellengröße betrug jeweils 20 m².

Tab. 2: Versuch *Pflanzengesellschaften*

Faktoren	Stufen	
1. Assoziation	1.1 <i>Festuco-Cynosuretum</i> 1.2 <i>Lolio-Cynosuretum</i>	
2. Standort	<i>Festuco-Cynosureten</i> 2.1 370 m ü. NN 2.2 415 m ü. NN 2.3 460 m ü. NN	<i>Lolio-Cynosureten</i> 2.4 320 m ü. NN 2.5 390 m ü. NN 2.6 420 m ü. NN
3. Vornutzung	3.1 Anfang Juni (= 1x) 3.2 Anfang Juni + Anfang Juli (= 2x)	
4. Erntetermin	4.1 Anfang November 4.2 Mitte Dezember 4.3 Ende Januar	
5. Zeit	5.1 Erstes Hauptnutzungsjahr (1999/2000) 5.2 Zweites Hauptnutzungsjahr (2000/2001) 5.3 Drittes Hauptnutzungsjahr (2001/2002)	

Anfang August wurden die Parzellen jeweils mit $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ als Kalkammonsalpeter gedüngt, um den Nährstoffrückfluss der Tiere zu simulieren. Die Beobachtungsdauer betrug drei Jahre. Die erste Nutzung erfolgte einheitlich auf allen Parzellen Anfang Juni, wobei bei der zweiten Vornutzungsvariante die Parzellen nochmals im Juli beerntet wurden. Einheitlich für beide Vornutzungen erfolgte die erste Winternutzung im November. Die exakten Ernte- und Vornutzungstermine der Varianten sind den Anhangtab. 12 bis 14 zu entnehmen.

Tab. 3 zeigt die Varianten des Versuchs *Hauptbestandsbildner*, der 1997 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt wurde. Bei *Festuca arundinaceae* und *Lolium perenne* kamen jeweils Sortengemische zur Ansaat. ARABELLA und WEIGRA sind zwei erektophile Sorten von *Lolium perenne*, für deren Auswahl die geringe Nutzungsfrequenz bestimmend war. Bei *Festuca arundinacea* betrug die Aussaatstärke 35 kg ha^{-1} und bei *Lolium perenne* 25 kg ha^{-1} . Die Aussaat erfolgte drillreihenweise bei einer Parzellengröße von $7,0 \text{ m}^2$. Die N-Versorgung wurde mit einer Gabe von 50 kg N ha^{-1} als Kalkammonsalpeter jeweils Mitte April und Ende Juli sichergestellt. Die Erntetermine sind in Anhangtab. 18 dargestellt. Auch hier wurden alle Parzellen jeweils zuerst Anfang Juni beerntet und die Parzellen der zweiten Vornutzungsvariante nochmals Anfang Juli. Die Beobachtungsdauer betrug insgesamt vier Jahre, wobei hier die drei letzten Winter zur Untersuchung herangezogen wurden. Um einen Vergleich zwischen Sommer- und Winternutzungen zu ermöglichen bzw. einen "Standard" zu haben, wurden zusätzlich die jeweils im Juni und Juli geernteten Varianten

ten der Versuche *Pflanzengesellschaften* und *Hauptbestandsbildner* untersucht, vgl. Anhangtab. 12 bis 14, 64 bis 113 und 19, 158 bis 170.

Tab. 3: Versuch *Hauptbestandsbildner*

Faktoren	Stufen
1. Ansaat	1.1 <i>Festuca arundinacea</i> ELFINA, MALIK 1.2 <i>Lolium perenne</i> ARABELLA, WEIGRA
2. Vornutzung	2.1 Anfang Juni (= 1x) 2.2 Anfang Juni + Mitte Juli (= 2x)
3. Erntetermine	3.1 Anfang Dezember 3.2 Mitte Januar 3.3 Ende Februar
4. Zeit	4.1 Erstes Hauptnutzungsjahr 1999/2000 4.2 Zweites Hauptnutzungsjahr 2000/2001 4.3 Drittes Hauptnutzungsjahr 2001/2002

Der Versuch *N-Düngung* wurde im März 1998 als Lateinisches Rechteck mit vier Wiederholungen angelegt und ebenfalls über drei Jahre beobachtet, vgl. Tab. 4. Die Parzellengröße betrug aufgrund der zu erwartenden stärkeren düngungsbedingten Randeffekte 12,5 m². Die Narbe bestand aus den Sorten ELFINA und MALIK der Art *Festuca arundinacea* und wurde mit einer Aussaatstärke von insgesamt 35 kg ha⁻¹ im Verhältnis der Sorten 1:1 ausgebracht. Sowohl dieser als auch der Versuch Hauptbestandsbildner wurden bis zum Winter 2000/2001 jeweils zeitgleich beerntet, vgl. Anhangtab. 18.

Tab. 4: Versuch *N-Düngung*

Faktoren	Stufen
1. N-Menge (= Kalkammonsalpeter 27%) Termin: Ende Juli	1.1 0 kg N ha ⁻¹ 1.2 50 kg N ha ⁻¹ 1.3 100 kg N ha ⁻¹ 1.4 150 kg N ha ⁻¹
2. Erntetermin	2.1 Anfang Dezember 2.2 Mitte Januar 2.3 Ende Februar
3. Zeit	3.1 Erstes Hauptnutzungsjahr 1998/1999 3.2 Zweites Hauptnutzungsjahr 1999/2000 3.3 Drittes Hauptnutzungsjahr 2000/2001

3.1.3 TS-Ertrag und Rohproteinkonzentration

Die Abbildungen 3, 4 und 5 zeigen die TS-Erträge der verschiedenen Versuche für die entsprechenden Beobachtungsjahre, vgl. Anhangtab. 49 bis 51, 143 bis 145 und 202 bis 204. Die Werte beziehen sich auf den vom Einachsmäher (= Versuch Pflanzengesellschaften) und vom Vollernter (= Versuche Hauptbestandsbildner und N-Düngung) parzellenweise erfassten Frischsubstanzertrag und wurden nach Trocknung des Frischmaterials bei 103°C bis zur Massenkonstanz ermittelt. Die Rohprotein-Konzentrationen, vgl. Anhangtab. 53 bis 55, 146 bis 149 und 206 bis 208, wurden von bei 60°C getrocknetem Material nach KJELDAHL (ANONYMUS 1997) bestimmt. Die Daten wurden – abgesehen von dem Versuch *Hauptbestandsbildner* im Erntejahr 2001/2002, vgl. Anhangtab 145 und 149 – von WOLF (2002) und WÖHLER (2003) erhoben und zur statistischen Auswertung übernommen.

3.1.4 Verdaulichkeit organischer Substanz und Ergosterol-Konzentration

Zur weiteren Beschreibung der Futterqualität wurde die Verdaulichkeit organischer Substanz über die Variablen Gasbildung, Rohprotein- und Aschegehalt nach der Formel 43f (MENKE & STEINGASS 1987) geschätzt, vgl. Anhangtab. 57 bis 59, 151 bis 153 und 210 bis 212. Die Angaben zu den Ergosterol-Konzentrationen, die nach Verseifung und Extraktion in Petrol-ether mit der HPLC am UV-Detektor bestimmt wurden (SCHWADORF & MÜLLER 1989, ANONYMUS 1993), entstammen – soweit vorhanden – den Arbeiten von WOLF (2002) und WÖHLER (2003) bzw. wurden bestimmt, vgl. Anhangtab. 61 bis 63, 155 bis 157 und 214 bis 216. Auf die Bestimmung der Ergosterol-Konzentrationen der Sommeraufwüchse wurde aufgrund der Ergebnisse von OPITZ v. BOBERFELD (1996) verzichtet.

3.2 Methoden

3.2.1 Probenaufbereitung

Das geerntete Pflanzenmaterial von jeder Parzelle wurde gewogen, homogenisiert und ein aliquoter Teil, der bei 60°C im Trockenschrank bis zur Massenkonstanz getrocknet und anschließend auf einen Durchmesser von < 1 mm vermahlen wurde, entnommen.

3.2.2 Analytik

Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurden die Pflanzenproben trocken verascht und die Asche in 2 % iger HNO₃-Lösung aufgenommen. Die Ca-, Mg-, K- und Na- Konzentrationen wurden am Atomabsorptionsspektrometer (SCHINKEL 1984) und P wurde kolorimetrisch (GERICKE & KURMIES 1952) bestimmt. Alle Ergebnisse beziehen sich auf die bei 103°C

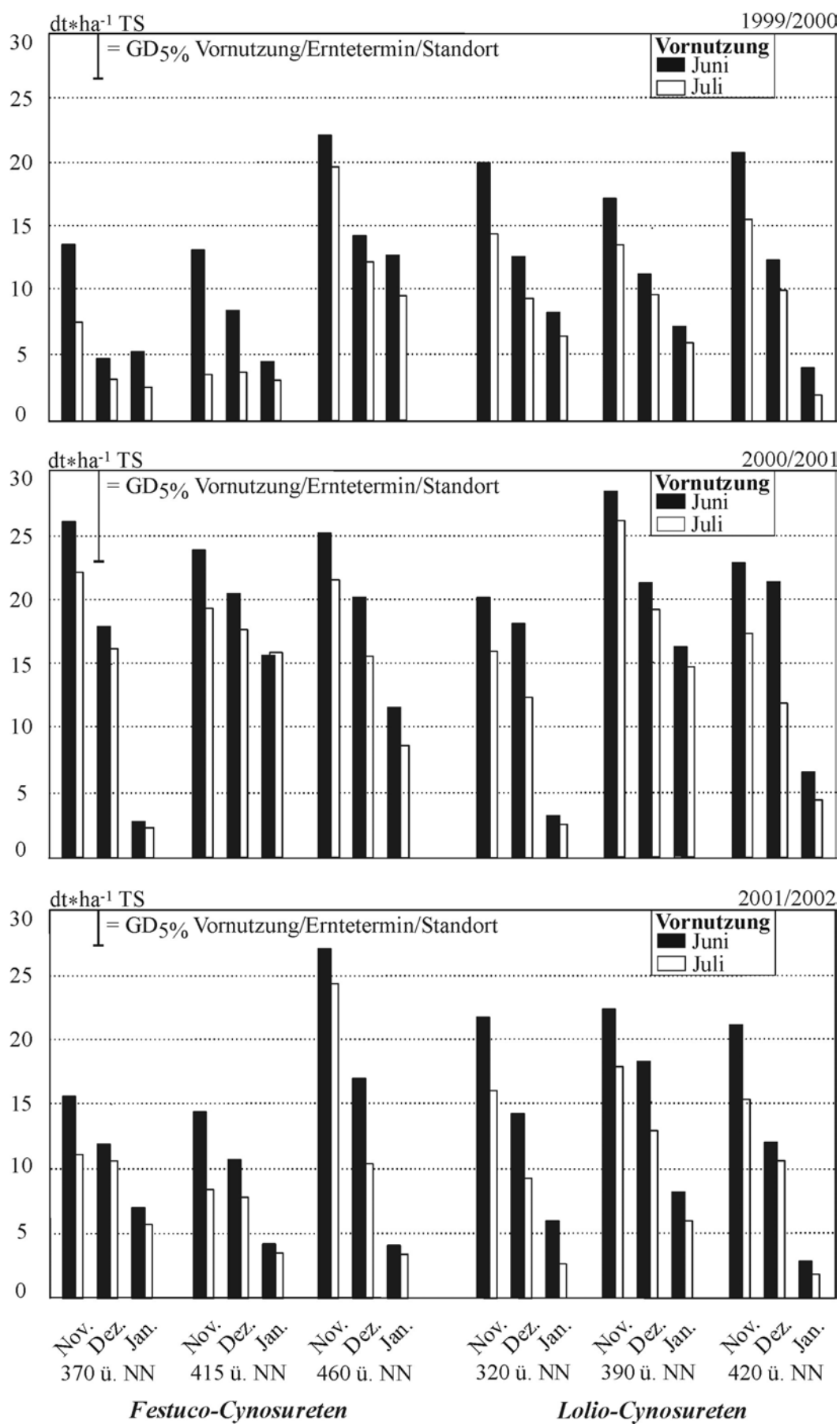


Abb. 3: TS-Ertrag in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

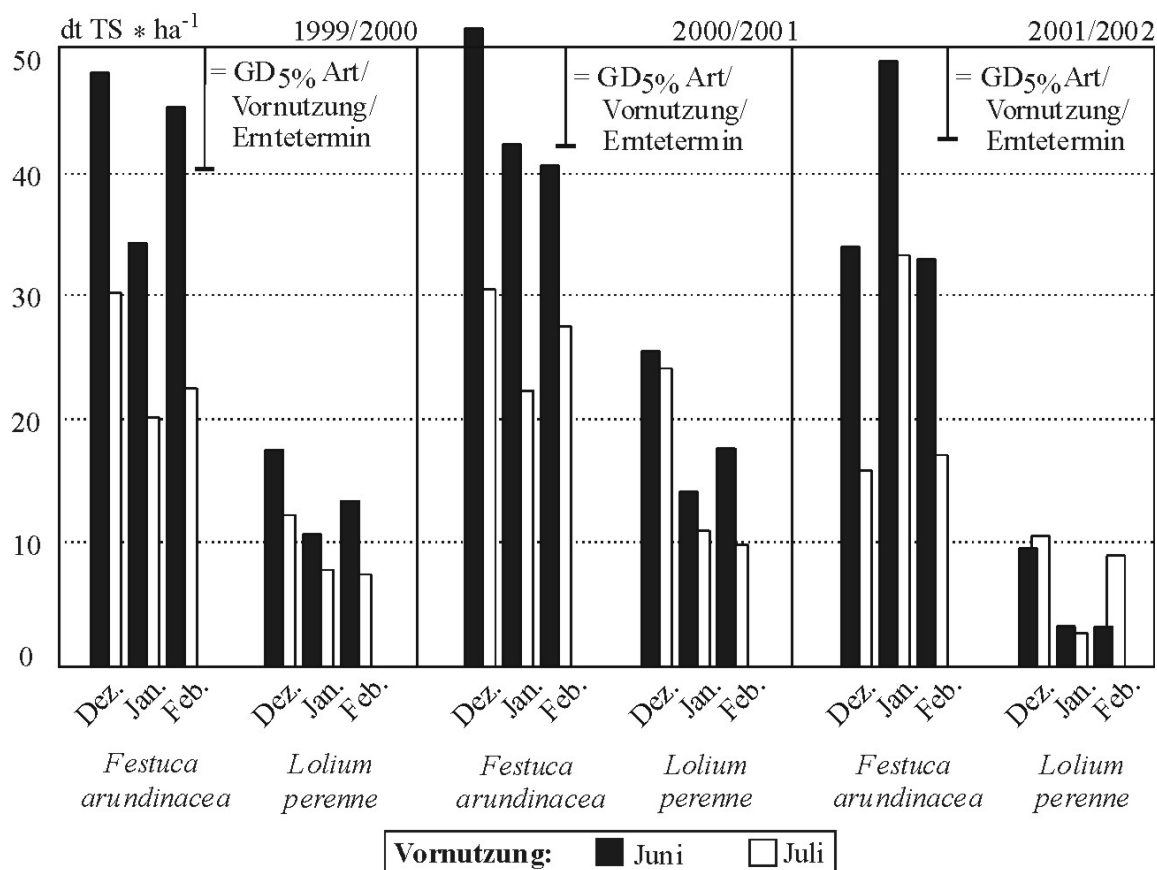


Abb. 4: TS-Ertrag in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

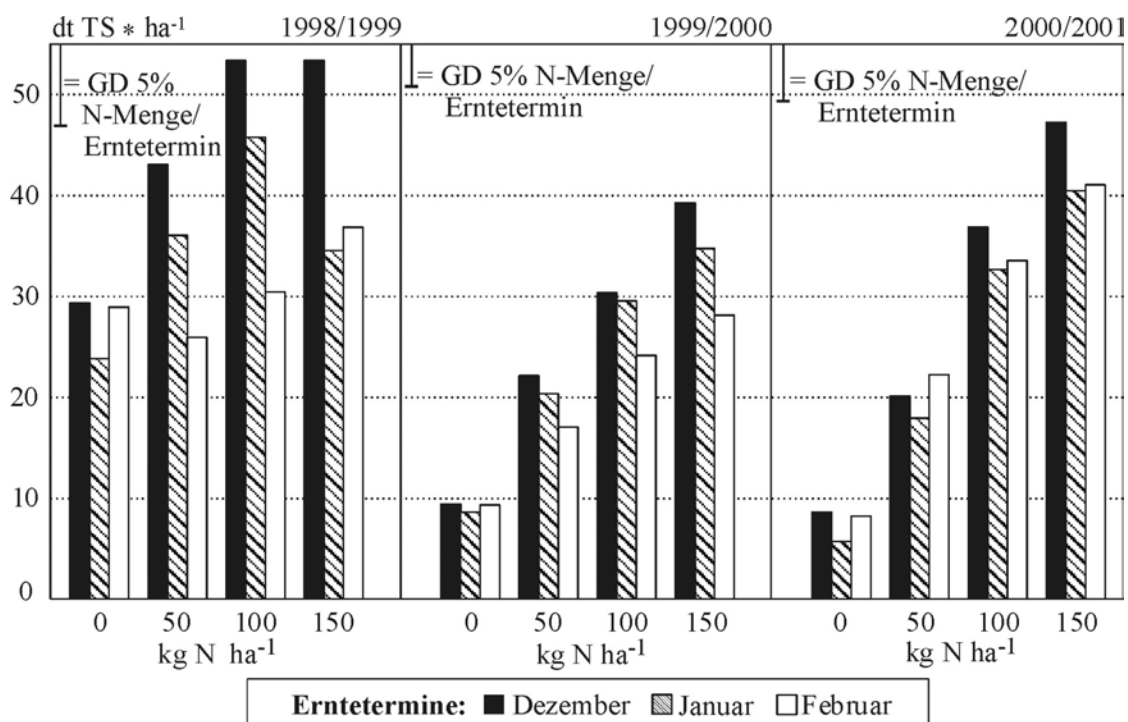


Abb. 5: TS-Ertrag in Abhängigkeit von N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

ermittelte Trockensubstanz. Bei der Messung der K, Na, Ca- und Mg-Konzentrationen der Pflanzenproben aus dem späten Winter kam es – im Gegensatz zu konventionellem Pflanzenmaterial aus der Vegetationsperiode – offenbar aufgrund von Sedimentationen in der Probenlösung zu Interferenzen in der Acetylen-Flamme, die durch nochmaliges Aufschütteln der Probe direkt vor der Messung und dem anschließenden Spülen mit verdünnter HNO_3 behoben werden konnten.

3.2.3 Datenauswertung

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit Hilfe des PC-Statistikprogramms SPSS für Windows (ANONYMUS 2000). Die Daten wurden als Lateinisches Rechteck mit drei bzw. vier Wiederholungen mehrfaktoriell, zur Begrenzung schwer interpretierbarer Wechselwirkungen höherer Ordnung für jedes Untersuchungsjahr getrennt, varianzanalytisch verrechnet, vgl. Tab. 2 bis 4. Beim Versuch *Pflanzengesellschaften* erfolgte die Verrechnung zunächst jahresweise getrennt nach Standorten, wobei sich zeigte, dass sich die Restvarianzen nicht unterschieden, sodass anschließend eine Verrechnung über die Standorte durchgeführt wurde.

Für die Tests wurden folgende Signifikanzniveaus gewählt:

- F-Test der Varianztabellen
Signifikanzniveau 5% in den Tabellen gekennzeichnet durch "*"
Signifikanzniveau 1% in den Tabellen gekennzeichnet durch "***"
- multipler t-Test für die Einzelwerte der Tabellen und Abbildungen
Signifikanzniveau 5%.

4. Ergebnisse

4.1 Phosphor

Abb. 6 zeigt die P-Konzentrationen auf den verschiedenen Standorten des Versuchs *Pflanzengesellschaften*, vgl. Kap. 3.1 und Anhangtab. 21 bis 23. Im Winter 2001/2002 ist die Wechselwirkung Erntetermin x Standort gesichert, vgl. Anhangtab. 20. Während die übrigen Flächen meist eine gesicherte Zunahme der P-Konzentrationen von Dezember zu Januar aufweisen, bestehen in den Konzentrationen der Flächen im Westerwald (= 420 und 460 m ü. NN) zwischen Dezember und Januar keine gesicherten Unterschiede. Der Faktor Standort ist wichtigste Varianzursache in den ersten beiden Wintern, aber auch im letzten Winter ist dieser Faktor als Hauptwirkung gesichert. Die Fläche 460 m ü. NN weist immer die geringsten P-Konzentrationen auf, für alle übrigen ist keine Rangfolge erkennbar. Im Winter 2001/2002 geht der größte Einfluss vom Erntetermin im Winter aus; die P-Konzentrationen sind im November am höchsten. Auch in den ersten beiden Wintern ist dieser Faktor als Hauptwirkung gesichert, aber der Einfluss kommt hier standortabhängig weniger stark ausgeprägt zum Tragen. Der im Winter 2001/2002 von der Varianztabelle ausgewiesene Einfluss des Faktors Vornutzung bleibt futterwirtschaftlich ohne Relevanz.

Abb. 7 stellt die P-Konzentrationen des Versuchs *Hauptbestandsbildner* im Verlauf der drei Winter dar, vgl. Kap. 3.1 und Anhangtab. 115 bis 117. Im schneereichen Winter 2001/2002, vgl. Abb. 2, ist die Wechselwirkung Art x Erntetermin pflanzbaulich relevant, vgl. Anhangtab. 114. Während *Festuca arundinacea* keine signifikanten Unterschiede im Verlauf des Winters zeigt, nehmen die P-Konzentrationen von *Lolium perenne* von Dezember bis Februar ab. Wichtigste Varianzursache ist in allen drei Jahren der Faktor Art; in den Wintern 1999/2000 und 2001/2002 erzielt *Lolium perenne* in der Mehrzahl der Fälle die höchsten P-Konzentrationen, im Winter 2000/2001 ist dieser Unterschied nur für die im Dezember geernteten Varianten gesichert. Der Erntetermin zeigt in allen drei Wintern einen unterschiedlich starken Einfluss; nur im ersten Winter nehmen die Konzentrationen beider Arten mit fortschreitendem Winter ab, in den folgenden Jahren zeigt nur *Lolium perenne* signifikante Unterschiede. Außerdem ist im ersten Winter ein Einfluss der Vornutzung gegeben; in einigen Fällen weisen die zuletzt im Juli genutzten Varianten signifikant höhere Konzentrationen als die im Juni vorgeernteten Aufwüchse auf.

Aus Abb. 8 und den Anhangtab. 174 bis 176 gehen die P-Konzentrationen des Versuchs *N-Düngung* in Abhängigkeit von N-Menge und Erntetermin hervor, vgl. Kap. 3.1. Unterschiedliche Verläufe der vier Düngungsstufen zu den Ernteterminen bedingen in allen

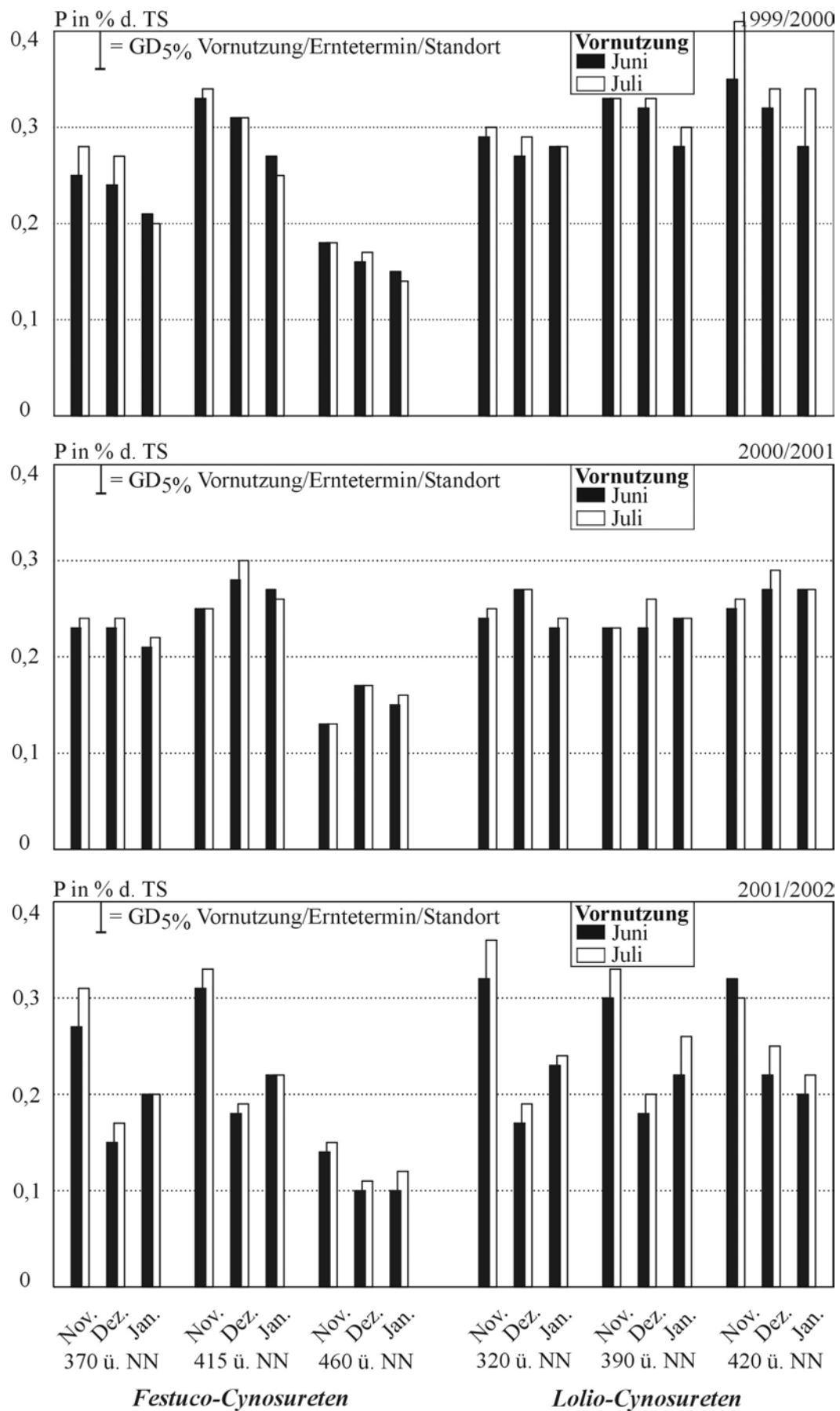


Abb. 6: **P-Konzentrationen** in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

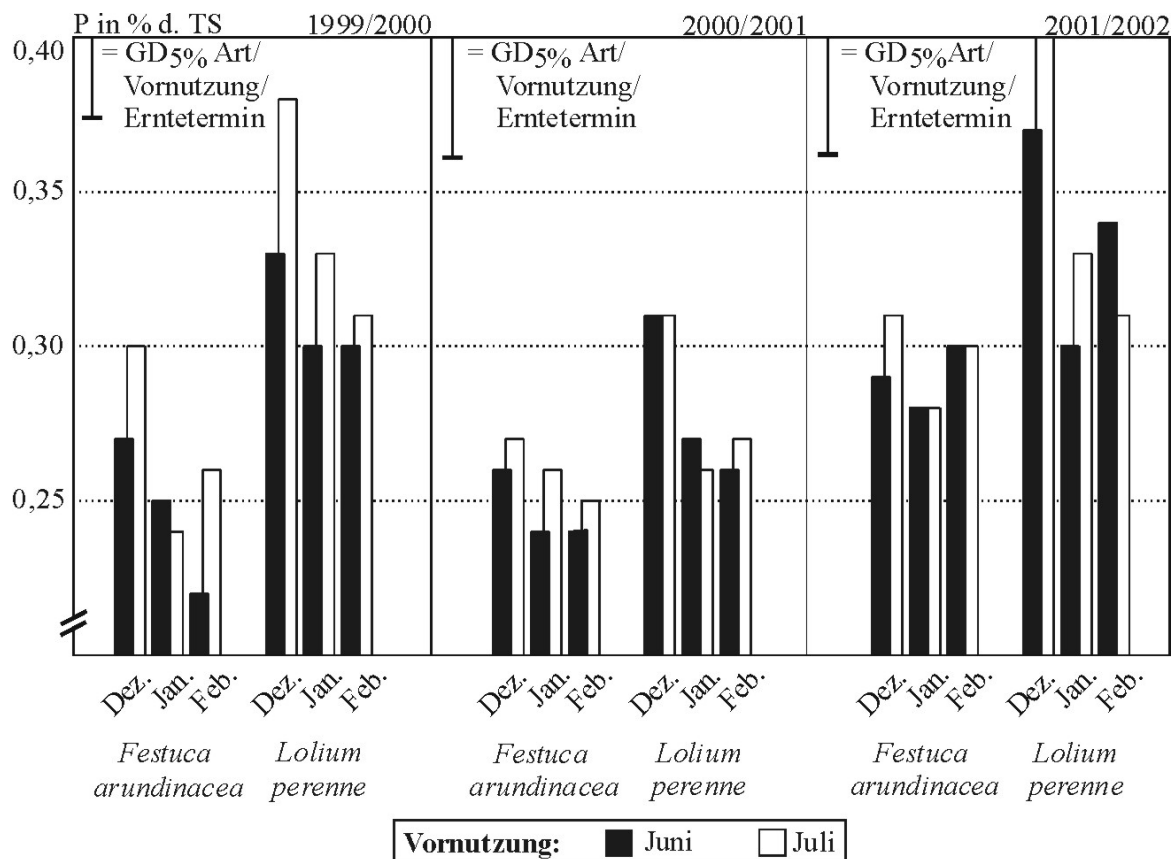


Abb. 7: P-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

drei Wintern die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin, vgl. Anhangtab. 173, allerdings ist diese nur im milden Winter 2000/2001 futterwirtschaftlich von Bedeutung. Im Gegensatz zu den Aufwüchsen der ungedüngten Variante steigen die P-Konzentrationen aller mit N gedüngten Varianten von Januar zum Februar an. Die Hauptwirkungen verhalten sich jahresabhängig unterschiedlich. Im ersten und letzten Winter ist die N-Menge wichtigste Varianzursache; zunehmende N-Mengen bedingen meist höhere P-Konzentrationen. Für den Winter 2000/2001 ist auch der Erntetermin aufgrund der bereits erwähnten signifikanten Zunahme der gedüngten Varianten schwach als Hauptwirkung gesichert. Im Winter 1999/2000 nehmen die P-Konzentrationen von Dezember bis Februar ab, sodass hier der Faktor Erntetermin die wichtigste Varianzursache bildet; in diesem Winter ist auch der Einfluss der N-Menge gesichert, vorwiegend bedingt durch die Unterschiede zwischen ungedüngten und gedüngten Varianten.

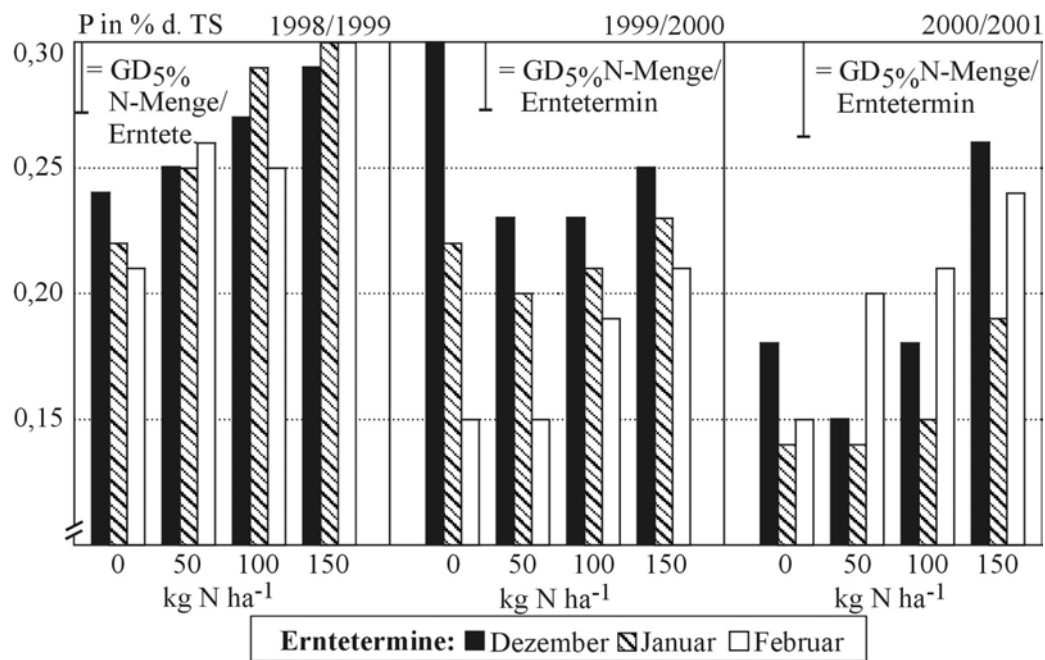


Abb. 8: P-Konzentrationen in Abhängigkeit von N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

4.2 Kalium

Abb. 9 stellt die K-Konzentrationen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* dar, vgl. Anhangtab. 25 bis 27. In allen drei Jahren ist die Wechselwirkung Erntetermin x Standort gesichert, vgl. Anhangtab. 24; die Flächen 420 und 460 m ü. NN – weisen im Gegensatz zu allen übrigen Standorten – nicht zwischen allen Ernteterminen signifikante Unterschiede auf. Aus pflanzenbaulicher Sicht ist aber besonders die Fläche 460 m ü. NN im Winter 2001/2002 hervorzuheben, da deren K-Konzentrationen, die schon zu Beginn des Winters unterhalb des Bedarfs der Tiere (< 1 % d. TS) liegen, entgegen aller übrigen Flächen keinerlei signifikante Abnahmen mit fortschreitendem Winter erfahren. Der Erntetermin ist wichtigste Varianzursache in allen drei Jahren; in den meisten Fällen werden die höchsten Konzentrationen im November erreicht und nehmen bis zum Januar deutlich ab. Ebenfalls für alle drei Winter ist der Einfluss des Faktors Standort gesichert; die Flächen 420 und 460 m ü. NN erreichen innerhalb der Pflanzengesellschaften meist die niedrigsten K-Konzentrationen. Vereinzelt auftretende Unterschiede zwischen den beiden Vornutzungen bedingen den gesicherten Einfluss diesen Faktors im ersten und letzten Winter, sie sind futterwirtschaftlich aber nicht relevant.

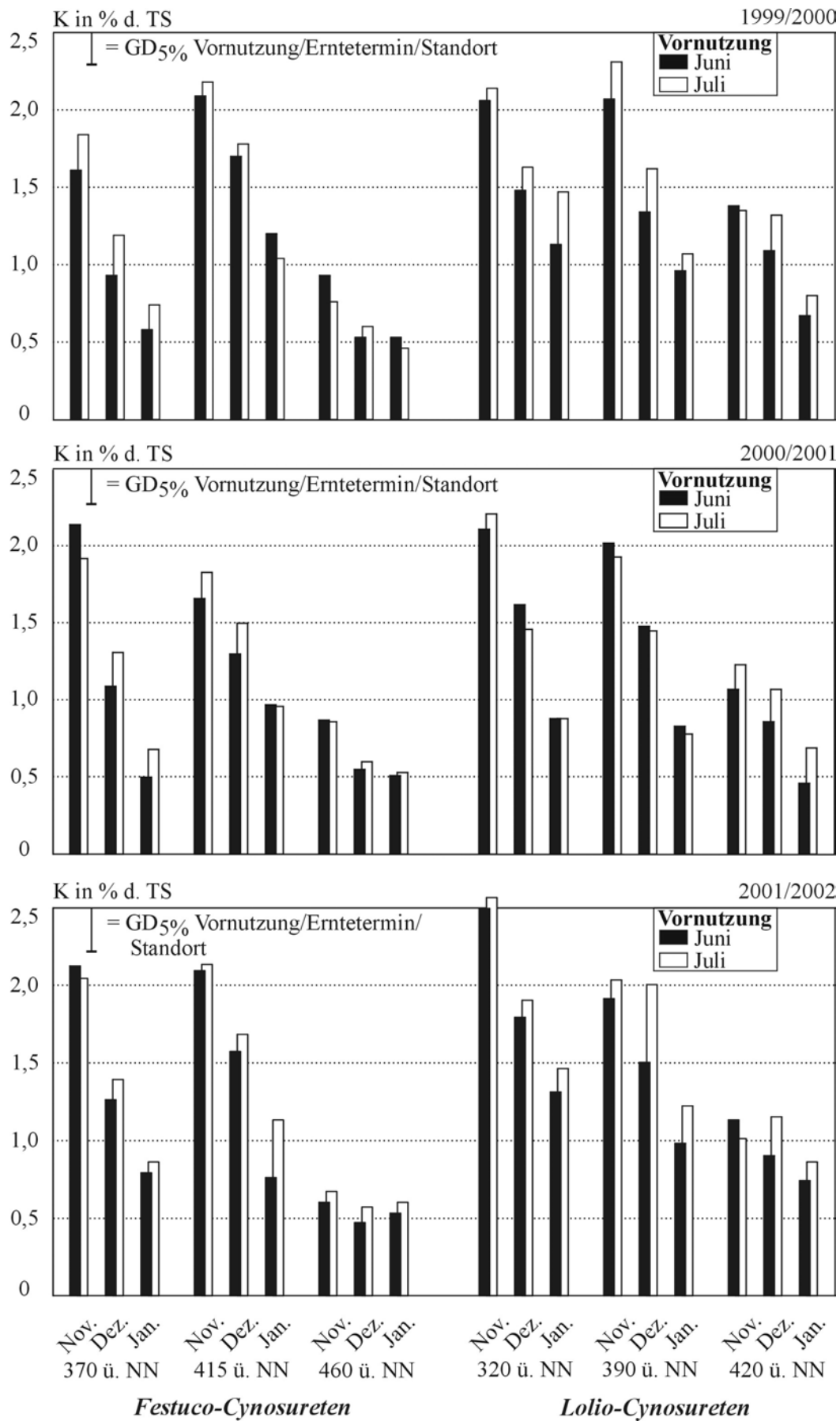


Abb. 9: K-Konzentrationen in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

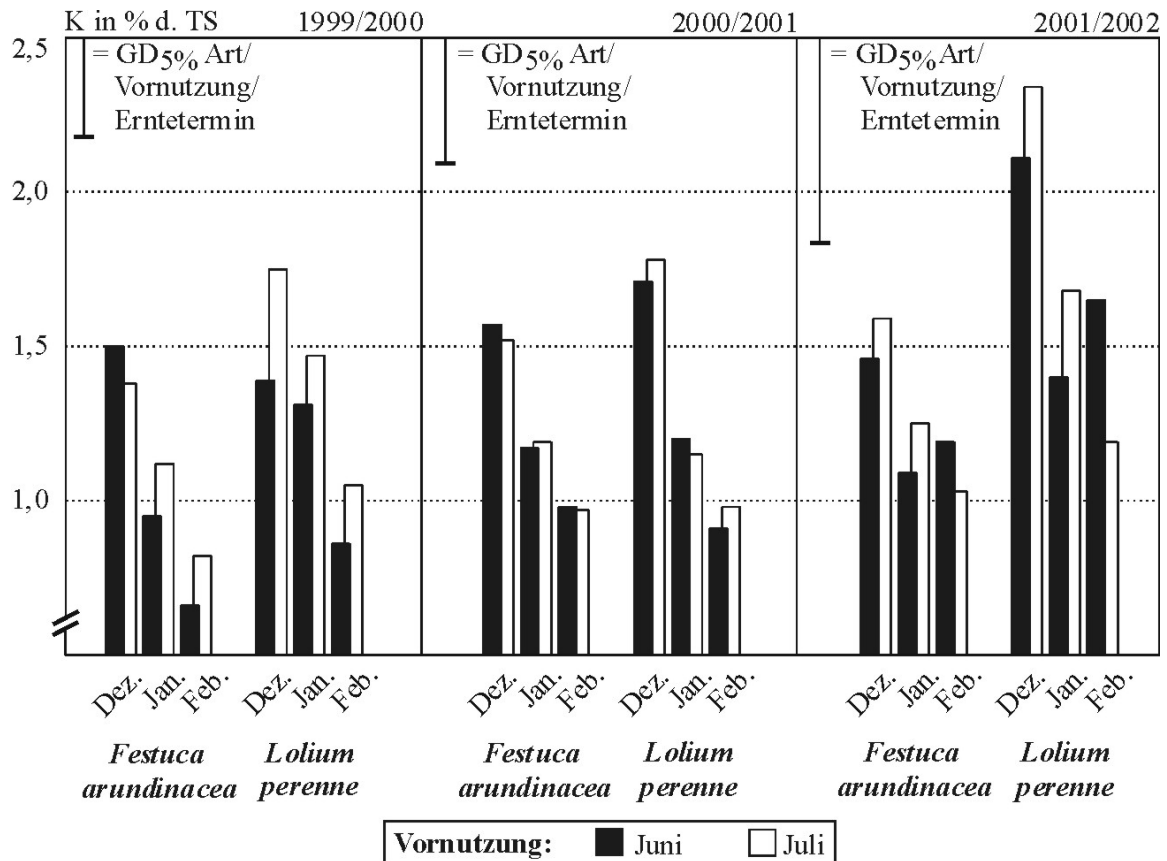


Abb. 10: K-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Abb. 10 zeigt die K-Konzentrationen des Versuchs *Hauptbestandsbildner* der untersuchten Winter, vgl. Anhangtab. 119 bis 121. Wechselwirkungen sind nicht gesichert. Der Erntetermin im Winter ist für die beiden ersten Jahre wichtigste Varianzursache, er ist auch im letzten Jahr als Hauptwirkung gesichert, vgl. Anhangtab. 118. Die im Dezember geernteten Varianten erreichen die höchsten K-Konzentrationen, im Winter 2001/2002 sind im Gegensatz zu den vorherigen Jahren die Unterschiede nur bei *Lolium perenne* gesichert. Der deutliche Unterschied zwischen den beiden Arten zu Beginn des Winters 2001/2002 macht den Faktor Art zur wichtigsten Varianzursache. Allerdings sei hier auf die geringen TS-Erträge von *Lolium perenne* zu diesem Zeitpunkt hingewiesen, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 143 bis 145, was die pflanzenbauliche Relevanz in Frage stellt. Im Winter 1999/2000 sind die Faktoren Art und Vornutzung ebenfalls als Hauptwirkungen gesichert; diese werden aber jeweils nur durch einzelne signifikante Unterschiede hervorgerufen und sind aus pflanzenbaulicher Sicht nicht relevant.

Aus Abb. 11 und den Anhangtab. 178 bis 180 gehen die K-Konzentrationen des Versuchs *N-Düngung* hervor. In allen drei Jahren ist die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin gesichert, vgl. Anhangtab. 177. Signifikante Unterschiede zwischen den Ernteterminen treten bei allen Düngungsstufen jahrabhängig unterschiedlich stark ausgeprägt und nicht mit glei-

cher Häufigkeit auf, eine futterwirtschaftliche Relevanz dieser Wechselwirkung besteht aber nicht. Wichtigste Varianzursache in allen drei Wintern ist der Faktor Erntetermin; die K-Konzentrationen verringern sich deutlich von Dezember bis Februar. In den beiden letzten Jahren ist auch die N-Menge als Hauptwirkung gesichert. Die mit N gedüngten Varianten erreichen meist höhere Konzentrationen als die ungedüngten Varianten, wobei Unterschiede zwischen den mit N gedüngten Varianten lediglich vereinzelt auftreten.

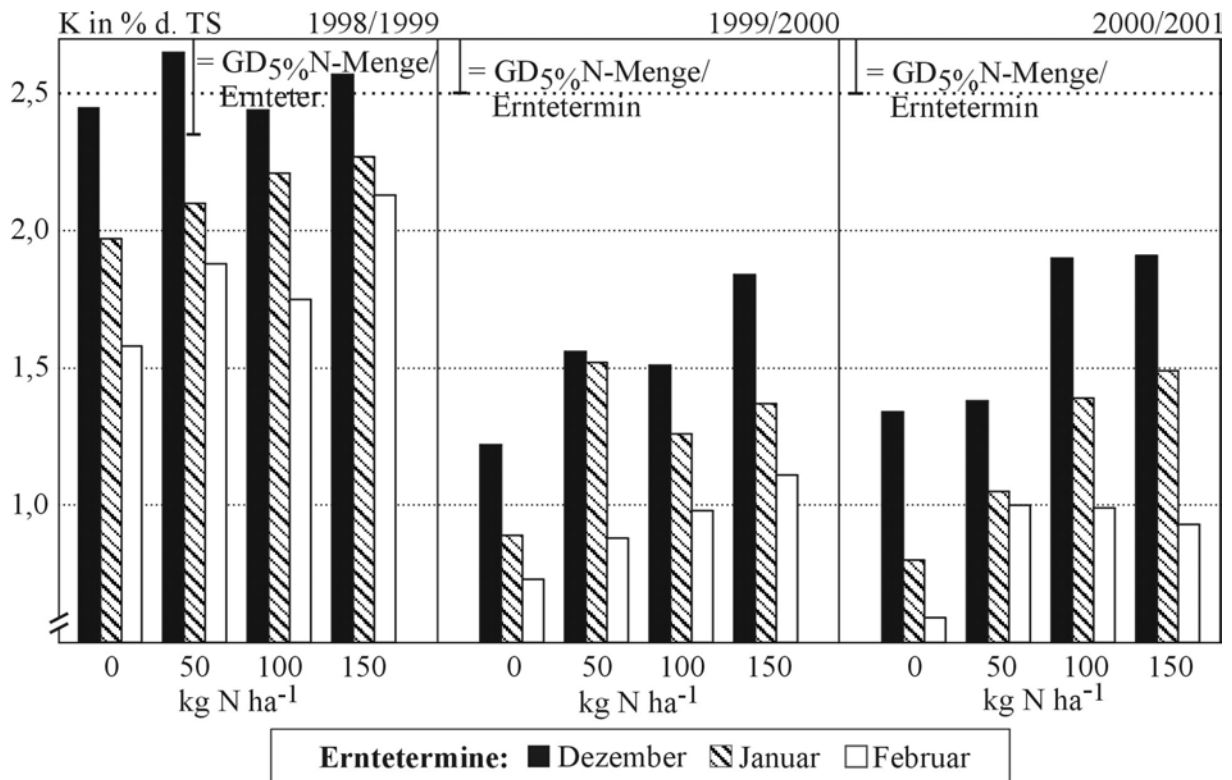


Abb. 11: K-Konzentrationen in Abhängigkeit von N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

4.3 Natrium

Die Na-Konzentrationen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* im Verlauf der drei untersuchten Winter sind in Abb. 12 und den Anhangtab. 29 bis 31 dargestellt. In der Mehrzahl der Fälle sind die Konzentrationen $< 0,05\%$, der Bedarf eines Weidetieres kann nicht annähernd gedeckt werden. Eine futterwirtschaftliche Relevanz ist somit nur für die beiden am höchsten gelegenen Flächen 420 und 460 m ü. NN gegeben. In allen drei Jahren ist die Wechselwirkung Vornutzung x Standort gesichert, vgl. Anhangtab. 28; während die im Juli vorgeernteten Varianten der Fläche 460 m ü. NN im November höhere Na-Konzentrationen als die zuletzt im Juni genutzten erreichen, sind die im Juli vorgeernteten Aufwüchse der

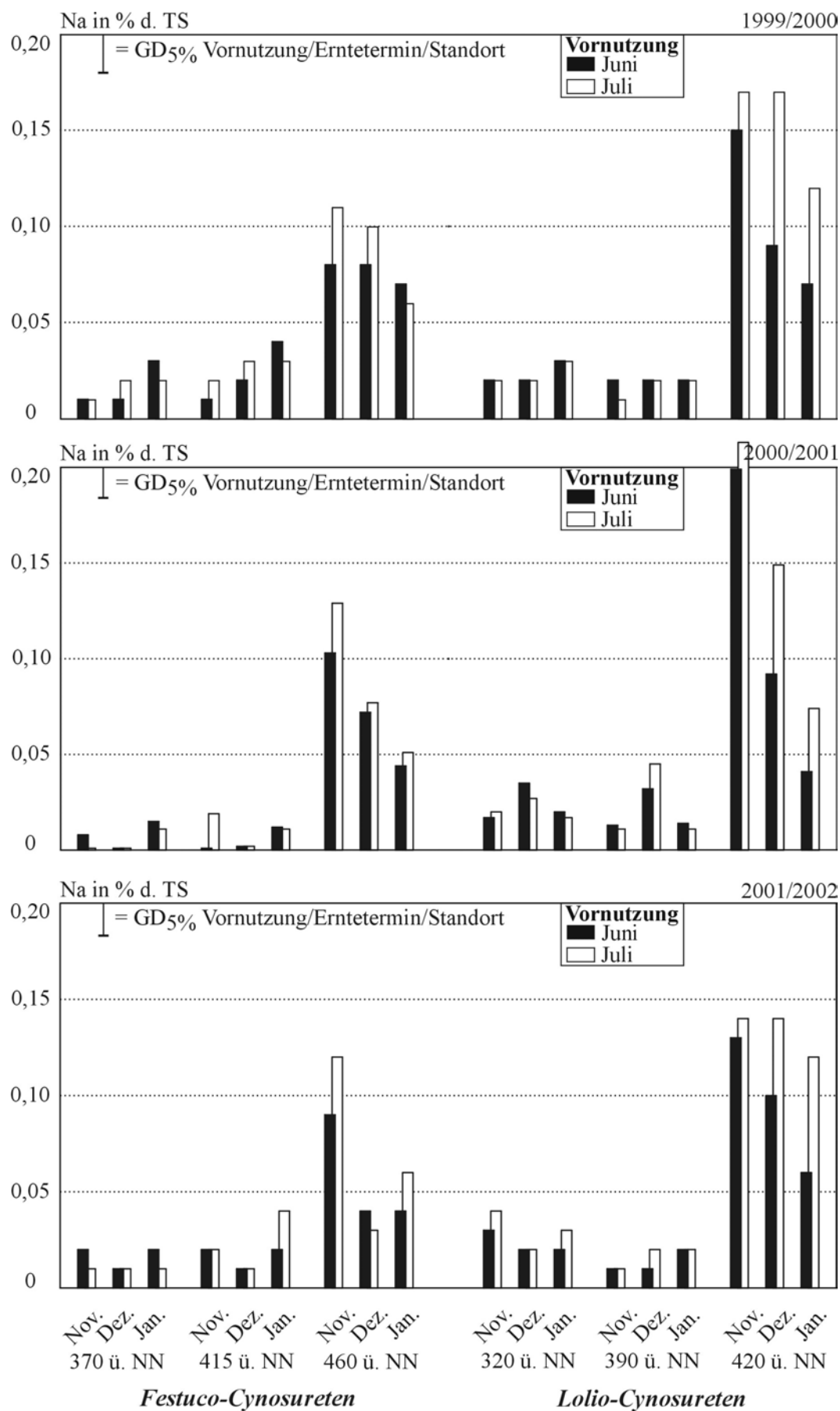


Abb. 12: Na-Konzentrationen in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Fläche 420 m ü. NN im Dezember und Januar signifikant größer. Die in allen Wintern gesicherte Interaktion Erntetermin x Standort beruht offenbar vorwiegend auf den generellen Unterschieden zwischen den Standorten im Westerwald und allen übrigen. Lediglich im letzten Winter 2001/2002 unterscheidet sich auch der Verlauf der Na-Konzentrationen der beiden Flächen im Westerwald signifikant, allerdings hat dieser Unterschied futterwirtschaftlich keine Relevanz. Ähnlich ist die Bedeutung weiterer jahrabhängig ausgewiesener Wechselwirkungen zu beurteilen. Die wichtigste Varianzursache bildet in allen Jahren der Standort; die Fläche 420 m ü. NN erreicht im Vergleich zu dem *Festuco-Cynosuretum* in 460 m ü. NN meist die höheren Konzentrationen. Auch die Faktoren Erntetermin und Vornutzung zeigen einen jahrabhängig unterschiedlich starken, jedoch meist gesicherten Einfluss.

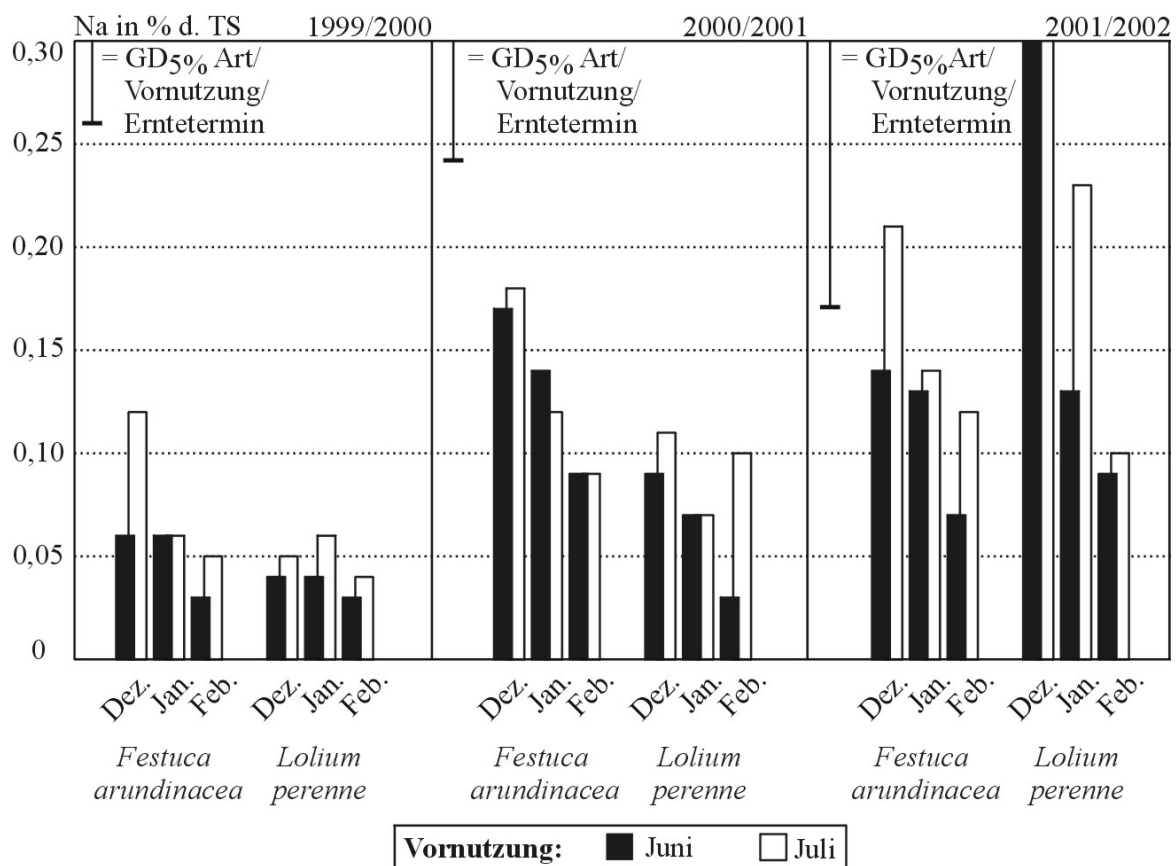


Abb. 13: Na-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Aus Abb. 13 gehen die Na-Konzentrationen des Versuchs *Hauptbestandsbildner* hervor, vgl. Anhangtab. 123 bis 125. Für die niedrigen Na-Konzentrationen des ersten Winters ($< 0,05$ % i. d. TS), die deutlich unterhalb des Bedarfs eines Weidetieres liegen, ist eine pflanzenbauliche Interpretation schwierig. Alle nachgewiesenen Hauptwirkungen im Winter 1999/2000 werden durch den hohen Wert im Dezember der zuletzt im Juli vorgeernteten Variante von *Festuca arundinacea* ausgelöst. Als wichtigste Varianzursache im Winter 2000/2001

erweist sich der Faktor Art, vgl. Anhangtab. 122, da *Festuca arundinacea* meist die höheren Na-Konzentrationen erreicht. Der Faktor Erntetermin zeigt in diesem Winter einen geringen Einfluss, 2001/2002 hingegen ist dieser Effekt die wichtigste Hauptwirkung – die Na-Konzentrationen sind im Dezember höher als im Februar. In Winter 2001/2002 ist auch der Faktor Art aufgrund eines signifikanten höheren Wertes von *Lolium perenne* im Dezember, vorgeerntet im Juni, gesichert, aber in diesem Zusammenhang muss auf die niedrigen TS-Erträge dieser Art, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 143 bis 145, verwiesen werden.

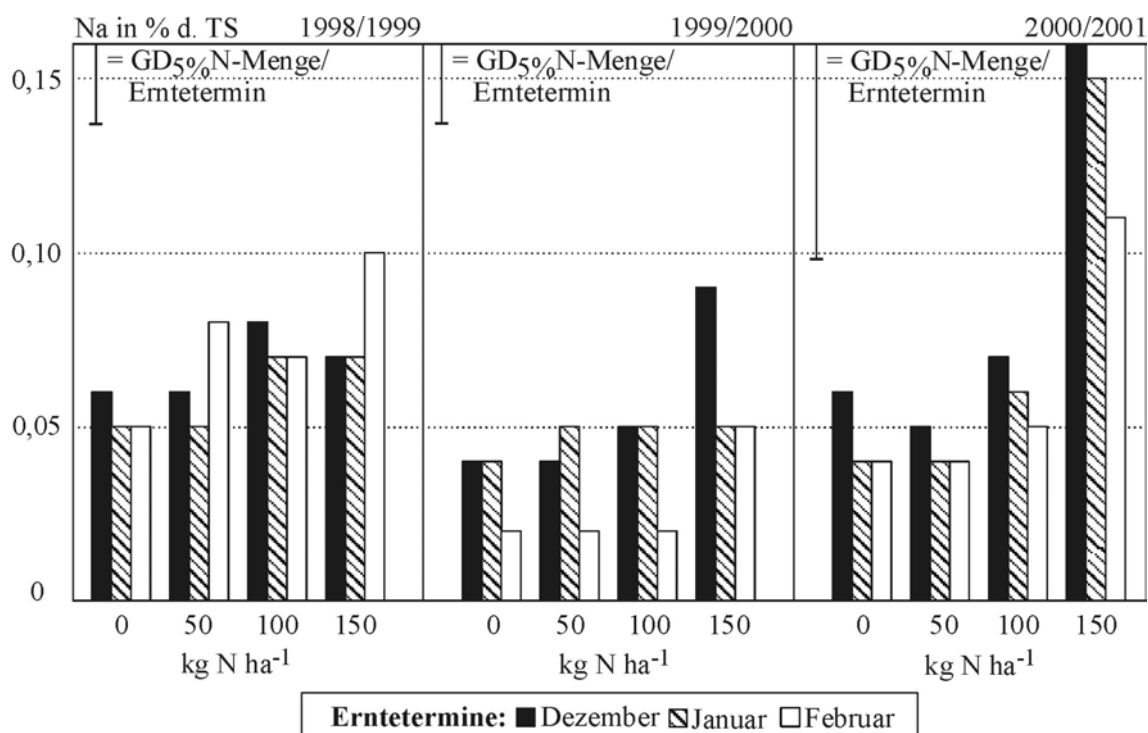


Abb. 14: Na-Konzentrationen in Abhängigkeit N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

Abb. 14 zeigt die Na-Konzentrationen des Versuchs *N-Düngung*, vgl. Anhangtab. 182 bis 184. In vielen Fällen liegen die Konzentrationen ($\leq 0,05$ % i. d. TS) unterhalb des Bedarfs der Weidetiere und die zugehörigen Signifikanzen bleiben aufgrund des niedrigen Niveaus der Werte ohne futterwirtschaftliche Relevanz. Die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin ist in den ersten beiden Jahren gesichert, vgl. Anhangtab. 181, aber aus den zuvor genannten Gründen ohne Bedeutung. Die Hauptwirkungen verhalten sich jahrabhängig unterschiedlich; im ersten und letzten Winter geht der größte Einfluss vom Faktor N-Menge aus. 1998/1999 führt lediglich der vergleichsweise hohe Wert der höchsten Düngungsstufe im Februar zu gesicherten Unterschieden, 2000/2001 erreicht diese Variante die höchsten Na-Konzentrationen. Im ersten Winter lösen außerdem die mit fortschreitendem Winter an-

steigenden Na-Konzentrationen der 50 und 150 kg N ha⁻¹-Düngungsstufe eine schwache Signifikanz des Faktors Erntetermin aus. Im zweiten Winter ist der Erntetermin wichtigste Varianzursache und auch die N-Menge ist als Hauptwirkung gesichert; diese werden aber vorwiegend durch die Konzentration der mit 150 kg N ha⁻¹ gedüngten Variante im Dezember hervorgerufen.

4.4 Magnesium

Abb. 15 zeigt die Mg-Konzentrationen in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin, Pflanzengesellschaft und Standort, vgl. Anhangtab. 33 bis 35. Die Wechselwirkung Erntetermin x Standort ist in allen drei Wintern gesichert, vgl. Anhangtab. 32; die Flächen 320 m ü. NN im Winter 2000/2001 und 390 m ü. NN im Winter 2001/2002 zeigen im Gegensatz zu allen anderen Flächen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ernteterminen. Eine futterwirtschaftliche Bedeutung ist hier allerdings nicht gegeben. In den beiden letzten Wintern ist auch die Wechselwirkung Vornutzung x Standort gesichert; die im Juli vorgeernteten Varianten der Fläche 460 m ü. NN im Winter 2000/2001 und die Aufwüchse der Flächen 320 und 420 m ü. NN im Winter 2001/2002 erreichen im Vergleich zu allen anderen Standorten höhere Mg-Konzentrationen als die zuletzt im Juni vorgeernteten Varianten. Weitere Wechselwirkungen werden jahrabhängig durch gesicherte, aber nur vereinzelt auftretende Unterschiede hervorgerufen und bleiben ohne futterwirtschaftliche Bedeutung. Die wichtigste Hauptwirkung, wenn auch im zweiten Winter mit gleicher Größe wie der Faktor Standort gesichert, geht vom Erntetermin im Winter aus. In der Mehrzahl der Fälle nehmen die Mg-Konzentrationen, jahrabhängig unterschiedlich stark, aber gesichert, von November bis Januar ab und liegen dabei häufig schon im Dezember < 0,2 % i. d. TS, sodass der Bedarf eines Weidetieres nicht mehr gedeckt ist. In allen drei Wintern ist ebenfalls der Einfluss des Standortes gesichert; innerhalb der *Festuco-Cynosureten* erreicht meist die Fläche 370 m ü. NN die geringsten Konzentrationen, bei den *Lolio-Cynosureten* ist aufgrund des unterschiedlichen Verhaltens der Standorte im Verlauf der Jahre keine Rangfolge zu erkennen. Auch der Faktor Vornutzung hat, aufgrund der – bereits erwähnten – standortabhängig höheren Mg-Konzentrationen der zuletzt im Juli genutzten Aufwüchse, einen Einfluss.

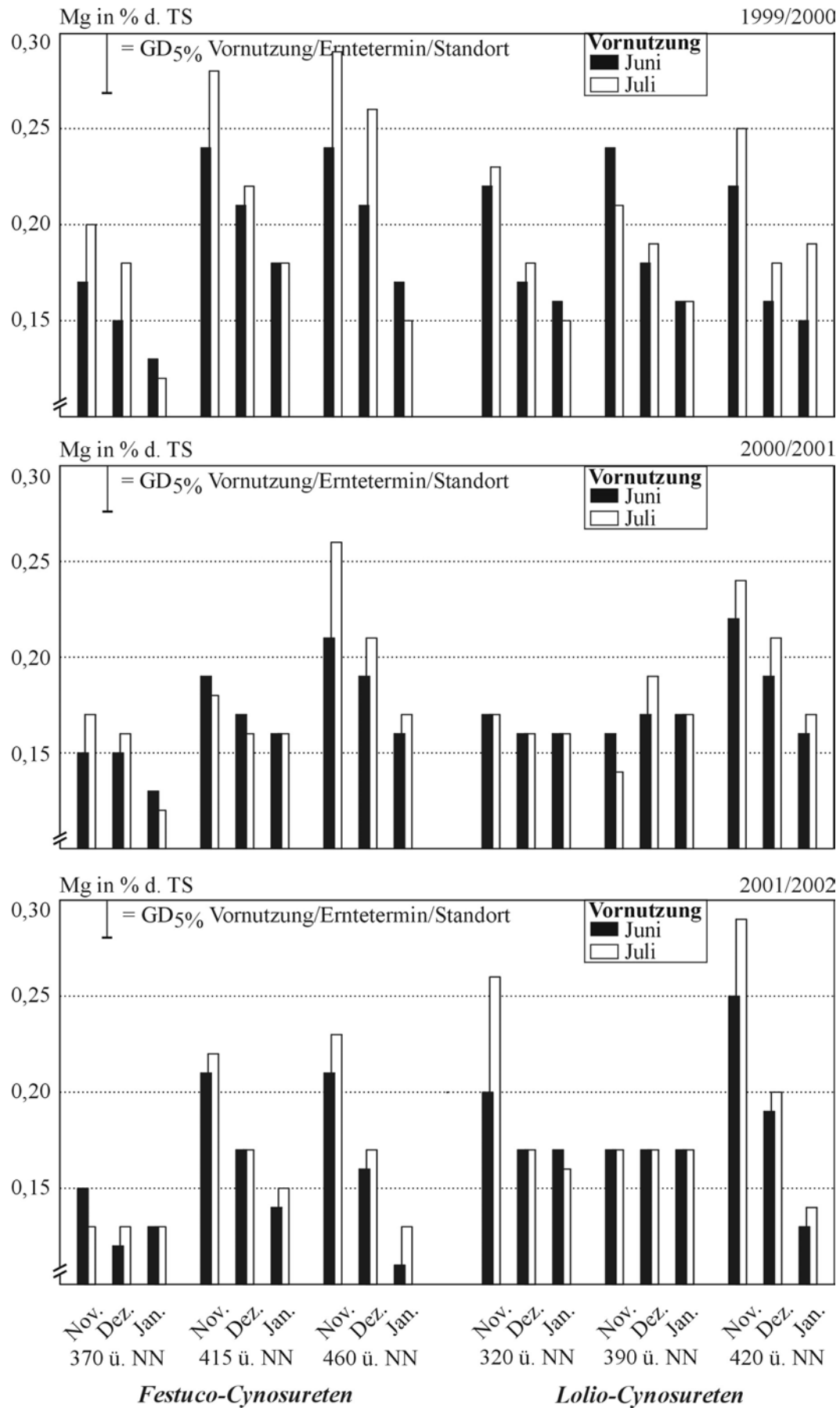


Abb. 15: Mg-Konzentrationen in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

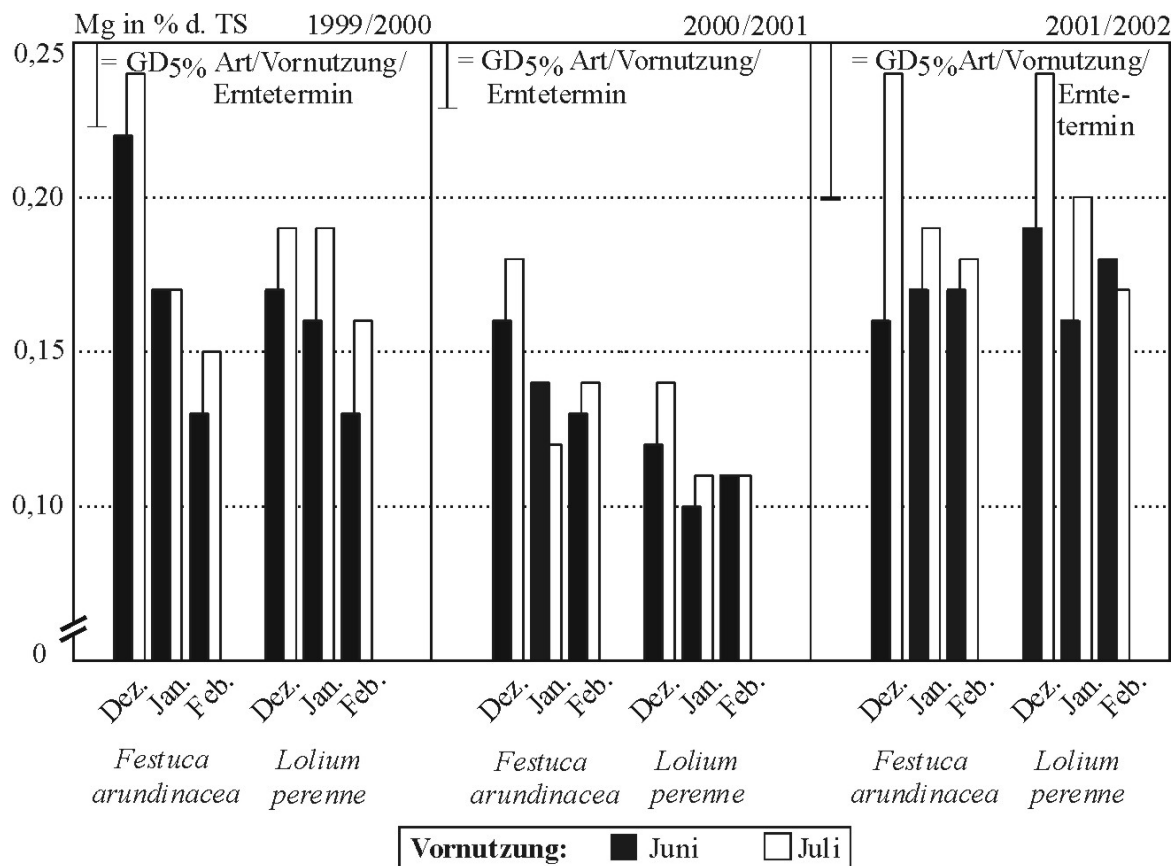


Abb. 16: Mg-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Abb. 16 zeigt die Mg-Konzentrationen des Versuchs *Hauptbestandsbildner* in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, vgl. Anhangtab. 127 bis 129. Für den Winter 1999/2000 ist die Wechselwirkung Art x Erntetermin gesichert, vgl. Anhangtab. 126; diese beruht aber lediglich auf den bei *Festuca arundinacea* im Gegensatz zu *Lolium perenne* stärker ausgeprägten Unterschieden zwischen den Ernteterminen und bleibt futterwirtschaftlich ohne Relevanz. 2001/2002 liegt außerdem eine Signifikanz für die Wechselwirkung Vornutzung x Erntetermin vor, da die physiologisch jüngeren Aufwüchse (= im Juli vorgeerntet) im Dezember deutlich höhere Mg-Konzentrationen erreichen. Hier sei aber auf die hohe Grenzdifferenz und die sich im Fehlerbereich bewegenden geringen TS-Erträge von *Lolium perenne* in diesem Jahr verwiesen, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 143 bis 145. Im ersten Winter ist der Faktor Erntetermin die wichtigste Varianzursache; die Mg-Konzentrationen aller Varianten nehmen von Dezember bis Februar ab. Durch vereinzelt auftretende Unterschiede sind auch die Faktoren Vornutzung und Art als Hauptwirkungen gesichert. Im milden und niederschlagsreichen Winter 2000/2001, vgl. Abb. 2, liegen die Mg-Konzentrationen auf einem niedrigeren Niveau. *Festuca arundinacea* erreicht dabei in der Mehrzahl der Fälle die höheren Konzentrationen, was die Art neben dem Erntetermin zur wichtigsten Varianzursache macht.

Im Winter 2001/2002 bedingen die im Dezember vergleichsweise hohen Mg-Konzentrationen der zuletzt im Juli vorgemulchten Varianten beider Arten den Einfluss der Faktoren Vornutzung und Erntetermin.

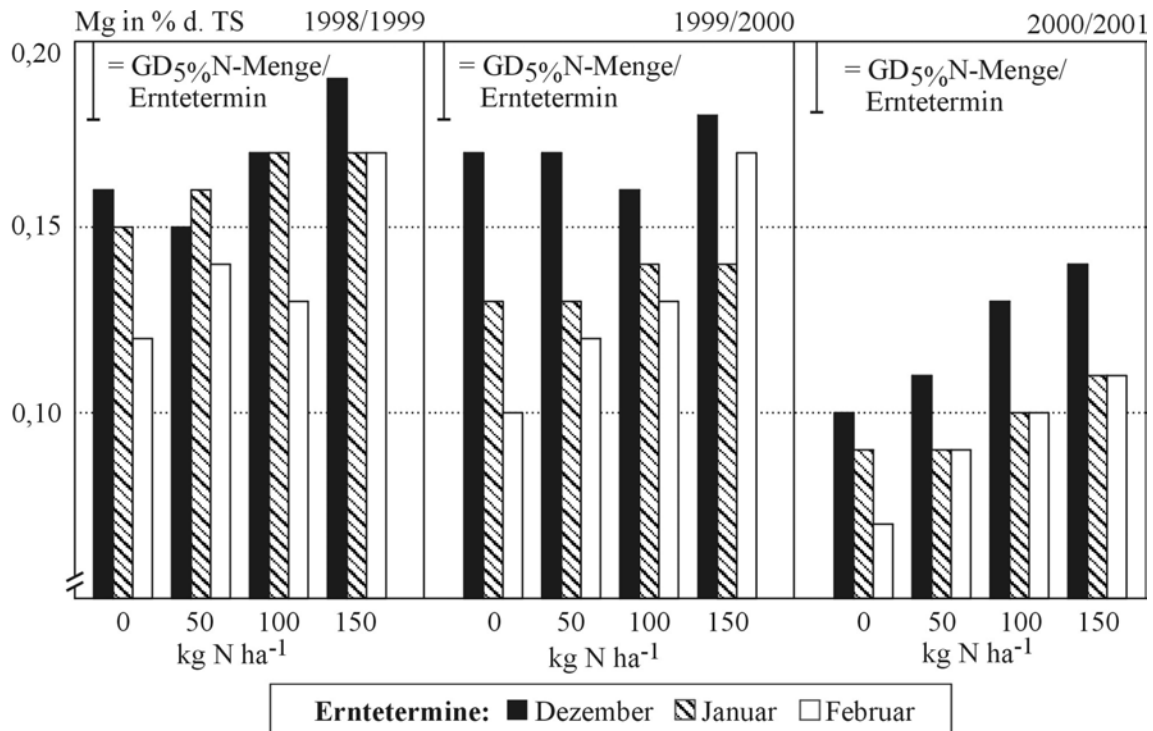


Abb. 17: Mg-Konzentrationen in Abhängigkeit N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

Die Mg-Konzentrationen des Versuchs *N-Düngung* sind in Abb. 17 dargestellt, vgl. Anhangtab. 186 bis 188. Die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin ist für die beiden ersten Winter gesichert, vgl. Anhangtab. 185. Die Konzentrationen der mit 50 und 150 kg N⁻¹ gedüngten Aufwüchse von *Festuca arundinacea* zeigen im Gegensatz zu allen übrigen Varianten im Winter 1998/1999 keine gesicherten Abnahmen von Dezember bis Februar; im Winter 1999/2000 steigen die Konzentrationen der mit 150 kg N ha⁻¹ versorgten Variante von Januar auf Februar sogar an. Wichtigste Varianzursache ist in allen drei Jahren der Erntetermin; in der Mehrzahl der Fälle nehmen die Mg-Konzentrationen von Dezember bis Februar ab. Auch die N-Menge ist als Hauptwirkung gesichert, dabei sind die häufig signifikant höheren Konzentrationen der mit 150 kg N⁻¹ versorgten Variante gegenüber allen anderen Düngungsstufen maßgeblich.

4.5 Calcium

Die Abb. 18 und Anhangtab. 37 bis 39 stellen die Ca-Konzentrationen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* dar. Die Wechselwirkung Erntetermin x Standort ist gesichert, vgl. Anhangtab. 36; während die übrigen Flächen signifikante Unterschiede zwischen November und Januar zeigen, bewegen sich die Ca-Konzentrationen der Flächen 320 und 415 m ü. NN im zweiten, und 390 m ü. NN im dritten Winter auf gleichbleibendem Niveau. Im Winter 1999/2000 zeigen alle drei *Festuco-Cynosureten*, vorgeerntet im Juni – im Gegensatz zu den zuletzt im Juli vorgeernteten Varianten – keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Ernteterminen, wodurch die Wechselwirkung Vornutzung x Erntetermin in diesem Jahr ausgelöst wird. Allerdings stehen den höheren Ca-Konzentrationen gleichzeitig signifikant höhere Zuwachsraten der entsprechend zuletzt im Juni vorgeernteten Aufwüchse entgegen, vgl. Abb. 3, sodass die futterbauliche Relevanz dieser Wechselwirkung hinfällig wird. Die Hauptwirkungen verhalten sich jahrabhängig unterschiedlich. Im ersten und letzten Winter ist der Erntetermin gefolgt von dem Standort wichtigste Varianzursache; die Ca-Konzentrationen nehmen in den meisten Fällen im Verlauf des Winters unterschiedlich stark, jedoch gesichert, ab. Im Winter 2000/2001 ist der Erntetermin ebenfalls gesichert, doch hier ist der Faktor Standort wichtigste Varianzursache. Ein eindeutiger Einfluss des Standortes lässt sich aber nur für die letzten beiden Jahre feststellen, hier erreicht die Fläche 420 m ü. NN die höchsten Ca-Konzentrationen. Für alle übrigen Varianten ist eine einheitliche Rangfolge nur schwer zu erkennen.

Aus Abb. 19 und den Anhangtab. 131 bis 133 gehen die Ca-Konzentrationen des Versuchs *Hauptbestandsbildner* hervor. Es sind keine Wechselwirkungen gesichert, ebenso liegen im Winter 2001/2002 keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten vor, vgl. Anhangtab. 130. Für diesen Winter kann lediglich festgestellt werden, dass die Ca-Konzentrationen in den meisten Fällen in einem dem Weidetier angepassten Bereich liegen. In den ersten beiden Jahren ist der Faktor Art wichtigste Varianzursache; während im Winter 1999/2000 signifikante Unterschiede nur zwischen den im Juni vorgeernteten Varianten beider Arten bestehen, erreicht *Lolium perenne* 2000/2001 in allen Fällen die höheren Konzentrationen. Der Einfluss des Erntetermins ist in beiden Wintern gesichert; signifikante Unterschiede zwischen den Ca-Konzentrationen im Dezember und Februar bestehen aber lediglich für die zuletzt im Juni vorgeernteten Varianten beider Arten im Winter 1999/2000.

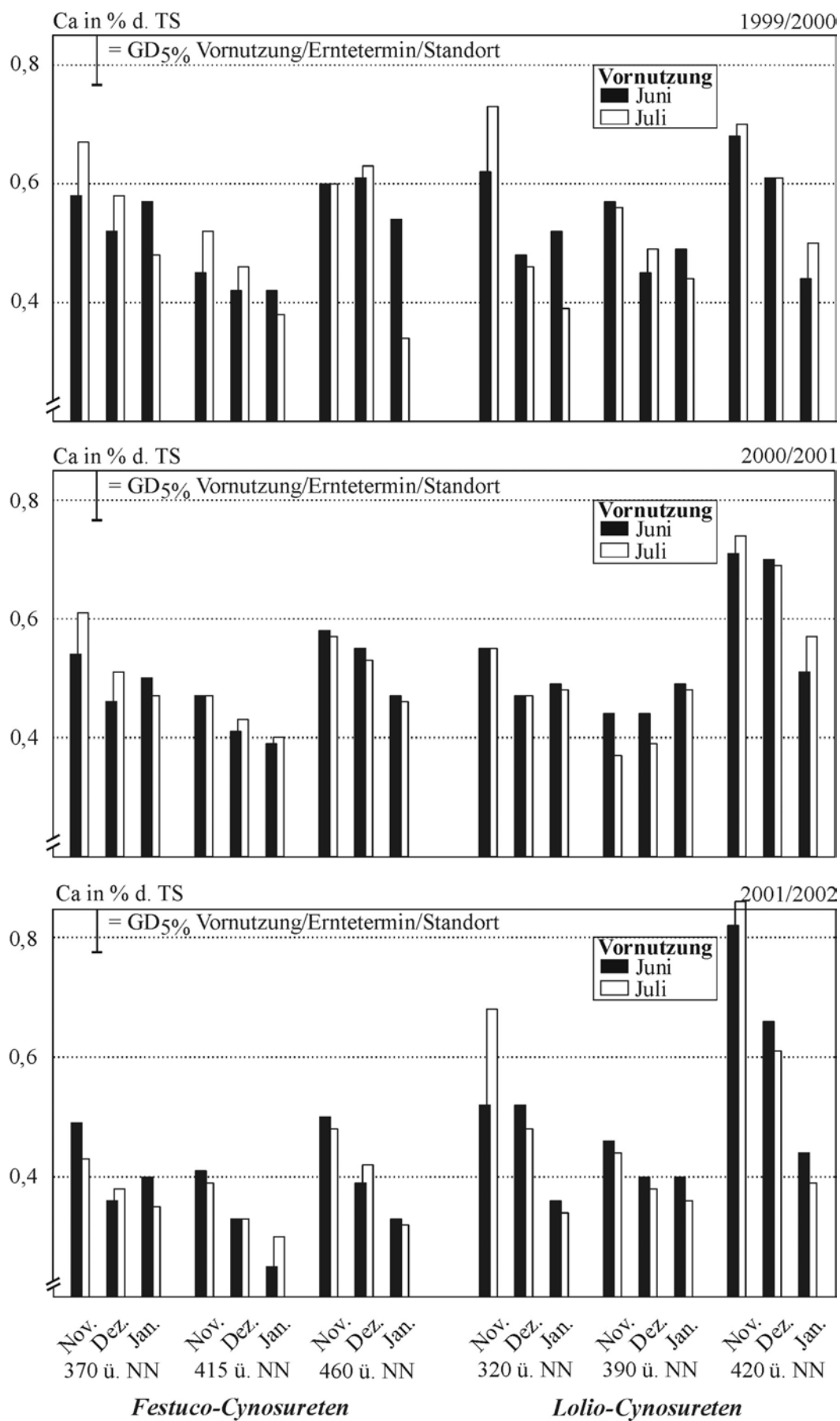


Abb. 18: Ca-Konzentrationen in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

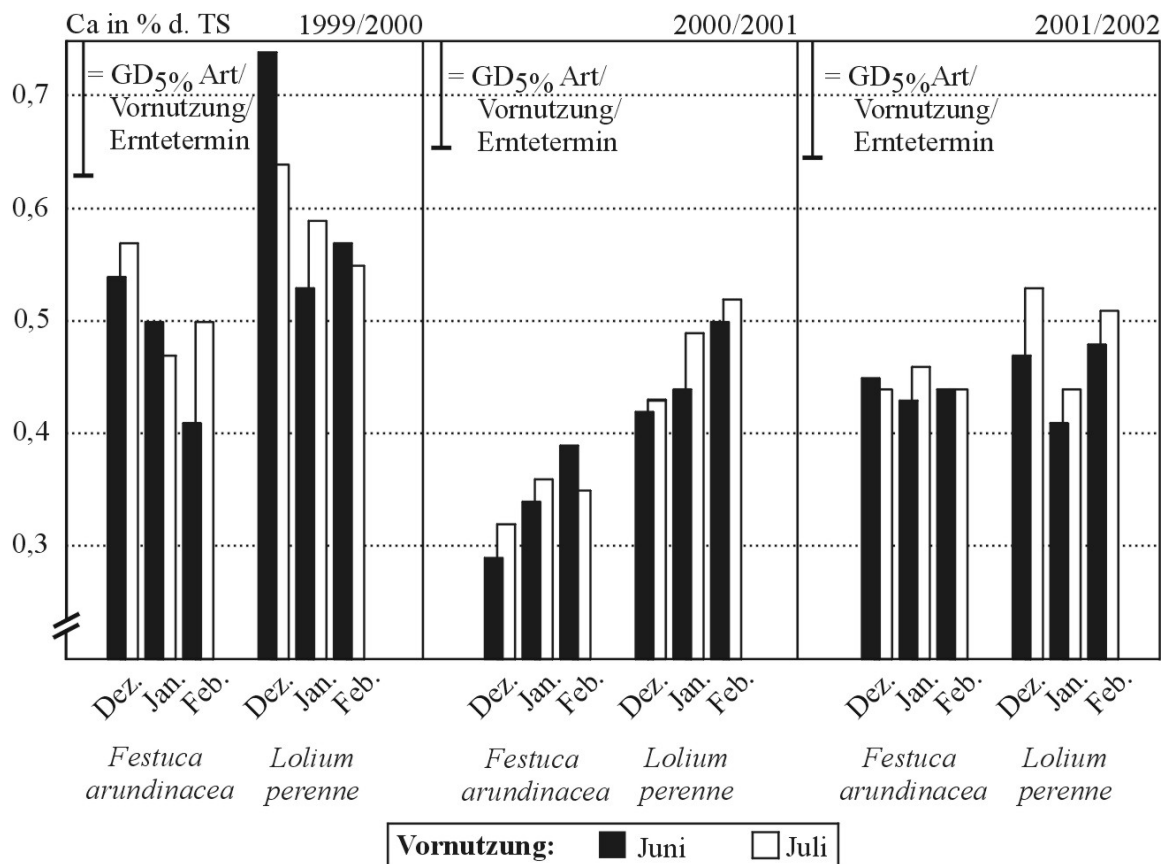


Abb. 19: Ca-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

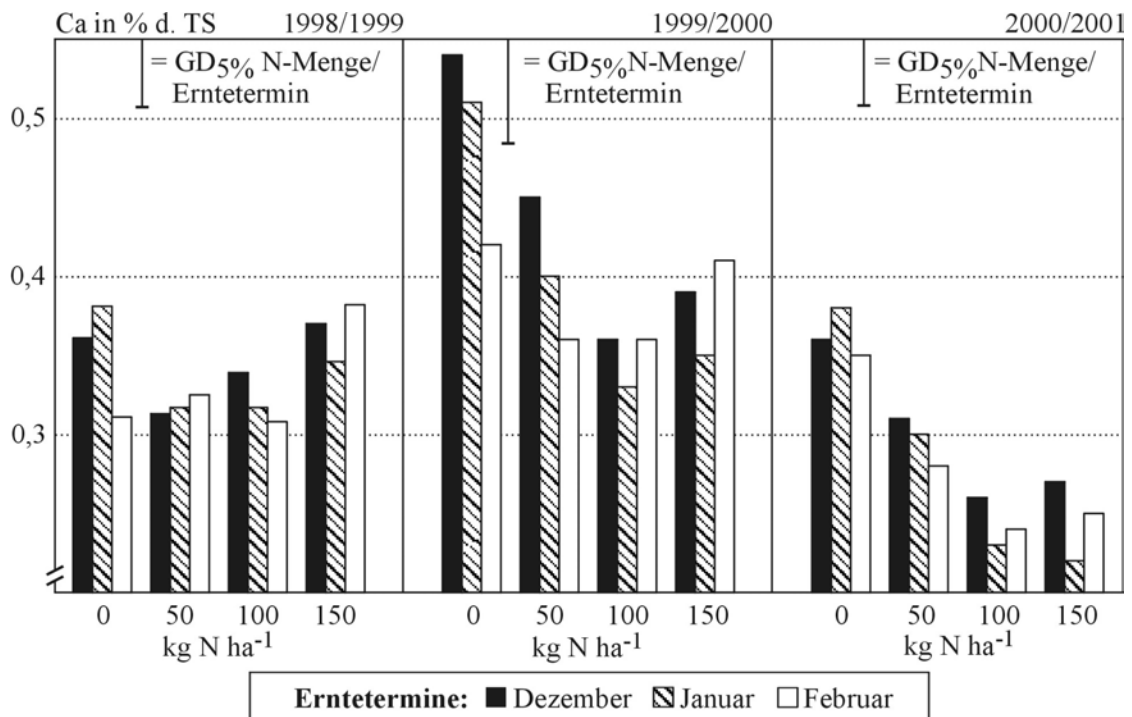


Abb. 20: Ca-Konzentrationen in Abhängigkeit N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

Abb. 20 zeigt die Ca-Konzentrationen der drei untersuchten Winter des Versuchs *N-Düngung*, vgl. Anhangtab. 190 bis 192. Für alle drei Jahre ist die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin gesichert, vgl. Anhangtab. 189, aber nur 1999/2000 bestehen relevante Unterschiede zwischen den Varianten. In diesem Winter nehmen die Ca-Konzentrationen der ungedüngten und der mit 50 kg N^{-1} gedüngten Aufwüchse von Dezember bis Februar ab, während die übrigen Varianten keine signifikanten Unterschiede mit fortschreitendem Winter aufweisen. In allen drei Wintern geht der größte Einfluss vom Faktor N-Menge aus; in den beiden letzten Wintern erreichen die ungedüngten Varianten – ausgenommen die Ernte im Februar – in den meisten Fällen die höchsten Ca-Konzentrationen. Im ersten Winter hingegen hebt sich die ungedüngte Variante nur deutlich von der 50 kg N ha^{-1} -Variante ab. Durch die gesicherten Abnahmen der Konzentrationen von Dezember bis Februar einiger Varianten ist 1999/2000 auch ein geringer Einfluss des Erntetermins vorhanden.

4.6 K/(Ca+Mg)-Quotient

Die sogenannte „tetany-ratio“ (= K/(Ca+Mg)-Quotient) des Versuchs *Pflanzengesellschaften* ist in Abb. 21 dargestellt, vgl. Anhangtab. 41 bis 43. Die Quotienten der Flächen im Westerwald, 420 und 460 m ü. NN, liegen in allen drei Wintern deutlich unterhalb des für das Weidetier kritischen Wertes von 2,2 und weisen keine futterwirtschaftlich relevanten Signifikanzen auf. Daher werden im folgenden nur die übrigen vier Flächen behandelt. Während die K/(Ca+Mg)-Quotienten aller übrigen Flächen mit fortschreitendem Winter kleiner werden, steigen die Quotienten der zuletzt im Juli vorgeernteten Aufwüchse der Fläche 320 m ü. NN im Winter 1999/2000 von November bis Januar an bzw. sie bleiben im Winter 2001/2002 auf einem ähnlichen Niveau; die Wechselwirkung Erntetermin x Standort ist gesichert, vgl. Anhangtab. 40. Die Hauptwirkungen verhalten sich jahrabhängig unterschiedlich. Im ersten und letzten Winter ist der Standort wichtigste Varianzursache; für die vier beschriebenen Flächen ist keine Rangfolge zu erkennen, die zuvor erwähnten, meist deutlich niedrigeren Quotienten der beiden Flächen im Westerwald bestimmen die Signifikanz diesen Faktors maßgeblich. In der Mehrzahl der Fälle nehmen die K/(Ca+Mg)-Quotienten mit fortschreitendem Winter ab, wodurch auch der Erntetermin als Hauptwirkung gesichert ist. Im Winter 2000/2001 geht von diesem Faktor, bedingt durch die deutlich ausgeprägt und gesicherten Abnahmen der Quotienten von November bis Januar, der größte Einfluss aus. Die K/(Ca+Mg)-Quotienten des Versuchs *Hauptbestandsbildner* gehen aus Abb. 22 und den Anhangtab. 135 bis 137 hervor. Wichtigste Varianzursache ist in den beiden ersten Wintern der Faktor Erntetermin,

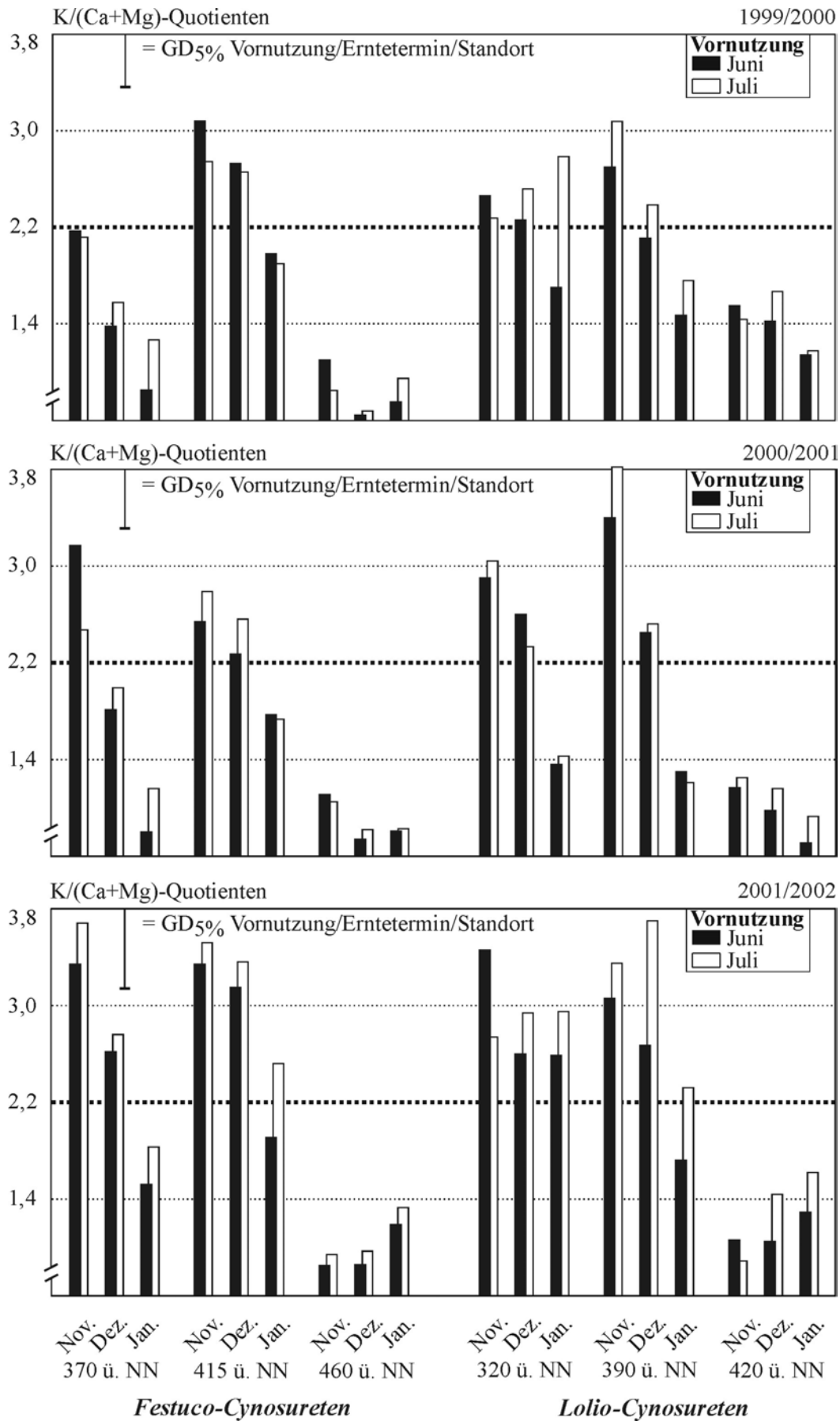


Abb. 21: K/(Ca+Mg)-Quotienten in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

vgl. Anhangtab. 134; mit einer Ausnahme bestehen gesicherte Unterschiede zwischen den Quotienten im Dezember und Februar. Im Winter 2001/2002 haben sowohl die Art als auch der Erntetermin einen Einfluss, ein relevanter Unterschied besteht lediglich zwischen den Ernteterminen Dezember und Februar der zuletzt im Juli vorgeernteten Variante von *Lolium perenne*. Aber die bereits erwähnten geringen TS-Erträge in diesem Winter, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 143 bis 145, stellen auch hier die futterwirtschaftliche Relevanz in Frage.

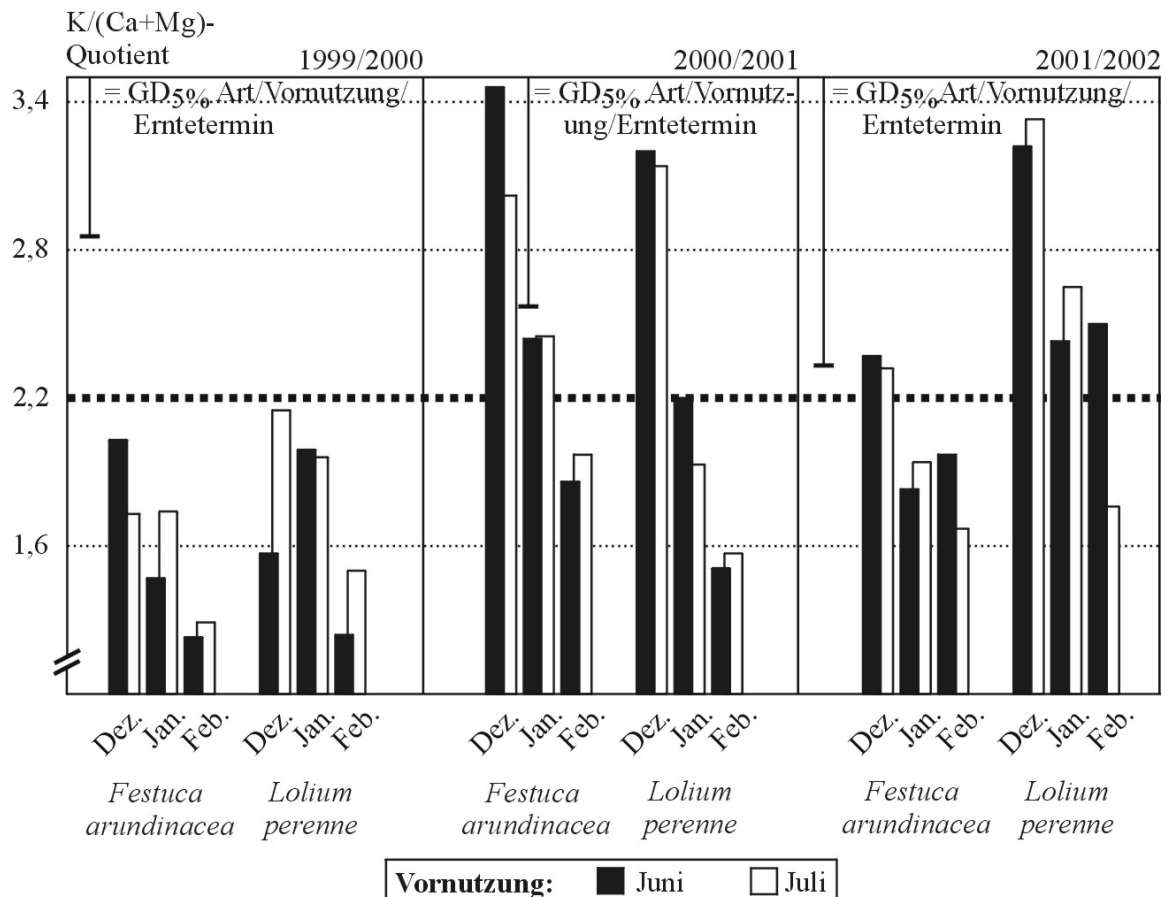


Abb. 22: K/(Ca+Mg)-Quotienten in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Abb. 23 zeigt die K/(Ca+Mg)-Quotienten des Versuchs *N-Düngung* im Verlauf der drei untersuchten Winter, vgl. Anhangtab. 194 bis 196. Die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin ist für alle drei Winter gesichert, vgl. Anhangtab. 193. Maßgeblich sind jeweils die Varianten einer jahrabhängig unterschiedlichen Düngungsstufe, die im Gegensatz zu den drei übrigen Varianten keine signifikanten Abnahmen der Quotienten von Dezember zu Februar zeigen. Im Winter 1998/1999 ist der Faktor Erntetermin, aufgrund der bereits erwähnten Unterschiede von Dezember zu Februar, als wichtigste Varianzursache gesichert. In den beiden folgenden Wintern dagegen geht vom Faktor N-Menge der größte Einfluss aus; die mit N gedüngten Varianten zeigen gegenüber der ungedüngten mit Ausnahme der im Februar

geernteten Aufwüchse des Winters 1999/2000 signifikant höhere Quotienten. Daneben kommt auch ein deutlicher Einfluss des Erntetermins in diesen beiden Jahren zum Tragen.

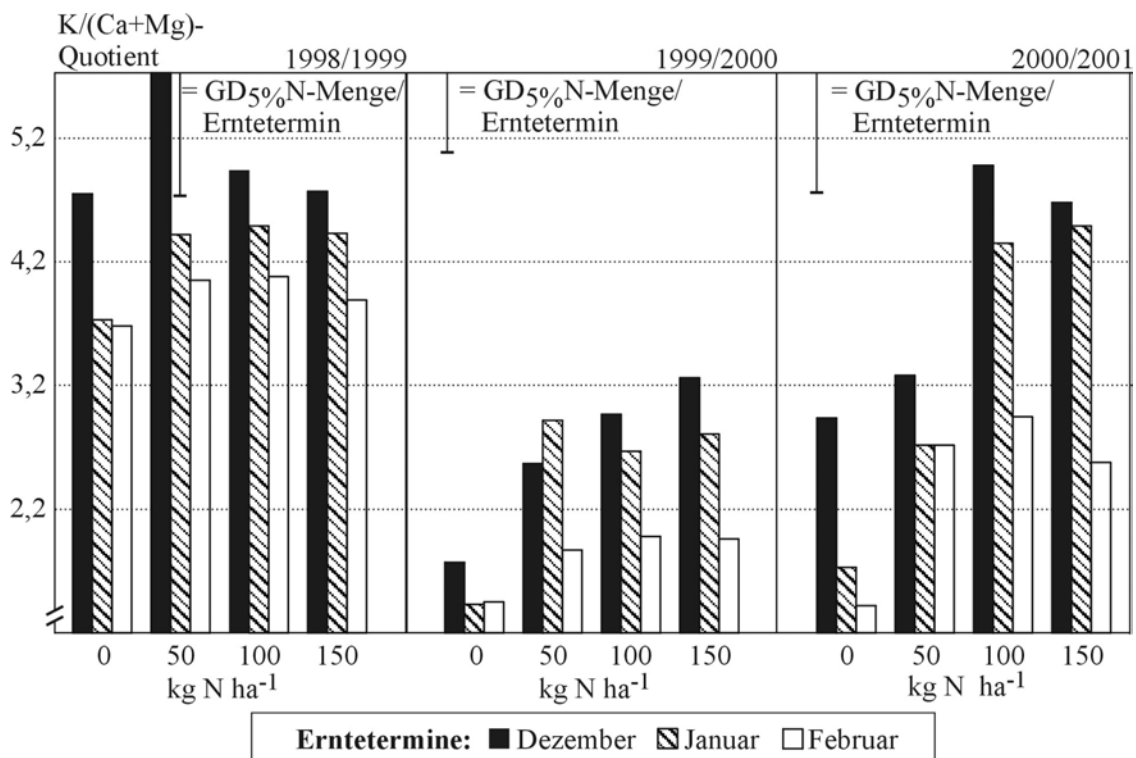


Abb. 23: K/(Ca+Mg)-Quotienten in Abhängigkeit N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

4.7 Ca/P-Quotient

Abb. 24 und Anhangtab. 45 bis 47 stellen die Ca/P-Quotienten des Versuchs *Pflanzengesellschaften* dar. Die Wechselwirkung Erntetermin x Standort ist gesichert, vgl. Anhangtab. 44, jedoch nur in den ersten beiden Wintern aus pflanzenbaulicher Sicht von Bedeutung. Während die Ca/P-Quotienten der meisten Flächen im Verlauf des Winters auf konstantem Niveau bleiben, weisen einige Flächen, jahrabhängig unterschiedlich, signifikante Unterschiede zwischen den Ernteterminen auf. Die im Winter 1999/2000 gesicherte Interaktion Erntetermin x Vornutzung wird lediglich durch Einzelwerte hervorgerufen. Wichtigste Hauptwirkung ist der Faktor Standort; in den meisten Fällen erreicht die Fläche 460 m ü. NN die größten Quotienten, die übrigen verhalten sich jahrabhängig unterschiedlich. Der zweitgrößte Einfluss geht vom Erntetermin aus, kommt aber unterschiedlich stark zum Tragen. Im Winter

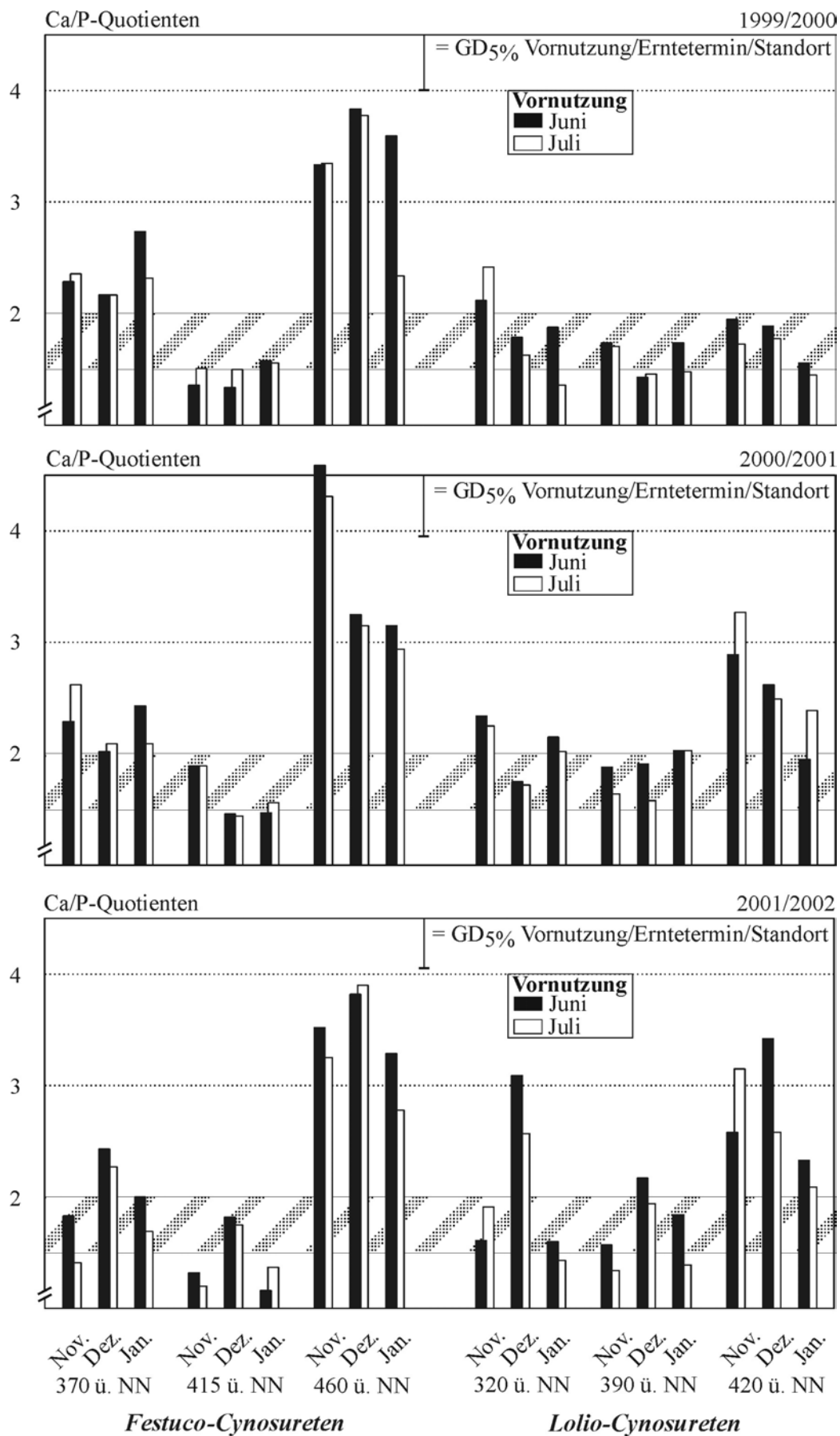


Abb. 24: Ca/P-Quotienten in Abhängigkeit von Vornutzung, Erntetermin im Winter, Pflanzengesellschaft und Standort, Versuch *Pflanzengesellschaften*

2001/2002 fallen besonders die Ca/P-Quotienten der im Dezember geernteten Varianten aller Flächen auf, da sie meist signifikant größer als die der beiden übrigen Erntetermine sind. Im letzten Winter ist außerdem die Vornutzung als Hauptwirkung gesichert, wobei jedoch die absoluten Differenzen relativ klein sind.

Das Verhältnis von Ca zu P des Versuchs **Hauptbestandsbildner** zeigt Abb. 25, vgl. Anhangtab. 139 bis 141. Generell bewegen sich die Quotienten meist in einem dem Tier angepassten Bereich (= 1,5 bis 2). Lediglich für den Winter 2000/2001 ist ein Einfluss der Faktoren in der Reihenfolge Art und Erntetermin gesichert, vgl. Anhangtab. 138. *Lolium perenne* erzielt beim Vergleich der zuletzt im Juni vorgeernteten Varianten signifikant höhere Werte. Mit Ausnahme der im Juni vorgeernteten Variante von *Festuca arundinacea* sind die Ca/P-Quotienten im Februar höher als im Dezember.

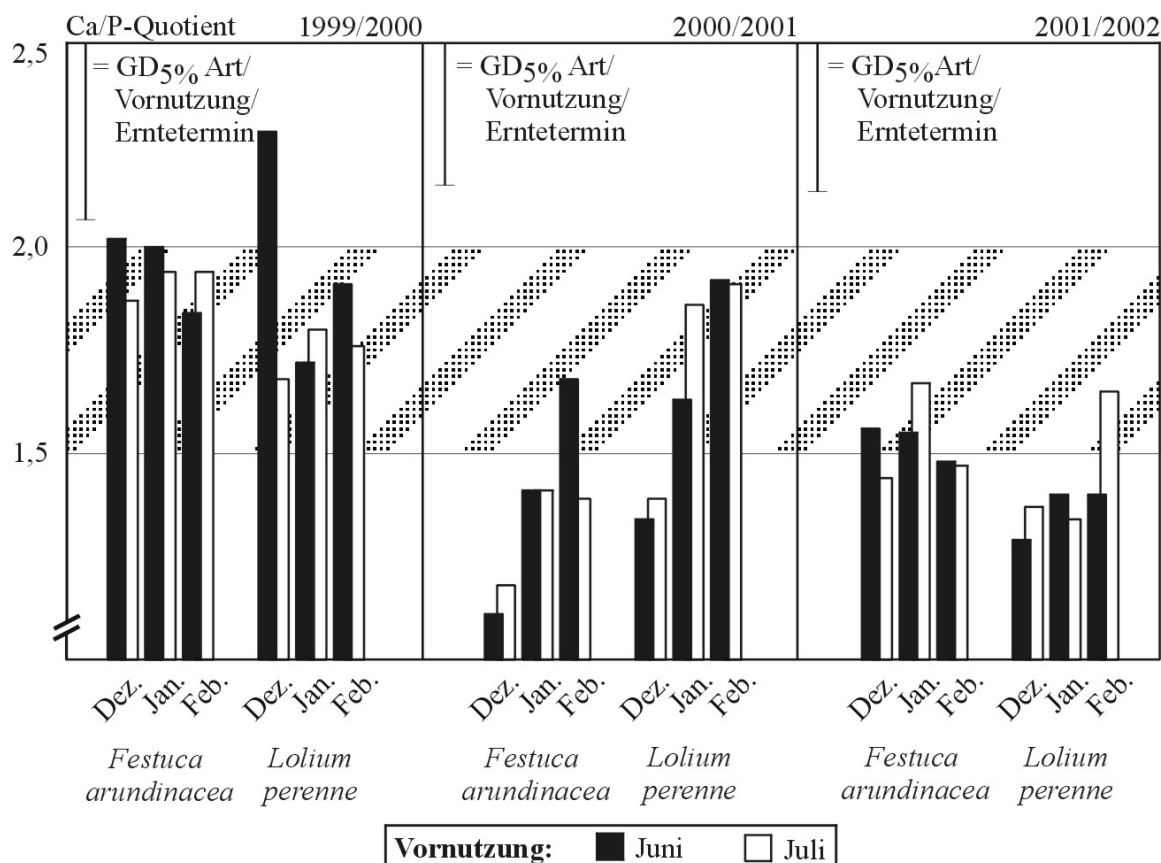


Abb. 25: Ca/P-Quotienten in Abhängigkeit von Art, Vornutzung und Erntetermin im Winter, Versuch **Hauptbestandsbildner**

In Abb. 26 sind die Ca/P-Quotienten des Versuchs **N-Düngung** dargestellt, vgl. Anhangtab. 198 bis 200. Die Wechselwirkung N-Menge x Erntetermin ist für alle drei Jahre gesichert, vgl. Anhangtab. 197. Die ungedüngten Varianten zeigen, verglichen mit den N gedüngten Varianten, einen anderen Verlauf. Im Winter 1998/1999 liegen signifikante Unterschiede

zwischen den Ernteterminen nur bei den ungedüngten Aufwüchsen vor; im darauffolgenden Winter besteht bei derselben Variante – im Gegensatz zu allen anderen – ein gesicherter Unterschied zwischen Dezember und Januar; im letzten Winter steigt der Ca/P-Quotient bei den Aufwüchsen ohne N-Gabe von Dezember zum Januar an, während er bei den übrigen auf ähnlichem Niveau bleibt oder von Dezember zum Februar kleiner wird. Die N-Menge ist wichtigste Varianzursache im ersten und letzten Winter; die nicht mit N gedüngten Aufwüchse erzielen meist die größten Quotienten. Im Winter 2000/2001 ist außerdem der Erntetermin als Hauptwirkung gesichert; bei den Varianten ohne N-Gabe und den mit 50 kg N ha⁻¹ versorgten Varianten bestehen gesicherte Unterschiede zwischen den Ernteterminen. 1999/2000 sind beide Faktoren mit annähernd gleich großer Varianz gesichert. Von Dezember zu Februar zeigen alle Düngungsstufen gesicherte Unterschiede; in den meisten Fällen erreichen auch hier die ungedüngten Aufwüchse die höchsten Ca/P-Quotienten.

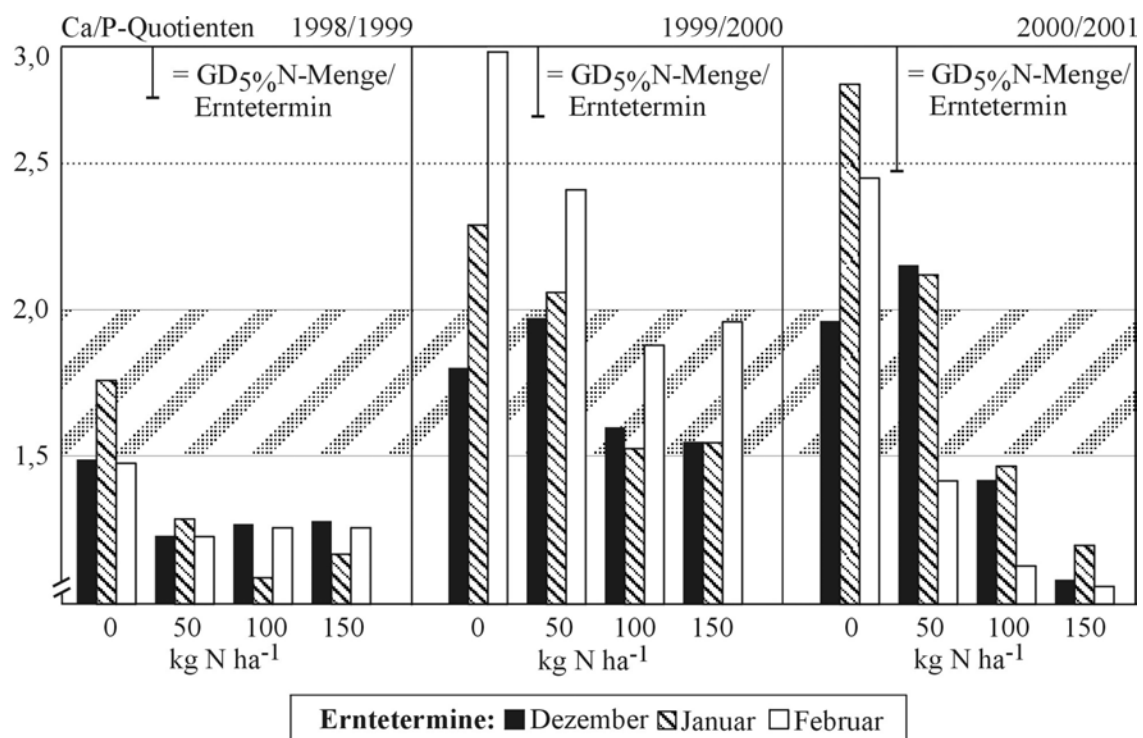


Abb. 26: Ca/P-Quotienten in Abhängigkeit von N-Menge und Erntetermin im Winter, Versuch *N-Düngung*

5. Diskussion

5.1 TS-Ertrag und Futterqualität

TS-Ertrag, Verdaulichkeit organischer Substanz und Verpilzungsgrad sind wichtige Kriterien zur Beurteilung der Futterqualität von Winterweideaufwüchsen. Aufgrund des für die Substanzbildung notwendigen engen Zusammenspiels zwischen Kohlenstoff- und Mineralstoffhaushalt (LARCHER 2001), können Abhängigkeiten zwischen diesen Futterqualitätsaspekten bestehen. Lineare Zusammenhänge werden bei der Betrachtung einiger Korrelationskoeffizienten (= durch "Fettdruck" gekennzeichnet) deutlich, Tab. 5 bis 12, wobei aufgrund der vielen verschiedenen Einflussfaktoren nur Werte mit einem Bestimmtheitsmaß $r^2 > 0,5$ betrachtet werden. So korrelieren die P-Konzentrationen der im November geernteten Varianten der *Festuco-Cynosureten* des Versuchs *Pflanzengesellschaften* negativ mit den TS-Erträgen, vgl. Tab. 5. Den höheren Zuwachsraten der zu Beginn des Winters geernteten Aufwüchsen liegt offenbar ein Ungleichgewicht zwischen Ertragsbildung und Mineralstoffaufnahme zugrunde, indem die Mineralstoffaufnahme langsamer als die Substanzbildung erfolgt (OPITZ v. BOBERFELD 1994a, LARCHER 2001); es kommt zu Verdünnungseffekten (FLEMING & MURPHY 1968, KLAPP 1971, ANKE et al. 1994), durch die sich die absoluten P-Konzentrationen – bezogen auf die TS – verringern. Aufgrund geringerer Masseleistungen und zunehmender Seneszenz mit fortschreitendem Winter kommt dieser Effekt offenbar nur zu Beginn des Winters zum Tragen, vgl. Tab. 6.

Tab. 5: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen der *Festuco-Cynosureten* im November aller Winter, n = 54

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,89**	-0,80**	-0,19	-0,40**	-0,73**	0,31*	-0,29*
	K	-0,88**	-0,40**	-0,29*	-0,52**	0,06	-0,16
		Na	0,55**	0,22	0,45**	0,11	0,07
			Mg	0,19	-0,11	0,42**	-0,51**
				Ca	0,16	-0,44**	-0,35**
					Ertrag	-0,49**	0,45**
						DOM	-0,16

Tab. 6: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen der *Festuco-Cynosureten* im Januar aller Winter, n = 54

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,73**	-0,65**	0,29*	0,05	0,07	0,30*	-0,17
	K	-0,39**	0,36**	-0,35**	0,01	0,41**	-0,56
		Na	0,27*	0,02	0,07	-0,02	-0,32*
			Mg	0,09	0,41**	0,59**	-0,50**
				Ca	0,15	-0,18	-0,33*
					Ertrag	0,35**	-0,15
						DOM	-0,19

Tab. 7: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen der *Lolio-Cynosureten* im November aller Winter, n = 54

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,18	-0,04	0,36**	0,26	-0,43**	0,51**	-0,03
	K	-0,82**	-0,37**	-0,57**	-0,12	0,30*	-0,21
		Na	0,54**	0,65**	-0,65	-0,20	0,10
			Mg	0,86**	-0,61**	0,37**	-0,26
				Ca	-0,41**	0,12	0,09
					Ertrag	-0,45**	0,32*
						DOM	-0,43**

Tab. 8: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen der *Lolio-Cynosureten* im Januar aller Winter, n = 54

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,29*	0,16	0,07	0,18	-0,16	-0,14	-0,25
	K	-0,24	-0,08	-0,60**	-0,09	0,20	-0,08
		Na	-0,08	0,13	-0,45**	0,11	-0,28*
			Mg	0,42**	0,15	0,06	0,03
				Ca	0,04	-0,03	-0,09
					Ertrag	-0,11	0,24
						DOM	0,03

Generell werden die TS-Erträge der beiden Weidegesellschaften jahrabhängig maßgeblich vom Nutzungszeitpunkt im Winter beeinflusst, vgl. Abb. 3 und Anhangtab. 48 bis 51, wobei sich im Gegensatz zur Vegetationsperiode die mittleren Erträge der *Festuco-Cynosureten* kaum von denen der *Lolio-Cynosureten* unterscheiden, vgl. Anhangtab. 101 bis 103. Beide Gesellschaften unterliegen, unabhängig von der Bestandszusammensetzung (WÖHLER 2003), gleichermaßen Seneszenz und witterungsbedingten Abbauprozessen, die zu teilweise recht geringen Ertragsleistungen führen und so dem Weidetier im Januar vielfach keine ausreichenden Futtermengen liefern.

Abnehmende TS-Erträge mit fortschreitendem Winter (BAKER et al. 1965, BALASKO 1977, MATCHES 1979) können auch für den Versuch *Hauptbestandsbildner* bestätigt werden. Allerdings sind die Ertragsleistungen hier in höherem Maße von dem Faktor Art abhängig, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 142 bis 145. Im Vergleich zu *Lolium perenne* kann *Festuca arundinacea*, unabhängig von Erntetermin und Schonungsgrad, seine Vorzüge als "typisches cool season grass" nutzen. Während des gesamten recht kalten Winters 2001/2002, mit Frostphasen bereits ab Mitte Oktober und einer geschlossenen Schneedecke bis in den Januar, vgl. Abb. 2 und Anhangtab. 17, liefert *Festuca arundinacea* – geschont ab Juni – ausreichende Futtermengen. Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von WOLF (2002) aus vorausgegangenen Untersuchungsjahren. Die lang anhaltenden Schneedecke bietet Mikroorganismen und saprophytischen Pilzen optimale Entwicklungsbedingungen, da unter der Schneebe-

deckung ein besonderes Mikroklima (= CO₂-Anreicherung) bei gleichzeitig starkem Lichtmangel herrscht (SCHLÖSSER 1997). Daher steigen offenbar die Ergosterol-Konzentrationen beider Arten im späten Winter deutlich an, vgl. Anhangtab. 157. Hier muss aber beachtet werden, dass *Lolium perenne* bei deutlich niedrigeren TS-Erträgen ähnliche Ergosterol-Konzentrationen wie *Festuca arundinacea* aufweist. Dies lässt den Schluss zu, dass die aufrechte Wuchsform und physiologische Vorteile (= SiO₂-Einlagerungen und u. U. Alkaloide) von *Festuca arundinacea* witterungsbedingten Abbauprozessen und pathogener Besiedlung entgegenwirken können (CORBETT 1957, WILKINSON & MAYS 1979, SCHLÖSSER 1997). Die dichteren *Lolium perenne*-Narben mit geringer Wuchshöhe zeigen hingegen deutlich höhere Anfälligkeiten für Fäulnisprozesse (BAKER et al. 1961, RAYBURN et al. 1979). Die geringere Widerstandsfähigkeit von *Lolium perenne* spiegelt sich in der zum Erntetermin im Dezember gesicherten engen Korrelation zwischen TS-Ertrag und Ergosterol-Konzentration wider, vgl. Tab.11. Die für beide Arten bestehende negative Beziehung zwischen DOM- und Ergosterol-Konzentration ist ebenfalls auffallend, vgl. Tab. 9, 11 und 12. Parasitäre Pilze dissimilieren offenbar zunächst vorwiegend leicht zugängliche und abbaubare Pflanzeninhaltsstoffe (WOLF 2002), wodurch der absolute Ligninanteil erhöht wird. Somit wirkt sich eine Besiedlung durch Pilze zusätzlich negativ auf die Verdaulichkeit aus, da es ohnehin zu einer wachstumsbedingten Minderung der DOM-Konzentration mit fortschreitendem Winter kommt (ARCHER & DECKER 1977, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, 1996, KIRCHGEßNER 1997).

Tab. 9: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen von *Festuca arundinacea* im Dezember aller Winter, n = 18

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,53*	0,51*	0,77**	0,29	-0,24	0,55*	-0,43
	K	0,73**	0,63**	-0,17	0,19	0,72**	-0,81**
		Na	0,33	-0,41	-0,07	0,54*	-0,50*
			Mg	0,53*	-0,06	0,53*	-0,67**
				Ca	-0,35	0,06	-0,14
					Ertrag	-0,34	0,11
						DOM	-0,87**

Tab. 10: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen von *Festuca arundinacea* im Februar aller Winter, n = 18

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,47	0,44	0,71**	0,59*	-0,36	0,69**	-0,45
	K	0,20	0,60**	0,29	-0,14	0,54*	-0,68**
		Na	0,62**	0,33	-0,50*	0,76**	-0,59**
			Mg	0,31	-0,56*	0,88**	-0,55*
				Ca	-0,10	0,35	-0,47
					Ertrag	-0,65**	0,23
						DOM	-0,63**

Tab. 11: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen von *Lolium perenne* im **Dezember** aller Winter, n = 18

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,72**	0,31	0,51*	0,12	-0,68**	0,76**	-0,74**
	K	0,24	0,10	-0,48*	-0,37	0,70**	-0,62**
		Na	0,68**	-0,12	-0,40	0,74**	-0,69**
			Mg	0,46	-0,67**	0,61**	-0,69**
				Ca	-0,33	-0,19	-0,02
					Ertrag	-0,68**	0,76**
						DOM	-0,89**

Tab. 12: Korrelationen (= r) zwischen Mineralstoffen und weiteren Qualitätsmerkmalen von *Lolium perenne* im **Februar** aller Winter, n = 18

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,76**	0,24	0,88**	-0,05	-0,67**	0,69**	-0,70**
	K	0,50*	0,79**	-0,43	-0,50*	0,61**	-0,45
		Na	0,44	-0,20	-0,26	0,55*	-0,36
			Mg	-0,17	-0,55*	0,80**	-0,78**
				Ca	-0,03	-0,07	-0,08
					Ertrag	-0,76**	0,64**
						DOM	-0,90**

Verpilzungsgrad und die damit verbundenen möglichen pilzlichen Stoffwechselprodukte von Winterfutter "auf dem Halm" stehen im Verdacht, die Aktivität von cellulase-produzierenden Pansenmikroben negativ zu beeinflussen (HÖLTERSHINKEN et al. 1996, 2000). Dieser Effekt könnte bei den verschiedenen Methoden zur energetischen Bewertung (= *in vitro* oder *in vivo*) von Winterweidefutter zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. OPITZ V. BOBERFELD et al. (2003) zeigen, dass kein direkter, negativer Effekt der Verpilzung auf die Aktivität der Pansenflora besteht; trotzdem stellen die Autoren bei dem Vergleich verschiedener Methoden heraus, dass *in vitro*-Pansensaft-Methoden (= z. B. Hohenheimer Futterwerttest) zur Schätzung der Verdaulichkeit den wahren Wert offenbar besser widerspiegeln als chemische oder enzymatische Methoden. Somit ist die in dieser Arbeit angewandte *in vitro* Methode, trotz höheren Aufwandes, gerechtfertigt.

Während sich für den Versuch *Pflanzengesellschaften* offenbar aufgrund vielfältiger Einflussgrößen (= Witterung, Standort, Bestandszusammensetzung) keine relevanten Beziehungen zwischen Mineralstoffen und anderen Qualitätsaspekten ergeben, werden bei den Reinsaatens des Versuchs *Hauptbestandsbildner* Abhängigkeiten ersichtlich, vgl. Tab. 9 bis 12. Auswirkungen des Befalls durch parasitäre Pilze sind die Zerstörung des pflanzlichen Zellmembransystems und ein damit verbundenes, verringertes Aufnahme- und Translokationsvermögen von Wasser und Nährstoffen (SCHLÖSSER 1997). Einzelne Mineralstoffe sind an

der Ausbildung von physiologischen Resistenzmechanismen gegen Infektionen durch Schad-
erreger beteiligt (MARSCHNER 1995). So kann eine ausreichende K-Versorgung der Pflanze zu
einer Verstärkung der Zellwände führen, die als physiologische Barriere das Eindringen von
Pilzen erschwert. Gleichzeitig kann K auch indirekt zur Reduzierung der Anfälligkeit gegen-
über witterungsbedingtem Stress (= Erhöhung der Frostresistenz) beitragen (MENGEL 1991,
MARSCHNER 1995). Durch diesen Zusammenhang sind offenbar die im Dezember für *Festuca*
arundinacea vorliegenden engen Beziehungen zwischen K- und DOM-Konzentration einer-
seits und K- und Ergosterol-Konzentration andererseits zu erklären, vgl. Tab. 9. Die Auf-
wüchse dieser Art erreichen im Dezember, entsprechend Abb. 10, die höchsten
K-Konzentrationen, sind jünger und aufgrund ihrer ausgeprägten Winterhärte vitaler. Dadurch
kann zum einen mit höheren Verdaulichkeiten (MATCHES 1979, COLLINS & BALASKO 1981,
OPITZ V. BOBERFELD & WOLF 2002), zum anderen mit einer geringeren Anfälligkeit gegen-
über Schaderregern gerechnet werden (SCHLÖSSER 1997).

5.2 Mineralstoffe

5.2.1 Standort

5.2.1.1 Boden

Die bodenchemischen Eigenschaften und somit auch das Mineralstoffangebot für die Pflanze
– insbesondere in extensiven Bewirtschaftungssystemen – sind abhängig vom geologischen
Ursprung des Bodens (SCHACHTSCHABEL 1992, LARCHER 2001). Die Standorte der Flächen
im Westerwald und im Lahn-Dill-Bergland des Versuchs *Pflanzengesellschaften* unterschei-
den sich offenbar in ihrer geologischen Entwicklung. Bei den Flächen 420 und 460 m ü. NN
ist anscheinend Basalt (= Magmatit) das vorwiegende Ausgangsgestein, während im Lahn-
Dill-Bergland Tonschiefer bzw. Grauwacken (= Sedimentgestein) vorherrschen. SiO₂-arme,
basische Gesteine wie Basalt sind meist relativ reich an Ca, Mg und P, dagegen arm an K
(MÜCKENHAUSEN 1993) und insbesondere Basalte können hohe Anteile an Mineralen mit
beachtlichen Na-Gehalten (= Kalknatronfeldspäten) aufweisen (SCHACHTSCHABEL 1992,
MÜCKENHAUSEN 1993). Im Zuge der Bodenentwicklung kann es so zu einer Na-Freisetzung
kommen. Dies könnte eine Ursache für die vergleichsweise hohen Na-Konzentrationen der
Winteraufwüchse auf den Flächen im Westerwald sein, die sich dadurch deutlich von den
Flächen im Lahn-Dill-Bergland absetzen – vgl. Anhangtab. 29 bis 30 – und der Faktor Stand-
ort so zur wichtigsten Varianzursache wird, vgl. Anhangtab. 28. Unter dem Aspekt der Tier-
gesundheit sind hierbei besonders die Na-Konzentrationen der zuletzt im Juli vorgenutzten
Varianten der Fläche 460 m ü. NN hervorzuheben, da die Aufwüchse dem Tier jahrunab-

hängig ein ausreichendes Angebot an Na ($> 0,15\%$ i. d. TS) teilweise bis in den Dezember hinein liefern können (MENKE 1987). Bei den Flächen 420 und 460 m ü. NN im Westerwald sind zudem mögliche, von einem hohen K-Angebot im Boden ausgehende antagonistische Wirkungen bei der Na-Aufnahme weitestgehend auszuschließen, da die Gehalte an pflanzenverfügbarem K im Boden hier im Vergleich zu allen anderen Standorten auf einem geringen Niveau liegen, vgl. Anhangtab. 7. Gerade bei unzureichender K-Versorgung wird nach MENGEL (1991) die Aufnahme anderer Kationen begünstigt. Dies wirkt sich offenbar auch auf die Ca-Konzentrationen der Fläche 420 m ü. NN aus. Die Aufwüchse dieser Fläche, bei einem den übrigen Flächen ähnelndem Ertragsniveau, nehmen insbesondere in den letzten beiden Wintern anscheinend vergleichsweise mehr Ca auf, sodass sie die höchsten Ca-Konzentrationen aller Flächen erreichen, vgl. Abb. 18 und Anhangtab. 37 bis 39. Die engen negativen Korrelationen zwischen Na und K im November spiegeln die antagonistische Beziehung dieser beiden Elemente wider, vgl. Tab. 5 und 7. Mit zunehmender Seneszenz und geringeren Ertragsleistungen verliert der antagonistische Effekt allerdings an Bedeutung, vgl. Tab. 6 und 8. Auch für die P-Konzentrationen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* besteht eine deutliche Standortabhängigkeit, vgl. Anhangtab. 20. Die Fläche 420 m ü. NN nimmt dabei unter den *Lolio-Cynosureten* eine besondere Position ein, da sich die P-Konzentrationen der Aufwüchse, trotz deutlich geringerer P-Gehalte im Boden, vgl. Anhangtab. 7, nicht von den der beiden anderen Flächen unterscheidet, vgl. Abb. 6 und Anhangtab. 21 bis 23. Eine höhere P-Aufnahme könnte zum einen durch den pH-Wert von 5,3 bedingt sein, der die Verfügbarkeit der Phosphate für die Pflanze erhöht (MENGEL 1991, WHITEHEAD 2000). Zum anderen lässt die exponierte Süd-Ost-Lage dieser Fläche auf eine höhere Mineralisierungsrate schließen. Dieses Ergebnis macht deutlich, dass die Aussagefähigkeit von Bodenanalysen für den Anwendungsbereich Grünland beschränkt ist, was bereits MENGEL (1991), SCHACHTSCHABEL (1992), OPITZ v. BOBERFELD (1994a) und WHITEHEAD (2000) zu Bedenken geben.

Der Vergleich der Na-Konzentrationen von Sommer- und Winteraufwüchsen, vgl. Anhangtab. 76 bis 78, macht deutlich, dass die absoluten Mineralstoff-Konzentrationen im Sommer wachstums- oder saisonal bedingt zwar meist höher sind, aber sich die Relationen der einzelnen Flächen zueinander letztendlich nicht von denen im Winter unterscheiden. In der Mehrzahl der Fälle kann diese Beobachtung auch für alle übrigen Elemente bestätigt werden, vgl. Anhangtab. 66 bis 73 und 81 bis 88. Die unterschiedliche Nährstoffverfügbarkeit der Standorte führt dazu, dass Prozesse, wie Auswaschung von leicht löslichen Nährstoffen mit fortschreitendem Winter, aufgrund eines generell höheren Niveaus – wie beschrieben bei den

Flächen im Westerwald – standortabhängig stärker zum Tragen kommen können und überhaupt verifizierbar werden. Jahrabhängig bestehende Wechselwirkungen, wie die für die Na- und K-Konzentrationen gesicherte Interaktion Erntetermin x Standort, werden in der Mehrzahl der Fälle von den abweichenden Konzentrationen der Flächen im Westerwald gegenüber allen anderen Standorten hervorgerufen, vgl. Anhangtab. 24 und 28. Für die Beurteilung von Einflussfaktoren im Winter haben sie allerdings keine Bedeutung. Einen vergleichbaren Effekt löst offenbar die im Frühjahr 2000 im Versuch **Hauptbestandsbildner** durchgeführte Grunddüngung aus. Insbesondere die Na-Konzentrationen liegen aufgrund der höheren Na-Gehalte im Winter 2000/2001 auf einem höheren Niveau, wodurch variantenbedingte Einflüsse, wie die mit späterer Winternutzung abnehmenden Na-Konzentrationen, sichtbarer werden, vgl. Anhangtab. 122.

Aus den dargestellten Zusammenhängen wird ersichtlich, dass Prozesse, die einen entscheidenden Einfluss auf die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter haben, als standortunabhängig – bezogen auf durch Bodenunterschiede hervorgerufene divergierende Mineralstoffverfügbarkeiten – beurteilt werden können. Auch WÖHLER (2003) kommt aufgrund der jahrabhängig unterschiedlich ausgeprägten Abnahmen der TS-Erträge zu dem Schluss, dass Standortmerkmale, bezogen auf gegebene Bodenbedingungen, im Winter eine untergeordnete Rolle spielen. Dies bestätigen Untersuchungen von BUCHGRABER & PÖTSCH (2000) und STERZENBACH (2000), die auf extensiv bewirtschaftetem Grünland keinen Einfluss unterschiedlicher Höhenlagen beschreiben.

5.2.1.2 Bestandszusammensetzung

Neben differierenden Bodenbedingungen können im Versuch **Pflanzengesellschaften** offenbar auch Unterschiede zwischen den Bestandszusammensetzungen der einzelnen Flächen die Signifikanz des Faktors Standort auslösen. Bei den untersuchten Flächen handelt es sich um von Gräsern dominierte Bestände, in denen Leguminosen keine, sonstige Kräuter nur in einigen Fällen eine Bedeutung haben, vgl. Tab. 1 und Anhangtab. 1 bis 6. Alle drei Flächen des *Festuco-Cynosuretum* enthalten hohe Anteile an sogenannten "secondary grasses" (FRAME 1991), die sich durch besondere Vorzüge, wie hohe Ertragsleistungen auch nach langer Wachstumszeit, in extensiven Grünland-Bewirtschaftungssysteme auszeichnen. Als typischer Vertreter des *Festuco-Cynosuretum* (OPITZ v. BOBERFELD 1994a) ist *Festuca rubra* wichtigster Hauptbestandsbildner der Versuchsflächen. Diese bis in den Spätherbst grüne Art zeichnet sich zwar durch eine ausgeprägte Winterhärte aus, weist aber nach LASER (1999) bereits in der Vegetationsperiode sowohl in Reinsaat als auch in Mischungen nach langer Wachstumszeit ein geringes, dem Weidetier nicht adäquates Na-, Mg-, P- und teilweise auch

Ca-Konzentrationsniveau auf. Auch FRAME (1991) beschreibt die Art unter extensiven Bedingungen zwar als vergleichsweise ertragreich, aber mineralstoffarm. Ein Einfluss dieser Art auf die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter ist in den vorliegenden Ergebnissen aber nur schwer zu verifizieren. Zum einen sind die Aufwüchse nicht fraktioniert, sondern als repräsentative Mischprobe untersucht; zum anderen können inter- und intraspezifische Mischungseffekte die Mineralstoff-Konzentrationen von Gräsern stark beeinflussen (FLEMING & MURPHY 1968, LEHMANN et al. 1978, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, OPITZ v. BOBERFELD & LASER 1999). Auch für die in einigen Fällen offensichtlich durch unterschiedliche Gräser hervorgerufenen Konzentrationsunterschiede der drei Flächen *Lolio-Cynosureten* gilt diese Aussage. Trotzdem sei hier die Fläche 420 m ü. NN erwähnt, die durch vergleichsweise hohe P-, Na- und Ca-Konzentrationen besonders in Erscheinung tritt. Diese Fläche unterscheidet sich nicht nur durch abweichende Bodengegebenheiten von den beiden anderen Standorten dieser Gesellschaft, vgl. Kap. 5.2.1.1, sondern auch durch ihren hohen Anteil an "secondary grasses" als bestandsbildende Arten, vgl. Tab. 1 und Anhangtab. 4 bis 6. Auch wenn FRAME (1991) *Holcus lanatus*, der Art mit den höchsten Ertragsanteilen auf dieser Fläche, vergleichsweise hohe P-, K- und Mg-Konzentrationen und eine insgesamt gute Futterqualität bei extensiven Bewirtschaftung zuspricht, bilden auch hier die Ergebnisse keine ausreichende Grundlage für eine definitive Aussage über den Einfluss einzelner Arten.

Ein Einfluss in relativ hohen Anteilen vorkommender sonstiger Kräuter lässt sich hingegen in einigen Fällen offenbar deutlicher ableiten. *Plantago lanceolata* ist in vergleichsweise hohen Ertragsanteilen auf der Fläche 460 m ü. NN vertreten, vgl. Anhangtab. 3. Die Art zeichnet sich insbesondere nach langer Wachstumsdauer, bei niedrigen K-Gehalten im Boden und niedrigem pH-Wert durch ein hohes Na-Aneignungsvermögen aus (ISSELSTEIN 1994). Daneben weist *Plantago lanceolata* nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) auch vergleichsweise hohe Mg-Konzentrationen auf. Beide Merkmale wirken sich, jahrabhängig unterschiedlich ausgeprägt, offenbar auf die physiologisch jüngeren Aufwüchsen (= Juni-Vornutzung) dieser Narbe aus. Zu Beginn des Winters sind hier Auswaschungs- und Remobilisationsprozesse von Inhaltsstoffen anscheinend noch nicht so weit fortgeschritten wie zu späteren Zeitpunkten. Die Bestände weisen dadurch vermutlich eine höhere Vitalität (WOLF 2002), verbunden mit einem höheren Anteil an grünen Blättern (= Mg als Baustein von Chlorophyll), auf. Dieser Effekt führt offenbar zu jeweils höheren Na- und jahrabhängig auch Mg-Konzentrationen in den jüngeren Aufwüchsen, bedingt einen relevanten Einfluss der Vornutzung und trägt offenbar auch maßgeblich zur Interaktion Vornutzung x Standort bei, vgl. Abb. 12 und 15 und

Anhangtab. 28 bis 35. Unterschiedliche Zusammensetzungen der Bestände können somit offenbar zu Beginn der Winternutzung Einfluss auf die Mineralstoff-Konzentrationen nehmen, dies lässt sich aber aufgrund der Versuchsdurchführung nicht explizit verifizieren. Bei der Gegenüberstellung der mittleren Mineralstoff-Konzentrationen beider **Pflanzengesellschaften** im Winter unterscheiden sich lediglich die mittleren P- und K-Konzentrationen der im November geernteten Varianten signifikant, vgl. Anhangtab. 21 bis 23 und 25 bis 27. Dabei sind die mittleren P-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten* im November meist zwar höher, aber die Erhöhung führt nicht zu einem Konzentrationsniveau ($= P > 0,4 \% \text{ i. d. TS}$), das dem Weidetier eine ausreichende Versorgung über den Weideaufwuchs gewährleisten würde (MENKE 1987). Der Unterschied zwischen den mittleren K-Konzentrationen der beiden Weidegesellschaften ist aufgrund des für das Weidetier meist als ausreichend einzustufenden Konzentrationsniveaus nicht bedeutsam. Mit fortschreitendem Winter wirken Seneszenzprozesse nivellierend auf die P- und K-Konzentrationen, sodass die Unterschiede zwischen beiden Assoziationen, und meist auch zwischen den einzelnen Flächen, im Dezember, aber spätestens im Januar, nicht mehr relevant sind. Diese geringen Unterschiede zwischen den beiden Pflanzengesellschaften lassen letztendlich den Schluss zu, dass der Einfluss unterschiedlicher Bestandszusammensetzungen auf die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter nur von untergeordneter Bedeutung ist; dies kann eine Folge der extensiven Bewirtschaftungsweise sein (WÖHLER 2003). Allerdings erreichen die *Lolio-Cynosureten* im Sommer gegenüber den *Festuco-Cynosureten* deutlicher höhere mittlere P-, K- und Ca-Konzentrationen, vgl. Anhangtab. 66 bis 68, 71 bis 73 und 86 bis 88. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Seneszenz und witterungsbedingte Einflüsse für die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter bedeutsamer als divergierende Bestandszusammensetzungen sind. Insgesamt betrachtet liefern die Winteraufwüchse den Weidetieren lediglich für K und Ca ein adäquates Angebot, die übrigen Elemente sind als nicht mehr bedarfsgerecht einzuordnen (MENKE 1987, OPITZ V. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEßNER 1997). Die vorliegenden Ergebnisse stehen somit in Einklang mit Beobachtungen von OPITZ V. BOBERFELD (1994a), LASER (1999) und WHITEHEAD (2000), die für Aufwüchse von extensiv bewirtschafteten Flächen mit langer Wachstumsphase bereits in der Vegetationsperiode vergleichsweise niedrige, dem Bedarf des Weidetieres nicht mehr adäquaten P- und Na-Konzentrationen feststellen.

5.2.2 Hauptbestandsbilder

Die bestandsbildenden Arten des Versuchs *Pflanzengesellschaften* sind keine typischen "cool season grasses". Es handelt sich vorwiegend um Gräser, die eine zu geringe Winterhärte (= *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*), schnelles Altern (= *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*) oder mangelnde Masseleistungen im Winter aufweisen (KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 1990, FRAME 1991, OPITZ v. BOBERFELD 2001b). Somit erfüllen sie nicht die von verschiedenen Autoren geforderten notwendigen Eigenschaften eines Hauptbestandsbildners auf Winterweiden (WHEELER 1968). Die Beurteilung heterogener Mischbestände unterschiedlicher Standorte erweist sich – wie in den vorherigen Kapiteln dargestellt – zudem als schwierig. Ein direkter Vergleich der Versuche *Pflanzengesellschaften* und *Hauptbestandsbildner* ist nicht möglich, da witterungsbedingte Einflüsse an den verschiedenen Standorten Quantität und Qualität der Aufwüchse beider Versuche stark beeinflussen (WOLF 2002, WÖHLER 2003). Doch durch den Anbau von Gräsern in Reinsaat und unter homogenen Bodenbedingungen, wie im Versuch *Hauptbestandsbildner*, können artspezifische Effekte bei Mineralstoffaufnahme und –akkumulation verifizierbar werden (FLEMING & MURPHY 1968). Die Ergebnisse zeigen dabei, dass die Vorzüge von *Festuca arundinacea* als winterhartes und –grünes "cool-season-grass" (BAKER et al. 1965, BALASKO 1977, MATCHES 1979, RAYBURN et al. 1979, BARTHOLOMEW et al. 1997, OPITZ v. BOBERFELD & WOLF 2002) offenbar auch für die Konzentrationen einiger Mineralstoffe in Winterweideaufwüchse von Bedeutung sind. Die höheren Ertragsleistungen von *Festuca arundinacea* gegenüber *Lolium perenne*, vgl. Kap. 5.1, haben einen verdünnenden Effekt auf die P- und Ca-Konzentrationen dieser Art. Die absoluten P- und Ca-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* erreichen dadurch ein deutlich geringeres Niveau als bei *Lolium perenne*, wodurch der Faktor Art zur wichtigsten Varianzursache für beide Elemente wird, vgl. Abb. 7 und 19 und Anhangtab. 114 und 130. Während die P-Konzentrationen beider Arten generell meist in einem dem Weidetier nicht angepassten Bereich (< 0,4 % i. d. TS) liegen, führen die hohen Zuwachsraten von *Festuca arundinacea* im milden Winter 1999/2000 dazu, dass zu diesem Zeitpunkt auch die Ca-Konzentrationen deutlich unterhalb des von MENKE (1987) geforderten Wertes für eine adäquate Ernährung des Weidetieres bleiben, vgl. Anhangab. 115 bis 117 und 131 bis 133. Das Verhalten der beiden Elemente beeinflusst auch das Ca/P-Verhältnis maßgeblich, vgl. Anhangtab. 134 bis 137 und Kap. 5.2.6. Der scheinbare Vorteil von *Lolium perenne*, bezogen auf diese beiden Elemente, muss besonders in den beiden kalten und frostreichen Wintern 1999/2000 und 2001/2002 auf der Basis von deutlich geringeren TS-Erträgen beurteilt werden, vgl. Abb. 4 und Anhangtab. 143 bis 145.

Die Bedeutung morphologischer und physiologischer Vorteile von *Festuca arundinacea* für die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter werden besonders deutlich, wenn die Beurteilung unter Einschluss anderer Futterqualitätsaspekte erfolgt. Hier sei auf den bereits in Kap. 5.1 erläuterten Zusammenhang zwischen K- und Ergosterol-Konzentration bei *Festuca arundinacea* im Februar verwiesen, vgl. Tab. 9, S. 61. Die Vorteile – bezogen auf die Anfälligkeit gegenüber Abbauprozessen in Winter – bedingen im kältesten und schneereichen Winter 2001/2002 die für die P-Konzentrationen gesicherte Interaktion Art x Erntetermin, vgl. Anhangtab. 114. Während der langen, bis in den Januar anhaltenden Schneedecke des Winters 2001/2002, verändern sich die P-Konzentrationen von *Festuca arundinacea* im Gegensatz zu *Lolium perenne* kaum; auch die Na-Konzentrationen zeigen in diesem Winter denselben artabhängigen Verlauf. Somit kommen offenbar besonders unter den erschwerten Witterungsbedingungen die Vorteile von *Festuca arundinacea* als wintergrüne Art gegenüber *Lolium perenne* zum Tragen, was in Einklang mit den Ergebnissen von FLEMING & MURPHY (1968) steht. Diese artbedingte Eigenschaft erweist sich offenbar auch für die Mg-Konzentrationen als vorteilhaft, da *Festuca arundinacea* im Zuge höherer TS-Erträge jahrabhängig auch höhere Mg-Konzentrationen erreicht, wodurch der Einfluss des Faktors Art in den ersten beiden Wintern gesichert ist, vgl. Anhangtab. 126. Durch den vergleichsweise geringeren Anteil an seneszenten Blattmasse in der *Festuca arundinacea*-Narbe ist auch der Abbau von Chlorophyll und die Remobilisation von Mg in überwinternde Pflanzenteile noch nicht so weit fortgeschritten wie bei *Lolium perenne*. Die höheren Ertragsleistungen, in Verbindung mit der ausgeprägten Winterhärte von *Festuca arundinacea*, spiegeln sich auch im Dezember für P und Mg wider, vgl. Tab. 9, S. 61. Aufgrund der zuvor beschriebenen Funktionen von P und Mg im Stoffwechsel der Pflanze (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995), steigen die Konzentrationen beider Elemente im Zuge der höheren Zuwachsraten zu Beginn des Winters. Diese Korrelation liegt auch im Dezember für die Aufwüchse des Versuchs **N-Düngung** vor, vgl. Anhangtab. 217 und 218.

Auf Unterschiede zwischen den beiden Arten, bezogen auf ihr Aneignungsvermögen für einzelne Nährstoffe, weisen die Ergebnisse der Na-Konzentrationen hin. Im milden und niederschlagsreichen Winter 2000/2001 ist der Faktor Art die wichtigste Einflussgröße, vgl. Anhangtab. 122. Die höheren Werte von *Festuca arundinacea* deuten auf ein vergleichsweise besseres Na-Aneignungsvermögen dieser Art hin, obwohl in der Literatur *Lolium perenne* als natrophile Art (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995, ISSELSTEIN 1994) mit deutlichen Vorteilen gegenüber *Festuca arundinacea* (FLEMING & MURPHY 1968) beschrieben wird. Insbesondere unter den milden Witterungsbedingungen dieses Winters, somit auch

nach der im März 2000 durchgeführten Grunddüngung, kann *Festuca arundinacea* offenbar die bis in den Dezember hinein günstigen Wachstumsbedingungen besser ausnutzen; dies führt dazu, dass die Aufwüchse im Dezember – teilweise auch noch im Januar – der letzten beiden Winter dem Tier ein ausreichendes Na-Angebot (MENKE 1987) liefern. Auch die Na-Konzentrationen der Sommeraufwüchse weisen bei dem Vergleich von *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* für *Festuca arundinacea* höhere Na-Konzentrationen auf, vgl. Anhangtab. 168 bis 170. Die Ursache für den offensichtlich artbedingten Vorteil von *Festuca arundinacea* – bezogen auf das Na-Aneignungsvermögen – könnte in der Nutzungsweise liegen. Bei niedriger Nutzungsfrequenz liegen für *Lolium perenne* im Gegensatz zu *Festuca arundinacea* keine optimalen Wachstumsbedingungen vor (OPITZ V. BOBERFELD 1994a).

5.2.3 Vornutzung

Der Schonungsgrad in der Vegetationsperiode kann die Quantität und Qualität von Winterweidefutter entscheidend beeinflussen (MATCHES 1979, COLLINS & BALASKO 1981, OPITZ V. BOBERFELD & WOLF 2002, WÖHLER 2003). Die im Versuch *Pflanzengesellschaften* bereits beschriebenen, offenbar auf abweichenden Bodengegebenheiten oder Bestandszusammensetzung beruhenden, höheren Na- und Mg-Konzentrationen der physiologisch jüngeren Aufwüchse einzelner Flächen (= Juli-Vornutzung) im November, sprechen dafür, dass diese Narben teilweise bis in den Januar hinein vitaler und widerstandsfähiger sind. Neben den hohen Na-Konzentrationen der Flächen im Westerwald, vgl. Kap. 5.2.1.1, und den offenbar durch den Einfluss von *Plantago lanceolata* auffallenden Mg-Konzentrationen der Flächen 460 m ü. NN, vgl. Kap. 5.2.1.2, sind auch die Mg-Konzentrationen der zuletzt im Juli vorge nutzten Varianten der Flächen 320 und 420 m ü. NN jahrabhängig herauszustellen, vgl. Abb. 15 und Anhangtab. 32 bis 35. Entgegengesetzt zu allen übrigen Varianten liegen die Mg-Konzentrationen dieser Aufwüchse im November über der von MENKE (1987) geforderten Mindestkonzentration von 0,2 %. Letztendlich führen diese Einzelfälle dazu, dass der Faktor Vornutzung und damit zusammenhängende Wechselwirkungen jahrabhängig an Bedeutung gewinnen, diese aber beim Vergleich der mittleren Konzentrationen beider Weidegesellschaften – wie im Kap. 5.2.1.2 beschrieben – ohne Relevanz bleibt. Auch WÖHLER (2003) spricht dem Faktor für TS-Ertrag, XP- und DOM-Konzentration nur in Ausnahmefällen eine Bedeutung zu.

Im Versuch *Hauptbestandsbildner* ist nur für die P- und Mg-Konzentrationen einzelner Jahre ein Einfluss des Schonungsgrads gegeben, vgl. Anhangtab. 114 und 126; hierbei erreichen meist die zuletzt im Juli genutzten Aufwüchse die höheren Konzentrationen, vgl. Anhangtab.

115 und 129. Bezogen auf P ist der Unterschied zwischen den Vornutzungsvarianten aber nicht von Bedeutung, da die P-Konzentrationen des jüngeren Aufwuchses weiterhin unterhalb des von MENKE (1987) für eine adäquate Versorgung der Weidetiere geforderten Konzentrationsniveaus liegen. Im Dezember 2001 sind die signifikant höheren Mg-Konzentrationen der zuletzt im Juli genutzten Aufwüchse von *Festuca arundinacea* für das Weidetiere ausreichend, doch ist dieser Effekt – und die dadurch gesicherte Wechselwirkung Vornutzung x Erntetermin – unter Berücksichtigung der in diesem Winter hohen Grenzdifferenzen ein Einzelfall. Letztendlich ist auch im Versuch **Hauptbestandsbildner** der Faktor Vornutzung für die Mineralstoff-Konzentrationen im Winter von untergeordneter Bedeutung. Im Zusammenhang mit dem Einfluss des Faktors Vornutzung ist auch die im Februar für beide Arten vorliegende Korrelation zwischen P und Mg zu nennen, vgl. Tab. 10 und 12, S. 61 und 62. Wiedereinsetzendes Wachstum infolge milder Witterungsperioden im späten Winter ist ein energieaufwendiger Prozess (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), der sowohl die Remobilisation von P (= Energieübertragung) als auch von Mg (= Neusynthese von Chlorophyll) aus Überdauerungsorganen erforderlich macht. Diese Annahme lässt sich in den vorliegenden Ergebnissen aber nicht durch signifikante Unterschiede zwischen den Vornutzungsvarianten der beiden Elemente verifizieren. Allerdings weisen die vom Januar zum Februar signifikant ansteigenden TS-Erträge der zuletzt im Juni vorge nutzten Variante von *Festuca arundinacea* im Winter 1999/2000 auf ein wiedereinsetzendes Wachstum hin, vgl. Abb.4 und Anhangtab. 143. Auch die Korrelationen zwischen Mg-Konzentration und DOM beider Arten im Februar, vgl. Tab. 10 und 12, S.61 und 62, ist offensichtlich auf physiologische Veränderung wieder aktiv werdender, Photosynthese betreibender Blattanteile zurückzuführen. Schon WOLF (2002) beschreibt für den Versuch **Hauptbestandsbildner** mögliche Wachstumsprozesse als Ursache für die im Februar vereinzelt auftretenden vergleichsweise geringen Anteile an ADF und ADL.

5.2.4 Wintererntetermin

Der Nutzungszeitpunkt im Winter stellt von allen hier variierten Faktoren die wichtigste Einflussgröße dar, auch wenn dieser in Abhängigkeit von Versuch und Element unterschiedlich stark ausgeprägt zum Tragen kommt. Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von TAYLOR & TEMPLETON (1976), BALASKO (1977), COLLINS & BALASKO (1981) und BARTHOLOMEW et al. (1997), die in ihren Untersuchungen zur Winterweideaufwüchsen verschiedener Standorte in den USA dem Zeitpunkt der Nutzung im Winter eine entscheidende Bedeutung zu-sprechen. Je nach Element sind verschiedene Ursachen für die ungleich ausgeprägten, aber meist abnehmenden Mineralstoff-Konzentrationen mit fortschreitendem Winter

verantwortlich. Dabei sind Unterschiede zwischen den physiologischen Funktionen oder dem Translokationsvermögen der einzelnen Elemente in der Pflanze entscheidend für das Maß an alterungs- oder witterungsbedingten Veränderungen.

Die **K-** und **Na-Konzentrationen** der Aufwüchse werden in den vorliegenden Untersuchungen offenbar maßgeblich von Auswaschungsprozessen beeinflusst. Dabei zeigt sich diese Abhängigkeit aufgrund der natürlich bedingt höheren K-Konzentration der meisten Gräser (MARSCHNER 1995, WHITEHEAD 2000) hier deutlicher. K erreicht von allen Elementen die höchsten Konzentrationen und stellt, wie auch COLLINS & BALASKO (1981) beschreiben, das während des Winters am schnellsten abnehmende Element dar. Der Erntetermin ist in allen drei Untersuchungen die wichtigste Einflussgröße, vgl. Anhangtab. 24, 118 und 177. Durch Zerstörung der Zellstrukturen infolge abiotischer (= Frost) oder biotischer (= saprophytische Pilze) Stressoren oder auch einer alterungsbedingten Erhöhung der Zellmembranpermeabilität (MARSCHNER 1995), wird das meist in leicht löslicher Form vorliegende K in hohem Maße aus der Pflanze ausgewaschen. Dies spiegelt sich in abnehmenden K-Konzentrationen mit fortschreitendem Winter wider, vgl. Anhangtab. 25 bis 27, 119 bis 121 und 178 bis 180. Diese Auswaschungsprozesse kommen in geringerem Umfang schon während der Vegetationsperiode, somit bereits vor der Winternutzung, zum Tragen (TUCKEY 1970, MÜLLER et al. 1971, ANKE et al. 1994 und WILMAN et al. 1994, MARSCHNER 1995, WHITEHEAD 2000). Zudem wird K, ermöglicht durch seine hohe Phloemmobilität (MENGEL 1991), im Zuge der Seneszenz in großen Anteilen von der Pflanze in überwinternde Organe verlagert (MARSCHNER 1995). Beide Prozesse sind offenbar die Ursache dafür, dass die K-Konzentrationen der Aufwüchse der Versuche *Pflanzengesellschaften* und *Hauptbestandsbildner* zu Winterbeginn niedriger als die der im Juni geernteten Varianten sind, vgl. Anhangtab. 71 bis 73 und 168 bis 170. Auch für die **Na-Konzentrationen** besteht eine deutlich Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt im Winter, auch wenn der Einfluss versuchs- und jahresabhängig unterschiedlich stark ausgeprägt zum Tragen kommt und das häufig niedrige Konzentrationsniveau (< 0,05 %) Einflussfaktoren nicht deutlich sichtbar werden lässt, vgl. Abb. 12 und 13 und Anhangtab. 28 bis 31 und 122 bis 125.

Unterschiedliche Witterungsbedingungen führen jahrabhängig zu unterschiedlichen Signifikanzen, aber letztendlich bildet der Nutzungszeitpunkt im Winter auch für die **Mg-Konzentrationen** beider Versuche die wichtigste Einflussgröße, vgl. Abb. 15 und 16, Anhangtab. 32 bis 35 und 126 bis 129. In der Mehrzahl der Fälle verringern sich die Mg-Konzentrationen mit fortschreitendem Winter, was in Einklang mit den Untersuchungen von COLLINS & BALASKO (1981) steht, die ebenfalls von während des Winters abnehmenden Mg-Konzentrationen einer

Festuca arundinacea-Narbe berichten. Dieser Verlauf der Mg-Konzentrationen im Winter könnte durch wachstumsbedingte Verlagerungsprozesses des mobilen Nährstoffs im Zuge von Seneszenz hervorgerufen werden (LARCHER 2001). In den hier durchgeführten Untersuchungen besteht allerdings offenbar ein enger Zusammenhang zwischen den jahrabhängig unterschiedlich hohen Varianzen und den jeweiligen vorherrschenden Witterungsbedingungen; dies lässt den Schluss zu, dass der saisonale Einfluss auf die Mg-Konzentrationen im Winter bedeutender ist als wachstumsbedingte Veränderungen. Auch Mg ist offenbar von Auswaschungsprozessen durch Niederschläge betroffen (FLEMING & MURPHY 1968, TUCKEY 1970, MARSCHNER 1995). Die Ergebnisse bestätigen somit die von GRUNES et al. (1970), MÜLLER et al. (1971), ANKE et al. (1994), RAZMJOO et al. (1997) und WHITEHEAD (2000) beschriebene saisonale Abhängigkeit der Mg-Konzentration in Weideaufwüchsen auch für den Winter. Gegen Ende des Winters bleiben anscheinend u. a. vorwiegend schwerlösliche und -abbaubare Mg-Oxalate (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995) zurück. Dadurch könnten sich die in vielen Fällen von Dezember zu Januar (= *Pflanzengesellschaften*), bzw. Januar zu Februar (= *Hauptbestandsbildner*) kaum verändernden Mg-Konzentrationen erklären, vgl. Anhangtab. 33 bis 35 und 127 bis 129. Insgesamt betrachtet sind die relativen Veränderungen zwischen den Ernteterminen aber geringer als bei K.

Die unterschiedliche Bedeutung des Faktors Erntetermin für die **P-Konzentrationen** der beiden Versuche macht deutlich, dass die Konzentrationen im Winter von vielfältigen Einflussfaktoren abhängig sein können. P wird mit fortschreitendem Alter in hohem Maße von der Pflanze remobilisiert (MARSCHNER 1995). Somit ist in seneszentem Pflanzenmaterial generell mit vergleichsweise geringeren P-Konzentrationen zu rechnen (FLEMING 1973, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Dieser Effekt ist bereits von verschiedenen Autoren als wichtigster Einflussfaktor für die Entwicklung der P-Konzentrationen in der Vegetationsperiode nachgewiesen (MÜLLER et al. 1971, ANKE et al. 1994, WILMAN et al. 1994) und dies könnte auch ein Erklärungsansatz für die mit fortschreitendem Winter abnehmenden P-Konzentrationen im Versuch *Pflanzengesellschaften* sein, da hier standortunabhängig die geringsten P-Konzentrationen meist im Januar erreicht werden, vgl. Abb. 6 und Anhangtab. 20 bis 23. Allerdings ist auch hier auffallend, dass die jahrabhängig unterschiedlich stark ausgeprägte Signifikanz des Faktors Erntetermin, ähnlich wie bei den Mg-Konzentrationen, offenbar in enger Beziehung zu den divergierenden Witterungsbedingungen der einzelnen Winter steht. So verändern sich die P-Konzentrationen beider Weidegesellschaften im milden Winter 2000/2001 offenbar bedingt durch die höheren Zuwachsraten im November und Dezember (= Verdünnungseffekt) kaum (FLEMING 1973, ANKE et al. 1994, LARCHER 2001), vgl. Kap. 5.1, Anhangtab. 50. Im

kältesten und schneereichen Winter 2001/2002, in dem geringere TS-Erträge auch mit deutlich geringeren P-Konzentrationen einhergehen, vgl. Anhangtab. 51, kommen Degradationsprozesse offensichtlich stärker zum Tragen. Hier unterliegt offenbar auch P, das zu Beginn des Winters noch nicht in Wurzeln oder Halmbasis remobilisiert ist, dem Einfluss winterlicher Abbauprozessen; dies könnte die deutlicher abnehmenden P-Konzentrationen unter den strengeren Witterungsbedingungen erklären. Neben Verdünnungseffekten kann anscheinend auch der von Jahr zu Jahr standortabhängig ansteigende Verpilzungsgrad (WÖHLER 2003), vgl. Anhangtab. 61 bis 63, nivellierend auf wachstums- oder witterungsbedingt abnehmende P-Konzentrationen wirken. Mikroorganismen und Pilze benötigen nach SCHLÖSSER (1997) P für ihren eigenen Stoffwechsel (= Biomembranstruktur), sodass P in deren Substanz eingebaut wird und damit vor weiteren Abbauprozessen geschützt ist. Unter der bis in den Januar anhaltenden Schneedecke des Winters 2001/2002 herrschen offenbar für eine Reihe von Mikroorganismen und Pilze optimale Entwicklungsbedingungen (SCHLÖSSER 1997); die im Januar gegenüber Dezember bis zu zweimal höheren Ergosterol-Konzentrationen deuten auf diese Situation hin, vgl. Anhangtab. 63. Durch diesen Zusammenhang lässt sich der Wiederanstieg der P-Konzentrationen einiger Flächen von Dezember zum Januar im Winter 2001/2002 erklären. Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* zeigen die Ergebnisse des Versuchs **Hauptbestandsbildner** keinen bedeutenden Einfluss des Erntetermins auf die P-Konzentrationen im Winter, da diese – wie bereits in Kapitel 5.2.2 beschrieben – maßgeblich vom Faktor Art beeinflusst werden, vgl. Anhangtab. 114 bis 117; aber auch hier nehmen jahr- und artabhängig die Konzentrationen mit fortschreitendem Winter ab. Letztendlich ist erkennbar, dass sowohl witterungsbedingte Abbauprozesse als auch wachstumsbedingte Veränderungen eine Rolle für die P-Konzentrationen von Weideaufwüchsen im Winter spielen.

Ähnlich wie die P-Konzentrationen, werden die **Ca-Konzentrationen** des Versuchs *Pflanzengesellschaften* maßgeblich vom Erntetermin im Winter beeinflusst, vgl. Abb. 18 und Anhangtab. 130 bis 133. Die mit fortschreitendem Winter abnehmenden Ca-Konzentrationen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* stehen im Gegensatz zu den im Regelfall mit fortschreitendem physiologischen Alter der Bestände ansteigenden Ca-Konzentrationen (MENGEL 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, WILMAN et al. 1994, MARSCHNER 1995, WHITEHEAD 2000). Als eher immobiler Nährstoff wird Ca in der Pflanze nicht remobilisiert (MENGEL 1991) und reichert sich daher als wichtiger Bestandteil der Zellwand in den oberen Blattstockwerken an (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Anhand der hier vorgelegten Ergebnisse wird somit deutlich, welchen Einfluss winterliche Witterungsbedingungen auf die Ca-Konzentrationen von Wei-

deaufwachsen haben können (FLEMING & MURPHY 1968, MÜLLER et al. 1971, TUCKEY 1970). Die jahrabhängig unterschiedlich ausgeprägte Varianz des Faktors Erntetermin, vgl. Anhangtab. 132, steht auch hier offenbar in enger Verbindung mit den divergierenden Witterungsbedingungen der einzelnen Winter, vgl. Abb. 2. Für die Ca-Konzentrationen der Aufwüchse des Versuchs *Hauptbestandsbildner*, die vorwiegend von der Art beeinflusst werden, spielt der Erntetermin im Winter nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich im frostreichen Winter 1999/2000 reduzieren sich die Ca-Konzentrationen offenbar durch Degradationsprozesse. Einen weiteren jahresbedingten Effekt löst offenbar die im März 2000 durchgeführte Grunddüngung, vgl. Anhangtab. 132, aus. Im ersten Winter liegen die Ca-Konzentrationen auf einem insgesamt höheren Niveau, da hier anscheinend die antagonistische Wirkung von K auf die Ca-Aufnahme noch nicht so stark zum Tragen kommt.

Der Einfluss von winterlichen Witterungsbedingungen auf senescente Pflanzenbestände wird anhand des Vergleichs zwischen bereits totem und noch grünem Pflanzenmaterial deutlich, vgl. Tab. 13. Die Daten stammen von Ende Januar 2003 geerntetem Material des Versuchs *Hauptbestandsbildner*, vgl. Anhangtab. 171 und 172. Meist unabhängig von Art und Vornutzung ist erkennbar, dass mit Ausnahme von Ca, die P-, K-, Na- und Mg-Konzentrationen des grüne Materials die geforderten Mindestkonzentrationen für eine bedarfsgerechte Ernährung des Weidetieres selbst zu diesem Zeitpunkt erreichen (MENKE 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994a, KIRCHGEBNER 1997); das tote Material hingegen weist – mit Ausnahmen von Ca – deutlich geringere Konzentrationen auf.

Tab. 13: Mineralstoff-Konzentrationen (in % d. TS) von grünem und totem Pflanzenmaterial im Januar 2003, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Pflanzenmaterial	grün		tot		
Art	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>	GD _{5%} (Art/Pflanzenmaterial)
P	0,43	0,40	0,21	0,20	0,015
K	1,66	2,67	0,30	0,35	0,149
Na	0,22	0,21	0,05	0,03	0,004
Mg	0,22	0,19	0,14	0,09	0,021
Ca	0,21	0,28	0,39	0,45	0,096

Die je nach Element unterschiedlich großen Differenzen zwischen den Konzentrationen von toten und grünen Pflanzenmaterial spiegeln die divergierende Anfälligkeiten gegenüber Ab-

bauprozessen aufgrund elementabhängig unterschiedlicher physiologischer Funktionen wider; besonders bei den leicht löslichen Elementen K und Na sind die absoluten Unterschiede zwischen lebend und toter Blattmasse groß. Auch WILKINSON & MAYS (1979) beschreiben für K-Konzentrationen von 0,5 % in abgestorbenen Blättern von *Festuca arundinacea*, während die zeitgleich im Frühjahr geernteten jungen Triebe Konzentrationen von 4,5 % aufweisen. Zudem bestätigen die vorliegenden Ergebnisse die Untersuchungen von CHYI & PHILLIPS (1997), die erst nach dem Einsetzen der Seneszenz in Verbindung mit winterlichen Witterungsbedingungen eine deutliche Abnahme der K- und Na-Konzentrationen beobachten. Auch die Unterschiede zwischen den Mg-Konzentrationen sind offensichtlich, doch fallen diese insgesamt geringer als bei allen anderen Elementen aus. Der Vergleich von totem und grünem Pflanzenmaterial bestätigt aber auch die wachstumsbedingt höheren Ca-Konzentrationen in seneszentem Material, was in Einklang mit den Ergebnissen von WILKINSON & MAYS (1979), WILMAN et al. (1994) und CHYI & PHILLIPS (1997) steht.

5.2.5 N-Düngung

Da aus Untersuchungen in der Vegetationsperiode die positive Wirkung von angepassten N-Gaben auf die Konzentrationen einzelner Mineralstoffe bekannt ist (FLEMING & MURPHY 1968, MÜLLER et al. 1971, GRIMME et al. 1974, RINNE 1976, COLLINS & BALASKO 1981, BISKUPEK 1993, HOPKINS et al. 1994, RAZMJOO et al. 1997, REINBOTT & BLEVINS 1997, CHERNEY et al. 2002), könnten eventuell auch N-Gaben im Spätsommer zur Erhöhung der Mineralstoff-Konzentrationen von Winterweidefutter beitragen (TAYLOR & TEMPLETON 1976, COLLINS 1977). COLLINS & BALASKO (1981) berichten aus West Virginia/USA, dass durch eine Gabe von 60 kg N ha⁻¹ Ende Juli die P-, K- und teilweise auch Mg-Konzentrationen einer *Festuca arundinacea*-Narbe im Dezember erhöht werden kann. Die erzielten höheren Konzentrationen der gedüngten Varianten bewegen sich hier allerdings meist in einem pflanzenbaulich nicht relevanten Bereich.

Die Ergebnisse des Versuchs **N-Düngung** werden von jahresbedingten Effekten stark beeinflusst. Der erste untersuchte Winter – 1998/1999 – stellt eine Ausnahmesituation da, denn hier kommt der sogenannten Ley-Effekt des Ansaatjahres offenbar deutlich zum Tragen (WOLF 2002). Die damit zusammenhängende verbesserte Nährstoffversorgung der Aufwüchse schlägt sich in deutlich höheren Mineralstoff-Konzentrationen nieder. Zudem erweist sich dieser Winter – im Vergleich zu den Folgejahren mit bereits ab Oktober auftretende Frühfrösten, vgl. Abb. 2 und Anhangtab. 17 – als wesentlich kälter. Dadurch werden schon vor dem Erntetermin im Dezember stattfindende Abbauprozesse anscheinend verlangsamt

(SCHLÖSSER 1997, WOLF 2002); dies betrifft offenbar auch alterungsbedingte Verlagerungsprozesse von Mineralstoffen (= Mg, P) in Überdauerungsorgane (MENGEL 1991, LARCHER 2001), die dadurch einem "Konservierungseffekt" unterliegen und somit zu Beginn des Winters in noch höheren Anteilen in den Blättern vorliegen. Die in diesem Jahr (= 1998/1999) gesicherten Haupt- und Wechselwirkungen (= N-Menge, N-Menge x Erntetermin) werden somit in hohem Maße von dem Ley-Effekt bestimmt und sind daher für Dauernarben von untergeordneter Bedeutung. In den folgenden Jahren ist das von Winter zu Winter abnehmende Konzentrationsniveau der nicht mit N-gedüngten Varianten auffallend; dies beruht offenbar auf einem natürlichen Aushagerungsprozess (WHITEHEAD 2000). Ein weiterer jahresbedingter Effekt wird offenbar auch von der im März 2000 durchgeführten Grunddüngung mit Kainit und Superphosphat – vgl. Kap. 3.1.1 – hervorgerufen; diese hat offensichtlich eine deutlichere Wirkung auf die Aufwüchse der ungedüngten Variante, denn hier fallen die hohen P-, Ca und Mg-Konzentrationen im Winter 2000/2001 auf, der Einfluss der N-Düngung wird dadurch nivelliert. Unabhängig von diesen jahresbedingten Unterschieden beruht die Wirkung abgestufter N-Gaben auf die Mineralstoff-Konzentrationen maßgeblich auf der von OPITZ v. BOBERFELD & WOLF (2003) für andere Futterqualitätsaspekte dieses Versuchs festgestellten ertragssteigernde Wirkung der N-Düngung. Im Zuge der höheren Ertragsleistungen der mit N-gedüngten Varianten kommt es offenbar zu einer größeren Akkumulation von P, K und Mg während der Vegetationsperiode. Dieser Effekt kommt besonders im Dezember zum Tragen, da hier die mit N gedüngten Varianten im Gegensatz zu den ungedüngten Aufwüchsen meist höhere P-, K- und Mg-Konzentrationen erreichen. Ausschlaggebend für K und Mg ist hier offenbar die düngungsbedingte erhöhte NO_3 -Ernährung der Pflanzen, in deren Zusammenhang die Aufnahme von Kationen gefördert werden kann (MENGEL 1991, WHITEHEAD 2000). Zudem zeigen die Untersuchungen von OPITZ v. BOBERFELD (1998) auf diesem Standort, dass NH_4^+ aufgrund vorherrschender Reaktionsverhältnisse rasch in NO_3^- umgewandelt wird. Die verstärkte Akkumulation von K infolge höherer düngungsbedingter Ertragsleistungen spiegelt sich auch in der engen Korrelation zwischen K-Konzentration und TS-Ertrag im Dezember wider, vgl. Anhangtab. 217. Dieser Zusammenhang verliert mit fortschreitendem Winter an Bedeutung und ist im Februar nicht mehr relevant, vgl. Anhangtab. 218. Auch die im Dezember bestehende Korrelation zwischen P und Mg-Konzentrationen, vgl. Anhangtab. 217, deren Ursache bereits in Kap. 5.2.2 beschrieben ist, steht in Zusammenhang mit der düngungsbedingt höheren Biomasseproduktion. N-Gaben können hier zwar zu Beginn des Winters signifikante Unterschiede hervorrufen, doch sind die Konzentrationen von P (= 0,23 % i. TS im Mittel aller Jahre im Dezember) und Mg (= 0,15 % i. TS im Mittel aller Jahre im Dezember)

trotz N-Düngung für das Weidetier als nicht ausreichend zu beurteilen (MENKE 1987). Wenn auch die Abweichungen zwischen den Düngungsstufen bezogen auf die Höhe der Abnahmen unterschiedlich sind, kann die N-Menge nicht den entscheidenden Einfluss des Erntetermins im Winter auf die Entwicklung dieser drei Mineralstoffe übertreffen; dies steht in Einklang den Ergebnissen von TAYLOR & TEMPLETON (1976), COLLINS (1977), COLLINS & BALASKO (1981).

Die signifikanten Unterschiede zwischen den Ca-Konzentrationen der ungedüngten und der mit N gedüngten Aufwüchse lassen den Schluss zu, dass der erwünschte Effekt einer N-Gabe auf das physiologische Alter der Aufwüchse zumindest zu Beginn des Winters eine Rolle spielen kann; hier lässt sich ein Düngungseffekt verifizieren, vgl. Abb. 20 und Anhangtab. 189 bis 192. Die ungedüngten Aufwüchse von *Festuca arundinacea* altern offenbar schneller als die mit N gedüngten, was besonders bei einer späteren N-Applikation im August und milden Witterungsbedingungen zu signifikant höheren ADL- und ADF-Konzentrationen in den ungedüngten Aufwüchsen im Dezember führt (WOLF 2002). Vor dem Hintergrund der eingeschränkten Mobilität und der Bedeutung von Ca als Zellwandbestandteil (MENGEL 1991, MARSCHNER 1995) kommt es offenbar dadurch im Dezember zu höheren Ca-Konzentrationen in den ungedüngten Aufwüchsen. TAYLOR & TEMPLETON (1976) beschreiben einen generell höheren Anteil von grünen Blättern in mit N gedüngten Narben von Oktober bis März und führen dies ebenfalls auf die vitalitätsfördernde Wirkung der N-Düngung zurück. In den hier vorliegenden Ergebnissen spielt dieser Effekt aber offenbar nur zu Beginn des Winters eine Rolle, da mit späterem Nutzungstermin die mit N gedüngten Aufwüchse die höheren Anteile an Gerüstsubstanzen enthalten (WOLF 2002). Generell bleiben die Ca- und Na-Konzentrationen der mit N gedüngten Varianten in allen drei Wintern auf einem niedrigen Niveau, vgl. Abb. 14 und Anhangtab. 181 bis 184. Beide Elemente erreichen in der Mehrzahl der Fälle nicht die für Weidetiere erforderlichen Konzentrationen (MENKE 1987); dies kann zum einen auf ertragsbedingten Verdünnungseffekten beruhen, zum anderen offenbar auch auf die antagonistischen Wirkung von K auf Na und Ca zurückgeführt werden. Die düngungsbedingte Erhöhung der P- und Mg-Konzentrationen führt nicht zu einer bedarfsgerechten Versorgung der Weidetiere. Ferner müssen die höheren düngungsbedingten Ertragsleistungen auch unter dem Aspekt der höheren Anfälligkeit gegenüber Fäulnisprozessen gesehen werden (WOLF 2002), vgl. Anhangtab. 214 bis 216.

5.2.6 Tiergesundheit

Die **P-Konzentrationen** der Aufwüchse aller drei Versuche liegen meist unter den geforderten 0,4 % P (OPITZ v. BOBERFELD 1994a), vgl. Abb. 6 bis 8. Zudem sind die P-Konzentrationen häufig schon zu Beginn der jeweiligen Winternutzung unterhalb den von OPITZ v. BOBERFELD (1994a) für grasreiche, alte Bestände beschriebenen 0,3 %. Auch die Faktoren Standort, Art, Vornutzung und N-Gabe führen aus Sicht der Tierernährung zu keiner relevanten Erhöhung der P-Konzentration. Die von TAYLOR & TEMPLETON (1976), COLLINS & BALASKO (1981) und BARTHOLOMEW (1997) angegebenen P-Konzentrationen für Winterweidaufwüchse von *Festuca arundinacea* aus nördlichen Teilen der USA bewegen sich in vergleichbaren Bereichen zu den hier vorgelegten Ergebnissen; auf Basis von 0,2 % P als notwendige Mindestkonzentration stellen sie erst im späten Winter ein P-Defizit fest. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass aufgrund divergierender Schätzungen der Verwertbarkeit einzelner Elemente durch das Tier international unterschiedliche Mindestkonzentrationen zu Grunde gelegt werden (ANONYMUS 1980, 1984, 2001, WHITEHEAD 2000). So wird aus der Literaturrecherche zu dieser Thematik ersichtlich, dass unter anderem die Höhe des anzusetzenden P-Bedarfs einer Milchkuh nicht eindeutig und offenbar deutlich geringer als bisher angenommen ist. Auch wenn der Bedarf einer Mutterkuh eher niedriger anzusetzen ist, muss bedacht werden, dass es sich aufgrund des unterschiedlichen Alters und der Körperkonstitution der einzelnen Tiere bei einer Mutterkuhherde um einen heterogenen Tierbestand mit divergierenden Ansprüchen, bezogen auf die Konzentrationen einzelner Elemente, handelt. Neben diesen für alle Futterinhaltsstoffe geltenden Grundsätze muss bei der Beurteilung der vorliegenden Ergebnisse, bezogen auf die P-Konzentrationen, außerdem beachtet werden, dass Weidetiere offenbar durch selektives Weiden auf P-reiches Futter aktiv einer Mangelversorgung entgegen wirken können (OPITZ v. BOBERFELD 1994a, UNDERWOOD & SUTTLE 1999, WHITEHEAD 2000). Letztendlich stimmen die vorliegenden Ergebnisse zu den P-Konzentrationen mit den Beobachtungen von WILKINSON & MAYS (1979), WALLIS DE VRIES (1996), RAZMJOO et al. (1997) und JUDSON & MCFARLANE (1998) überein, die ebenfalls von zu geringen P-Werten schon im Dezember – spätestens aber im Januar – berichten. Es kann somit von einer suboptimalen P-Versorgung der Weidetiere durch derartiges Winterweidefutter ausgegangen werden. Daher stellen die von WALLIS DE VRIES (1996) beschriebenen Mangelerkrankungen (= Osteomalazie etc.) ein potentiell Risiko für die Gesundheit der Weidetiere dar. Auch wenn Winterfutter "auf dem Halm" unter mitteleuropäische Verhältnissen für das Weidetier ein quantitativ und qualitativ ausreichendes Futter bis zum Jahresende liefern kann (OPITZ v. BOBERFELD & WOLF 2002, WÖHLER 2003), sollten Gegenmaßnahmen zum Aus-

gleich einer möglichen P-Unterversorgung ergriffen werden. Hier bieten sich Lecksteine oder eine Anreicherung des Trinkwassers mit P-haltigen Salzen an (UNDERWOOD & SUTTLE 1999, WHITEHEAD 2000), da in dem extensiven System Winteraußenhaltung aus ökonomischen Gründen möglichst lange auf eine Zufütterung kostenträchtiger Konserven verzichtet werden sollte.

Die **Ca-Konzentrationen** bewegen sich – bis auf einige beschriebene Ausnahmen, vgl. Kap. 5.2.2 und 5.2.4 – meist in den beiden Versuchen *Pflanzengesellschaften* und *Hauptbestandsbildner* in einem dem Weidetier angepassten Konzentrationsbereich (= 0,5 % Ca nach KIRCHGEBNER 1997), vgl. Abb. 18 und 19. Allerdings muss erwähnt werden, dass das im letzten Winter 2001/2002 deutlich geringere Ca-Niveau einiger Flächen des Versuchs *Pflanzengesellschaften* darauf hin deutet, dass sich das Ca-Konzentrationsniveau besonders bei Flächen mit hohem K-Angebot im Laufe der Untersuchungsjahre insgesamt verringert. Im Versuch *N-Düngung* wirkt sich die N-Gabe aufgrund der verdünnenden Wirkung negativ aus, sodass hier die mit N gedüngten Aufwüchse den Ca-Bedarf eines Weidetieres in keinem Fall decken können, vgl. Abb. 20 und Anhangtab. 190 bis 192.

Aufgrund der deutlichen Abhängigkeit von P und Ca vom Faktor Art, vgl. Kap. 5.2.2, wird auch das **Ca/P-Verhältnis** der Aufwüchse im Versuch *Hauptbestandsbildner* von diesem Faktor beeinflusst, vgl. Abb. 25 und Anhangtab. 139 bis 141. Die vergleichsweise kleinen Quotienten von *Festuca arundinacea* im Dezember 2000 werden durch die geringen Ca-Konzentrationen hervorgerufen. Generell bewegen sich die Quotienten allerdings meist in einem dem Weidetier angepassten Bereich (OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Die Ca/P-Quotienten der mit N gedüngten Aufwüchse des Versuchs *N-Düngung*, vgl. Abb. 26 und Anhangtab. 198 bis 200, sind aufgrund des eher geringen Niveaus beider Elemente infolge der hohen Zuwachsraten häufig zu klein. Die Ca/P-Quotienten des Versuchs *Pflanzengesellschaften* bewegen sich meist auch in einem angepassten Bereich, vgl. Abb. 24 und Anhangtab. 45 bis 47. Lediglich die Flächen im Westerwald bedingen durch die hohen, aber im Laufe des Winters abnehmenden Ca-Konzentrationen gegenüber den vergleichsweise niedrigen und sich kaum verändernden P-Konzentrationen die Abhängigkeit von Standort und Erntetermin. Der Ca-Überhang im November kann insbesondere bei nicht vitalen oder älteren Tieren zu Problemen führen (KIRCHGEBNER 1997). Ab wann aus Sicht der Wiederkäuerfütterung Maßnahmen zum Ausgleich eines zu weiten Ca/P-Verhältnisses ergriffen werden sollten, ist in der Literatur umstritten. MENKE (1987) spricht dem Weidetier eine große Toleranz beider Elemente zu, solange das Ca/P-Verhältnis in einem akzeptablen Bereich liegt. Allerdings müssen in der vorliegenden Untersuchung die für die gesamte Nutzungsperiode im Winter bestehenden defizitären

P-Konzentrationen beachtet werden.

Trotz der hohen Verlusten im Laufe des Winters liefern die Aufwüchse aller drei Versuche in der Mehrzahl der Fälle für das Weidetier ausreichende **K-Konzentrationen** (MENKE 1987), vgl. Abb. 9 bis 11 und Anhangtab. 25 bis 27, 119 bis 121 und 178 bis 180. Erwähnenswerte Ausnahmen bilden, aufgrund der geringen K-Gehalte im Boden, die Aufwüchse der Flächen im Westerwald. Standortabhängig kann es durch die hohen Auswaschungsraten im späten Winter in Einzelfällen zu nicht mehr ausreichenden K-Konzentrationen kommen, was in Einklang mit den Untersuchungen von COLLINS & BALASKO (1981) steht, die im Februar K-Konzentrationen $< 1\%$ für eine *Festuca arundinacea*-Narbe beschreiben.

Auch wenn es einzelne, bereits zuvor beschriebene Ausnahmefälle gibt, vgl. Kap. 5.2.1.1 und 5.2.2, liegen die **Na-Konzentrationen** aller untersuchten Winterweideaufwüchse bereits im Dezember meist deutlich unterhalb der geforderten $0,15\%$ Na (MENKE 1987), vgl. Abb. 12 bis 14 und Anhangtab. 29 bis 31, 123 bis 125 und 182 bis 184. Zudem erreichen die Aufwüchse in der Mehrzahl der Fälle auch schon in der Vegetationsperiode kein adäquates Konzentrationsniveau, vgl. Anhangtab. 76 bis 78 und 168 bis 170; dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von WALLIS DE VRIES (1996) und TITZE (1997) und macht eine Mineralstoffergänzung über Lecksteine oder ähnliches dringend erforderlich (KIRCHGEBNER 1997). Untersuchungen von OPITZ v. BOBERFELD (1980) und SCHLOSSER (1998) zeigen, dass der Einsatz Na-haltiger Düngemittel die Na-Konzentrationen im Weideaufwuchs erhöhen kann. Allerdings stammen diese Ergebnisse aus Untersuchungen in der Vegetationsperiode. CHIU & PHILLIPS (1997) stellen allerdings fest, dass eine düngungsbedingte Erhöhung der Na-Konzentrationen vorwiegend in jungen Beständen zum Tragen kommt.

Die **Mg-Versorgung** der Weidetiere über Winterweideaufwüchse stellt aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ein weiteres Problem dar, vgl. Abb. 15 bis 17. Bis auf einige Ausnahmen, vgl. Kap. 5.2.1.2 und 5.2.2, erreichen die Aufwüchse häufig schon zu Beginn des Winters nicht die erforderlichen $0,2\%$ Mg (MENKE 1987); insbesondere bei später Nutzung im Winter liegen die Konzentrationen in einem defizitären Bereich. Die mit fortschreitendem Winter weiter abnehmenden Mg-Konzentrationen bestätigen die Beobachtungen von COLLINS & BALASKO (1981). Da Mg im Organismus nicht homöostatisch reguliert wird (KIRCHGEBNER 1997, PHILLIPS 2001), könnte die in allen drei Wintern geringe Mg-Zufuhr über die Aufwüchse langfristig eine zu niedrige Mg-Konzentration im Blut der Weidetiere verursachen (= Hypomagnesemia) – wie von HEIKENS (1999) für Mutterkühe bei Winteraußenhaltung festgestellt – mit anschließend sich schnell entwickelnden tetanischen Symptomen, die im Extremfall zum Tod der Tiere führen können.

Die **K/(Ca+Mg)-Quotienten** der Versuche werden maßgeblich vom Verlauf der K-Konzentrationen beeinflusst und sind demzufolge abhängig vom Nutzungszeitpunkt im Winter, vgl. Anhangtab. 40, 134 und 193. Im Vergleich zu Ca und Mg liegt K zum einen in höheren Konzentrationen vor, zum anderen unterliegt es deutlichen Veränderungen im Laufe des Winters, wodurch der Quotient bei späterer Nutzung unterhalb des kritischen Wertes von 2,2 (KEMP & T'HART 1957) fällt. Jahrabhängig überdecken die Standortunterschiede des Versuchs *Pflanzengesellschaften* den Einfluss des Erntetermins, vgl. Abb. 21, doch der Verlauf der K-Konzentrationen bestimmt auch hier die zunehmende Verringerung der Quotienten im späten Winter. Bei den K/(Ca+Mg)-Quotienten des Versuchs *Hauptbestandsbildner*, vgl. Abb. 22, fällt auf, dass besonders im Dezember des milden Winters 2000/2001 der Quotient den Wert von 2,2 deutlich übersteigt. Zudem sind hier die hohen K/(Ca+Mg)-Quotienten der im Juni geernteten Varianten auffallend, vgl. Anhangtab. 168 bis 170; die auf einem deutlich höheren Niveau als im Dezember liegen und auf ein extremes Ungleichgewicht hinweisen. Die K/(Ca+Mg)-Quotienten des Versuchs *N-Düngung* sind geprägt von den höheren Ertragsleistungen der mit N gedüngten Varianten, vgl. Abb. 23. Der für eine erhöhte Gefahr des Auftretens von Weidetetanie geltende Wert von 2,2 wird häufig sogar bis in den Februar hinein überschritten, vgl. Anhangtab. 194 bis 196. Allerdings liegen sowohl die K-, als auch die XP-Konzentrationen unterhalb der von ROSENBERG & STÖBER (1971) beschriebenen Konzentrationen, vgl. Anhangtab. 206 bis 208. Insgesamt erhöhen offenbar milde Witterungsbedingungen oder N-Gaben, die zu höheren Ertragsleistungen führen, die Gefahr von Mineralstoff-imbancen im Weideaufwuchs; hingegen wirken die winterlichen Witterungsbedingungen, die zur Auswaschung von K beitragen, eher entspannend auf den Tetanie-Quotienten. Eine erhöhte Gefahr von Weidetetanie besteht, gemessen an diesem Quotient, somit offenbar vorwiegend zu Beginn der Winterbeweidung. Bei der Beurteilung der Gefahren für das Tier kann dieser Quotient allerdings nur ein Teilaspekt sein, denn insgesamt problematischer sind die generell geringen Mg-Konzentrationen, in Kombination mit den ebenfalls niedrigen Na-, teilweise auch Ca-Konzentrationen, und den dabei herrschenden extremeren Witterungsbedingungen. Das Zusammenwirken all dieser Faktoren kann wesentlich zum Auftreten der Weidetetanie beitragen (WHITEHEAD 2000). Verschiedene pflanzenbauliche Maßnahmen, wie Länge der Schonung der Bestände in der Vegetationsperiode, Bestandszusammensetzung oder N-Düngung, können die Mineralstoff-Konzentrationen der Winteraufwüchse nicht nachhaltig verbessern, der Nutzungszeitpunkt im Winter und die Witterungsbedingungen sind maßgeblich einwirkende Faktoren. Auch wenn zur genaueren Beurteilung der Situation hier Beweidungsversuche mit besonderem Fokus auf die Tiergesundheit (= Beurteilung der Körper-

konstitution, Blutanalysen) notwendig sind, ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse eine effiziente Supplementierung von P, Na und Mg bereits vor und während der Winterbeweidung empfehlenswert, um eine erfolgreiche Durchführung der Winterweide mit gesunden Tieren bis Ende des Jahres zu ermöglichen.

6 Zusammenfassung

Die Untersuchungen waren auf die Erfassung der P-, K-, Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen von Winterweideaufwüchse etablierter *Festuco*- und *Lolio-Cynosureten* sowie Reinsaat von *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne* ausgerichtet. Als Faktoren waren die Vornutzung (= Schonungsgrad ab Juni oder Juli), der Erntetermin im Winter (= November bzw. Dezember, Januar bzw. Februar) und die Jahre (= drei Winter) vorhanden. Um den Effekt einer N-Düngung auf die Mineralstoff-Konzentrationen von Winterweidefutter zu überprüfen, wurden ergänzend die Aufwüchse einer *Festuca arundinacea*-Narbe mit den Faktoren N-Menge (= 0, 50, 100, 150 kg N ha⁻¹ a⁻¹) und Erntetermin im Winter mehrjährig untersucht. Die Freilandversuche befanden sich an sechs Standorten in Mittelgebirgslagen von 320 bis 460 m ü. NN (= Pflanzengesellschaften) und im Raum Gießen in 160 m ü. NN (= Reinbestände). Die auf insgesamt 744 Pflanzenproben basierenden Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Unabhängig vom Jahr, Vornutzung in der Vegetationsperiode und Erntetermin im Winter bestanden keine relevanten Unterschiede zwischen den mittleren Mineralstoff-Konzentrationen von *Festuco*- und *Lolio-Cynosureten*. Die elementspezifisch einflussnehmenden Faktoren waren **standort**unabhängig, wodurch in allen Jahren auch die bedeutsame Wechselwirkung Erntetermin x Standort ohne Relevanz blieb. Versuchs- und jahrunabhängig ging der größte Effekt auf die Mineralstoffkonzentrationen von dem Erntetermin im Winter aus, der Einfluss des Faktors Vornutzung blieb ohne Bedeutung.
2. Die **P-Konzentrationen** waren versuchs- und jahrunabhängig bereits zum ersten Nutzungszeitpunkt im Winter (= November bzw. Dezember) meist < 0,40 % P, die geringsten Konzentrationen wurden im Januar bzw. Februar erreicht. Die größeren Zuwachsraten von *Festuca arundinacea* wirkten verdünnend auf die P-Konzentrationen, sodass *Lolium perenne* die höheren absoluten Konzentrationen erreichte. Zum Erntetermin im Dezember waren steigende N-Gaben mit höheren P-Konzentrationen verbunden. Die Konzentrationen bewegten sich in einem Bereich zwischen 0,12 und 0,40 % P.
3. Die höchsten **K-Konzentrationen** wurden unabhängig von Jahr, Pflanzengesellschaft, Art und Vornutzung im November bzw. Dezember erreicht; mit fortschreitendem Winter nahmen die Konzentrationen um etwa 1 % ab. Insgesamt variierten die Werte zwischen 0,46 und 2,56 % K, im Mittel waren die Konzentrationen aber in einem dem Tier angepassten Bereich. N-Gaben wirkten sich lediglich zum Erntetermin Dezember in höheren K-Konzentrationen aus.
4. Die **Na-Konzentrationen** waren bereits zum ersten Erntetermin im Winter (= November bzw. Dezember) < 0,15 % Na, in den Versuchen "Pflanzengesellschaften" und "N-Düngung"

meist $< 0,10\%$. Die Abnahme der Konzentrationen vom Spätherbst zum Winter machten den Erntetermin im Winter zur wichtigsten Varianzursache. Die antagonistische Wirkung hoher K-Konzentrationen als Folge erhöhter N-Gaben wirkte zusätzlich mindernd auf die Na-Konzentrationen. Das Niveau umfasste insgesamt Werte zwischen 0,01 und 0,30 % Na.

5. Für die **Mg-Konzentrationen** war der Erntetermin im Winter wichtigste Varianzursache; bereits im November bzw. Dezember lagen die Konzentrationen unterhalb von 0,20 %, die Einzelwerte bewegten sich zwischen 0,11 und 0,25 % Mg. Dabei konnte für Mg eine markante witterungsbedingte Abhängigkeit nachgewiesen werden; milde Winter hatten höhere Konzentrationen zur Folge. Sowohl der wintergrüne Vertreter *Festuca arundinacea* als auch die mit N gedüngten Varianten bedingten zu Winterbeginn vielfach höhere Mg-Konzentrationen, wodurch die Faktoren Art und N-Menge jahrabhängig von signifikantem Einfluss waren.
6. Für die **Ca-Konzentrationen** in den Versuchen "Hauptbestandsbildner" und "N-Düngung" ging der größte Effekt von den Faktoren Grasart und N-Menge aus. Ertragsbedingt waren die Konzentrationen bei *Festuca arundinacea* und bei höheren N-Gaben geringer. Bei den "Pflanzengesellschaften" hingegen war der Erntetermin im Winter bedeutsamste Varianzursache; vom Spätherbst zum Winter nahmen die Ca-Konzentrationen signifikant ab. Die Konzentrationen bewegten sich insgesamt in einem Bereich von 0,22 bis 0,74 % Ca.
7. Aufgrund der antagonistischen Wirkung von K ging der größte Einfluss auf die **K/(Ca+Mg)-Quotienten** (= 0,64 bis 5,73) unabhängig von Versuch und Jahr von dem Erntetermin im Winter aus. Der kritische Wert von 2,2 wurde im November bzw. Dezember meist überschritten, fiel aber aufgrund der deutlichen Abnahme der K-Konzentrationen mit verspäteter Nutzung in einen Bereich $< 2,0$. N-Gaben erhöhten den Quotienten signifikant. Für den **Ca/P-Quotienten** (= 1,06 bis 4,59) erwiesen sich Erntetermin, Art und N-Aufwand als bedeutsamste Varianzursachen; die größten Werte wurden zu Beginn des Winters erreicht.
8. Als **Konsequenz** für die Nutzung von Winterfutter "auf dem Halm" ergibt sich, dass bei etablierten Pflanzengesellschaften und Reinsaaten die P, Na und Mg-Konzentrationen bereits zu Beginn der Winterbeweidung dem Tier durchweg kein ausreichendes Angebot liefern. N-Gaben erhöhen aufgrund der dadurch ausgelösten höheren K-Konzentrationen die Gefahr von Mineralstoffimbalancen. Eine gezielte Supplementierung der defizitären Elemente ist notwendig, um die Gefahr von Krankheiten, wie Weidetetanie, Gebärpapese oder Osteomalazie, bei der Durchführung der Winterbeweidung zu begrenzen.

7 Summary

Effects of botanical composition and agronomical management on concentration and ratios of particular mineral nutrients in herbage during winter grazing

The research was focused on the concentrations of P, K, Na, Mg and Ca of herbage during winter grazing. Herbage mass of *Festuco*- and *Lolio-Cynosuretum* communities as well as pure stands of *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* were analysed considering the potential influence of pre-utilisation (= accumulation from June or July), date of winter harvest (= November, December or January, February) and year (= three winters). To examine the effect of N-fertilisation on the mineral content of herbage in winter, growths of a *Festuca arundinacea*-sward were additionally tested, varying the amount of N-fertiliser (= 0, 50, 100, 150 kg N ha⁻¹a⁻¹) and date of winter harvest (= December, January, February). The field trials were established under standardised conditions on six locations in low mountain ranges from 320 to 460 m above sea level (= plant-communities) and 160 m above sea level, near Giessen (= pure stands). Based on 744 plant samples the results can be summarised as follows:

1. Irrespective of year, pre-utilisation (= length of accumulation period) and date of winter harvest, the average mineral concentrations of *Festuco*- and *Lolio-Cynosuretum* communities did not differ significantly; the factor **location**, and thus, the interaction date of winter harvest x location, were negligible. For all years and trials date of winter harvest was the main source of variance. Pre-utilisation had no relevant effect on the mineral concentrations during winter.
2. Already at the first date of winter harvest (= November or December) **P concentrations** were < 0.40 % P, the lowest values were detected in January and February, respectively. P concentrations were diluted by the higher growth rates of *Festuca arundinacea*, so that *Lolium perenne* showed higher values. Increasing N-fertilisation resulted in rising P-contents in December. Concentrations ranged from 0.12 to 0.40 % P at large.
3. Independent of year, plant community, species and pre-utilisation, **K concentrations** were the highest in November and December, respectively, and decreased about 1 % K with advancing winter. Concentrations varied between 0.6 and 2.6 %, but on average, however, met the requirements for ruminants. N-fertilisation increased K-contents in December.

4. **Na concentrations** were $< 0.15\%$ already at the beginning of winter (= November or December), in the trials "plant community" and "N-fertilisation" they mostly did not even exceed 0.10% . During winter Na concentrations declined, thus date of winter harvest was the most important source of variance. The antagonistic effect of high K concentrations, as a consequence of increased N-amounts, additionally reduced the Na contents. Concentrations ranged from 0.01 to 0.30% Na at large.
5. For **Mg concentrations** date of winter harvest was the main source of variance, already falling below 0.20% Mg in November and December, respectively. Single values varied between 0.11 and 0.25% . The concentrations were clearly influenced by different weather conditions in winter, the highest values were achieved in mild winter. Dependent on the year, species and N-amount affected the Mg concentrations significantly; the wintergreen species *Festuca arundinacea* as well as the N-fertilised growths frequently had higher concentrations at the beginning of winter.
6. The factors species and N-amount had the biggest influence on the **Ca concentrations** in the trials "grass species" and "N-fertilisation". Related to their higher yields, Ca concentrations of *Festuca arundinacea* as well as the growths treated with high N-amounts were low. Whereas date of winter harvest was the most important source of variance for the growths of the trial "plant-communities"; Ca contents significantly decreased from late autumn to winter. In general, concentrations ranged from 0.22 to 0.74% Ca.
7. Date of winter harvest had the biggest influence on the **K/(Ca+Mg)-ratios** ($= 0.64$ to 5.73) in each year and trial due to the antagonistic effect of K. Depending on the trial the critical value of 2.2 , indicating a high tetany risk, was clearly exceeded in November or December, but according to the trend of the K concentrations, the ratio decreased < 2.0 until January and February, respectively. The tetany-ratio was increased by N-fertilisation significantly. Date of winter harvest, species and N-amount were important sources of variance concerning the **Ca/P-ratios** ($= 1.06$ to 4.59); the highest values were achieved at the beginning of winter.
8. In **conclusion**, P, Na and Mg concentrations are below the required levels for ruminants already in the beginning of winter grazing irrespectively of the botanical composition. N-fertilisation causes higher K concentrations resulting in an increased risk of mineral imbalances. A supplementation of P, Na and Mg to grazing animals is necessary to avoid diseases like grass tetany, milk fever or osteomalacia during winter grazing.

8 Literaturverzeichnis

1. ALLEN, V.G., J.P. FONTENOT, W.P. GREEN & R.C. HAMMES, 1989: Year-round grazing systems for beef production from conception to slaughter. – Proc. 16th Intern. Grassl. Congr., Nice, 1197-1198.
2. ANKE, M., P. GROPPPEL & M. GLEI, 1994: Der Einfluss des Nutzungszeitpunktes auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Grünfutters. – Das wirtschaftseigene Futter **40**, 304-319.
3. ANONYMUS, 1973: Futterwerttabelle der DLG Mineralstoffe. – DLG-Verl.-GmbH, Frankfurt/M.
4. ANONYMUS, 1980: The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. – Publ.: Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK
5. ANONYMUS, 1984: Nutrient Requirements of Beef Cattle. In: Nutrient Requirements of Domestic Animals. – 6th edn., Publ.: National Research Council, Academy Press, Washington, DC, USA,.
6. ANONYMUS, 1993: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung – Verl. VDLUFA Darmstadt.
7. ANONYMUS, 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung – Verl. VDLUFA Darmstadt.
8. ANONYMUS, 2000: SPSS für Windows. Version 10.0.7, SPSS Deutschland, München.
9. ANONYMUS, 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. – DLG-Verl.-GmbH, Frankfurt/M.
10. ARCHER, K.A. & A.M. DECKER, 1977: Autumn-accumulated tall fescue and orchardgrass. – Agron. J. **69**, 601-909.
11. ARNDT, S., 1995: Bericht über einen Praxis-Versuch zur Rinderfreihaltung im Pferch über Winter. – Hrsg.: Lehr- und Versuchsanstalt für Landw. Weinb. Hausw., Ahrweiler/Mayen, 1-8.
12. ASAY, K.H., R.V. FRANKES & R.C. BRUCKNER, 1979: Breeding and Cultivars. In BUCKNER, R.C. & L.P. BUSH (Hrsg.): Tall fescue. – Americ. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, 111-139.
13. BAATH, H., O. KNABE & P. LEPOM, 1990: Vorkommen von *Fusarium*-Arten und ihren Mykotoxinen auf Silomais. – Arch. Anim. Nutr. **40**, 397-405.
14. BAKER, H.K., J.R.A. CHARD & W.E. HUGHES, 1965: A comparison of cocksfoot and tall fescue dominant swards for out-of-season production. – J. Brit. Grassl. Soc. **20**, 84-94.
15. BALASKO, J.A., 1977: Effects of N, P, and K fertilization on yield and quality of tall fescue forage in winter. – Agron. J. **69**, 425-428.
16. BARNETT, A.J.G. & R.L. REID, 1961: Reactions in Rumen. – Edward Arnold Ltd., London.
17. BARTHOLOMEW, H.M., S.L. BOYLES, B. CARTER, E. VOLLBORN, D. MILLER & R.M. SULC, 1997: Experiences of eight Ohio beef and sheep producers with year-round grazing. – Proc. 18th Intern. Grassl. Congr., Saskatoon, **29**, 127-128.

18. BAUER, U., 1996: Winterweide hilft Kosten sparen. – Fleischrinder Journal **3**, H. 9, 18-20.
19. BOEKER, P., 1957: Ganzjähriger Weidegang in Großbritannien durch Winterweide nach dem Foggage- System. – Landw. Angew. Wiss. **67**, 85-123.
20. BUCHGRABER, K. & E.M. PÖTSCH, 2000: Einfluss der Höhenstufen auf Futterertrag, Futterqualität, Tierbesatz und Milchleistung. – Z. Landkalender, Graz, 133-138.
21. BURNS, J.C. & D.S. CHAMBLEE, 1979: Adaptation. In: BUCKNER, R.C. & L.P. BUSH (Publ.): Tall fescue. – Americ. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, 9-30.
22. BUSH, L., J. BOLING & S. YATES, 1979: Animal Disorders. In BUCKNER, R.C. & L.P. BUSH (Hrsg.): Tall fescue. – Americ. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, 247-292.
23. BUSH, L.P. & P.B. BURRUS JR., 1988: Tall fescue quality and agronomic performance as affected by the endophyte. – Agron. J. **65**, 130-132.
24. CHERNEY, J.H., E.A. MIKHAILOVA & D.J.R. CHERNEY, 2002: Tetany potential of orchardgrass and tall fescue as influenced by fertilization with dairy manure or commercial fertilizer. – J. Plant Nutr. **25**, 1501-1525.
25. CHIU, P.C. & C.J.C. PHILLIPS, 1997: Effects of sodium fertiliser on the chemical composition of perennial ryegrass and white clover leaves of different physiological ages. – J. Sci. Fd Agric. **73**, 337-348.
26. CLAY, K., 1987: Effects of fungal endophytes on the seed and seedling biology of *Lolium perenne* and *Festuca arundinacea*. – Oecologia **73**, 358-362.
27. CLAY, K., 1996: Interactions among Fungal Endophytes, Grasses and Herbivores. – Res. Popul. Ecol. **38**, 191-201.
28. COLLINS, M. & J.A. BALASKO, 1981: Effects of N fertilization and cutting schedules on stockpiled tall fescue. I. Forage quality. – Agron. J. **73**, 821-826.
29. CORBETT, J.L., 1957: Studies on the extension of the grazing season. – J. Brit. Grassl. Soc. **12**, 81-96.
30. CRAWFORD, R.J., M.D. MASSIE, H.F. MAYLAND & D.A. SLEEPER, 1998: Use of an experimental high-magnesium tall fescue to reduce grass tetany in cattle. - J. Prod. Agric. **11**, 491-496.
31. DEBLITZ, C., M. RUMP, S. KREBS & U. BALLIET, 1993: Beispiele für eine standortangepasste Mutterkuhhaltung in Ostdeutschland. - Tierzüchter **45**, 179-201.
32. EBEL, G. & A. MILIMONKA, 1998: Stickstoffflüsse bei Freilandhaltung von Mutterkühen im Winter. - Ber. 42. Jahrest. AG Grünland u. Futterbau, Gießen, 94-97.
33. ELLENBERG, H., 1986: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. – 4. Aufl., Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
34. FLEMING, G.A., 1973: Mineral composition of herbage. In: BUTLER, G.W. & R.W. BAILEY (EDS.): Chemistry and Biochemistry of Herbage. – 2nd ed., Academic Press London, New York, 529-566.
35. FLEMING, G.A. & W.E. MURPHY, 1968: The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity. – Grass Forage Sci. **23**, 174-185.

36. FRAME, J., 1991: Herbage production and quality of a range of secondary grass species at five rates of fertilizer nitrogen application. - Grass Forage Sci. **46**, 139-151.
37. FREDE, H.-G. & M. BACH, 1999: Perspektiven für periphere Regionen. - Z. Kulturtech. u. Landentwickl. **40**, 193-196.
38. FREEZE, B.S., W.D. WILLMS & L. RODE, 1999: Economics of maintaining cow condition on fescue prairie in winter. - J. Range Manage. **52**, 113-119.
39. FRIBOURG, H.A. & K.W. BELL, 1984: Yield and composition of tall fescue stockpiled for different periods. - Agron. J. **76**, 929-934.
40. GARDNER, A.L. & I.V. HUNT, 1955: Winter utilization of cocksfoot. - J. Brit. Grassl. Soc. **10**, 306-316.
41. GERICKE, S. & B. KURMIES, 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung in Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. - Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, **59**, 235-247.
42. GRIMME, H.L.C. v. BRAUNSCHWEIG & K. NEMETH, 1974: Beziehung zwischen Kalium, Calcium und Magnesium bei Aufnahme und Ertragsbildung. - Landw. Forschg. Sonderheft **30/II**. Kongreßband, 93-100.
43. GRUNES, D.L., P.R. STOUT & J.R. BROWNELL, 1970: Grass tetany of ruminants. - Adv. Agron. **22**, 331-374.
44. HALL, M.H., P.J. LEVAN, E.H. CASH, H.W. HARPSTER & S.L. FALES, 1998: Fallgrazing management effects on production and persistence of tall fescue, perennial ryegrass and prairie grass. - J. Prod. Agric. **11**, 487-491.
45. HARRACH, T., 1987: Schriftliche Mitteilung, Gießen.
46. HARTMANS, J. & O.J. HEMKES, 1972: De vrijwillige opname van zout uit likstenen door runderen. Tijdschr. Diergeneesk **97**, 1177-1184.
47. HEIKENS, H. B., 1999: Gesundheit und Verhalten von Mutterkühen mit Kälbern in Winterweidehaltung, - Diss. Göttingen.
48. HEMINGWAY, R.G., 1961: Magnesium, potassium, sodium and calcium contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-year period. - J. Brit. Grassl. Soc. **16**, 106-116.
49. HOCHBERG, H., 1998: Freilandhaltung von Fleischrindern im Winter. - Ber. 42. Jahrest. AG Grünland u. Futterbau, Gießen, 30-36.
50. HOCHBERG, H. & A. WEIB, 1998: Auswirkung der Winterdraußenhaltung von Mutterkühen im Mittelgebirge auf den Pflanzenbestand, Boden-N-Gehalt und die Bodenwasserqualität. - Ber. 42. Jahrest. AG Grünland u. Futterbau, Gießen, 123-126.
51. HÖLTERSHINKEN, M., K. MAIWORM & H. SCHOLZ, 1996: Mykotoxikosen beim Rind – Probleme auch in Norddeutschland? – Praktischer Tierarzt **77**, 9-14.
52. HÖLTERSHINKEN, M., A. HÖHLING, D. BRUNKLAUS, P. HOFFMANN & H. SCHOLZ, 2000: Einfluss von *Eppicoccum nigrum* und *Alternaria alternata* auf die Pansenfermentation des Rindes (in vitro). - Proc. 22nd Mycotoxin Workshop, Bonn, Mycotoxin Res. **16A**, No 2, 187.
53. HOPKINS, A., A.H. ADAMSON & P.J. BOWLING, 1994: Response of permanent and re-

- seeded grassland to fertilizer nitrogen. 2. Effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. – Grass Forage Sci. **49**, 9-20.
54. HUGHES, G., 1954: The production and utilization of winter grass – J. Agri. Sci. **45**, 179-201.
55. ISSELSTEIN, J., 1994: Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. - Habil.-Schr. Gießen.
56. JAINDL, R.G., S.H. SHARROW & H.H. MEYER, 1991: Effect of winter grazing date on yield components of *Lolium perenne* (L.)/*Trifolium repens* (L.) hill pasture. – Grass Forage Sci. **46**, 351-357.
57. JEROCH, H., W. DROCHNER & O. SIMON, 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
58. JUDSON, G.J. & J.D. MC FARLANE, 1998: Mineral disorders in grazing livestock and the usefulness of soil and plant analysis in the assessment of these disorders. – Aust. J. Exp. Agr. **38**, 707-723.
59. KEMP, A & M.L. 'T HART, 1957: Grass tetany in grazing milking cows. – Neth. J. Agric. Sci. **5**, 4-17.
60. KEUREN, R.W. VAN, 1970a: All-season pastures for beef cows. – Ohio Agri. Res. Dev. Center. Research Summary No. 37, 27-31.
61. KEUREN, R.W. VAN, 1970b: All- season grazing for beef cow. – Ohio Agri. Res. Dev. Center. Research Summary No. 43, 1-13.
62. KLAPP, E., 1965: Grünlandvegetation und Standort. – Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
63. KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. – 4. Aufl. Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
64. KLAPP, E., P. BOEKER, F. KÖNIG & A. STÄHLIN, 1953: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. – Das Grünland **2**, 38-40.
65. KLAPP, E. & W. OPITZ V. BOBERFELD, 1990: Taschenbuch der Gräser. – 12. Aufl. Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
66. KLEE, W., 1992: Weidetetanie, auch im Herbst ein Thema. - Tierzüchter **44**/H. 8, 32-35.
67. KIRCHGEßNER, M., 1997: Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 10. Auflage. – DLG-Verl.-GmbH, Frankfurt/M.
68. KIRCHGEßNER, M., M. MERZ & W. OELSCHLÄGER, (1960): Der Einfluss des Vegetationsstadiums auf den Mengen- und Spurenelementgehalt dreier Grasarten. - Arch. Anim. Nutr. **10**, 414-427.
69. KÜHBAUCH, W., 1987: Veränderungen der Qualität von Grünlandfutter unter dem Einfluss von Standort und Bewirtschaftung. – Kali-Briefe **18**, 485-510.
70. LANGHOLZ, H.-J., 1992: Extensive Tierhaltung in Landschaftspflege und als Produktionstechnische Alternative. – Züchtungskunde **64**, 271-282.
71. LARCHER, W., 2001: Ökophysiologie der Pflanzen. - 6. Aufl. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.

72. LASER, H., 1999: Zur Leistung einschließlich Gäreignung von Arten des *Festuco-Cynosuretum* unter variierenden Bedingungen. - Diss. Gießen.
73. LASER, H., 2001: Relevance of various legumes to the mineral concentrations in herbage of extensively managed grassland. - Grassl. Sci. Europe **6**, 133-136.
74. LASER, H., 2004: Pflanzenbauliche Ansätze zur Selen-Versorgung von Mutterkühen und Fleischrindern in Weidesystemen. – Habil.-Schr. Gießen.
75. LAWS, J.A. & J.E. NEWTON, (1987): The effect of stocking rate and grazing management of sheep during winter on liveweight, performance and herbage production. - Res. and Developm. Agric. **4**, 141-146.
76. LEHMANN, J., F. BACHMANN & H. GUYER, 1978: Die gegenseitige Beeinflussung einiger Klee- und Grasarten in bezug auf das Wachstum, den Nähr- und Mineralstoffgehalt. - J. Agron. Crop. Sci. **146**, 178-196.
77. LIU, W., E.A. GUERTAL & E. VAN SANTEN, 1999: Population differentiation, spatial variation, and sampling of tall fescue under grazing. – Agron. J. **91**, 801-806.
78. LORENZETTI, F., B.F. TYLER, J.P. COOPER & E.L. BREESE, 1971: Cold tolerance and winter hardiness in *Lolium perenne* L. Development of screening techniques for cold tolerance and survey of geographical variation. – J. Agric. Sci. **76**, 199-209.
79. MARSCHNER, H., 1995: Mineral nutrition of higher plants – 2nd edn. Academic Press, London.
80. MARTENS, H. & G. GÄBEL, 1986: Pathogenesis and prevention of grass tetany from physiologic viewpoint. - Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. **93**, 170-177.
81. MATCHES, A.G., 1979: Management. In: BUCKNER, R.C. & L.P. BUSH (Eds.): Tall fescue. – Americ. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, 171-199.
82. MAYLAND, H.F. & G.E. SHEWMAKER, 2001: Animal health problems caused by silicon and other mineral imbalances. – J. Range Manage. **54**, 4, 441-446.
83. MAYLAND, H.F. & D.A. SLEPER 1993: Developing a tall fescue for reduced grass tetany risk. – Proc. 17th Intern. Grassl. Congr., Palmerston North, 1095-1096.
84. MENGEL, K., 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze – 7. Aufl. Verl. Gustav Fischer, Jena.
85. MENKE, K.H., 1987: Ernährungsphysiologische Grundlagen, Richtzahlen für die praktische Fütterung. In: MENKE, K.H. & W. HUSS: Tierernährung und Futtermittelkunde. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 15-169.
86. METSON, A.J. & W.M.H. SAUNDERS, 1978: Seasonal variations in chemical composition of pasture. – N. Z. J. Agric. Res. **21**, 341-353.
87. MOSELEY, G. & D.H. BAKER, 1991: The efficacy of high magnesium grass cultivar in controlling hypomagnesaemia in grazing animals. – Grass Forage Sci. **46**, 375-380.
88. MÜCKENHAUSEN, E., 1993: Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. – 4. Aufl., DLG-Verl.-GmbH, Frankfurt/M.
89. MÜLLER, H. L., G. VOIGTLÄNDER & M. KIRCHGEßNER (1971): Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in Abhängigkeit von

- Wachstumsdauer und Vegetationsperiode. - Das wirtschaftseigene Futter **17**, 165-178.
90. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1980: Auswirkungen verschiedener K-Salze auf einige Eigenschaften des Aufwuchses und des Bodens in Abhängigkeit vom K- und N-Aufwand bei Mähweiden. – J. Agron. Crop. Sci. **149**, 58-74.
91. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1986: Grünlandnutzung. In: J. NÖSBERGER & W. OPITZ V. BOBERFELD: Grundfutterproduktion. - Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg, 65-118.
92. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994a: Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
93. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994b: Phänotyp und Futterqualität einschließlich Konservierungseigenschaften von Gräsern. – J. Agron. Crop Sci. **172**, 289-304.
94. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1996: Qualitätsveränderungen einschließlich Mykotoxinproblematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*). – Agrobiol. Res. **49**, 52-62.
95. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1997: Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. – Ber. Landw. **75**, 604-618.
96. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1998: Zum Einfluss variiert Narbenbeschaffenheit und N-Düngung auf die Nitratmengen des Bodens. – German J. Agron. **2**, 1-6.
97. OPITZ V. BOBERFELD, W., 2001a: Grünlandumwidmung: von konventioneller Milch- zur ökologischen Fleischerzeugung. - Hrsg. DLG: Nachhaltige Futterproduktion auf dem Grünland. DLG-Grünlandtagung 2001 Bitburg/Eifel, 27-36.
98. OPITZ V. BOBERFELD, W., 2001b: Grassland management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. – Grassl. Sci. in Poland **4**, 137-147.
99. OPITZ V. BOBERFELD, W., 2002: Selenhaltige Mehrnährstoff-Düngergaben und ihr Effekt auf die Selen- und Schwefel-Konzentration in Abhängigkeit von Hauptbestandsbildner, Aufwuchs und Aufwand. - German J. Agron. **3**, 88-93.
100. OPITZ V. BOBERFELD, W. & B. BISKUPEK, 1995: Zum Einfluss von interspezifischer Konkurrenz in einer Kleegrasmischung auf die Futterqualität. – J. Agron. Crop Sci. **175**, 355-364.
101. OPITZ V. BOBERFELD, W. & H. LASER, 1999: Einfluss von *Lotus corniculatus* auf die Nutzungselastizität bestandsprägender Gräser der Extensiv-Weiden. - German J. Agron. **6**, 84-92.
102. OPITZ V. BOBERFELD, W. & K. WÖHLER, 2002: Forage quality of low input winter pastures under varying conditions in central Germany. – Grassl. Sci. Eurpoe **7**, 222-223.
103. OPITZ V. BOBERFELD, W., M. SCHLOSSER & H. LASER, 1999: Effekt einer kombinierten Natriumdüngung auf Futterqualität und Futterakzeptanz von *Lolium perenne* in Abhängigkeit von Düngerform und Kaliumzufuhr. – Agrobiol. Res. **52**, 261-270.
104. OPITZ V. BOBERFELD, W. & M. STERZENBACH, 1999: Winteraußenhaltung von Mutterkühen unter den Aspekten Standort, Umwelt und Futterwirtschaft. – Z. Kulturtechnik u. Landentwicklung **40**, 258-262.
105. OPITZ V. BOBERFELD, W. & WOLF, D., 2002: Zum Effekt pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Qualität und Ertrag von Winterfutter "auf dem Halm". - German J. Agron. **6**, 9-16.

106. OPITZ V. BOBERFELD, W., P.C. THEOBALD & H. LASER, 2003: Prediction of digestibility and energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – a comparison of methods. – Arch. Anim. Nutr. **57**, 167-176.
107. PALLAUF, J., 1983: Bedarfsgerechte Versorgung des Rindes mit Mineralstoffen und Spurenelementen im Hinblick auf Gesundheit, Fruchtbarkeit und Leistung. - Z. Kraftfutter **66**, 290-294 u. 320-328.
108. PETERSEN, A., 1988: Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. – Verl. Akademie, Berlin.
109. PHILLIPS, C.J.C, 2001: Principles in cattle production. - CAB International, Wallingford, UK.
110. PRAGER, V., 1983: Untersuchungen über den landwirtschaftlichen Nutzwert des Rohrschwingels (*Festuca arundinacea* Schreb.). – Diss. Gießen.
111. RAYBURN, E.B., R.E. BLASER & D.D. WOLF, 1979: Winter tall fescue yield and quality with different accumulation periods and N-rates. – Agron. J. **71**, 959-963.
112. RAZMJOO, K., T. IMADA, J. SUGIURA & S. KANEKO, 1997: Seasonal variations in nutrient and carbohydrate levels of tall fescue cultivars in Japan. – J. Plant Nutr. **20**, 1667-1679.
113. REINBOTT, T.M. & D.G. BLEVINS, 1997: Phosphorus and magnesium interaction with soil phosphorus level: Tall fescue yield and mineral element content. - J. Prod. Agric. **10**, 260-265.
114. RINNE, K., 1976: The chemical composition of pasture herbage affected by different levels of nitrogen fertilization. - J. Sci. Agric. Soc. Finl. **48**, 305-316.
115. ROSENBERG, G. & M. STÖBER, 1971: Die Tetanie des Rindes. - Der Tierzüchter **23**, 427-429.
116. SABREEN, S., S. SAIGA, H. SAITOH, M. TSUIKI & H.F. MAYLAND, 2003: Performance of high-magnesium cultivars of three cool-season grasses grown in nutrient solution culture. – J. Plant Nutr. **26**, 589-605.
117. SAKAI, A. & W. LARCHER, 1987: Frost survival of plants. – Ecological Studies **62**, Verl. Springer, Berlin.
118. SCHACHTSCHABEL, P., 1992: Nährstoffe. In: F. SCHEFFER & P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde. - 13. Aufl. Verl. Ferdinand Enke Stuttgart, 219-259.
119. SCHLOSSER, M., 1998: Zur Effizienz von Na-haltigen Mehrnährstoffdüngern unter variierenden Bedingungen auf Futterqualität und Futterakzeptanz. - Diss. Gießen
120. SCHLÖSSER, E., 1997: Allgemeine Phytopathologie. – 2. Aufl. Verl. Georg Thieme, Stuttgart, New York.
121. SCHNEIDER, K., 1913: Die Anlage von Dauerweiden. – 2. Aufl. Verl. Wilhelm Gottlieb Korn, Breslau.
122. SCHNEIDER, K., 1917: Winterweide. – Mitt. DLG **32**, 572-576.
123. SCHRAUZER, G.N., 1998: Selen. - 3. Aufl. Johann Ambrosius Barth, Heidelberg u. Leipzig.
124. SEITZ, L.M., H.E. MOHR, R. BURRONGHS & S. SAUER, 1977: Ergosterol as an indicator

- of fungal invasion in grains. – Cereal Chem. **54**, 1207-1217-
125. SHEWMAKER, G.E., H.F. MAYLAND & S.B. HANSEN, 1997: Cattle grazing preference among eight endophyte-free tall fescue cultivars. – Agron. J. **89**, 695-701.
126. SLEPER, D.A., G.B. GARNER, C.J. NELSON & J.L. SEBAUGH, 1980: Mineral concentration of tall fescue genotypes grown under controlled conditions. – Agron. J. **72**, 720-722.
127. SMITH, K.F., G.J. REBETZKE, H.A. EAGLES, M.W. ANDERSON & H.S. EASTON, 1999: Genetic control of mineral concentration and yield in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), with special emphasis on minerals related to grass tetany. – Aust. J. Agr. Res. **50**, 79-86.
128. STERZENBACH, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe. – Diss. Gießen.
129. STÄHLIN, A. & H. TIRTAPRADJA, 1974: Ein Vergleich von Rohrschwingel (*Festuca arundinacea* Schreb.) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* Huds.) in chemischer Hinsicht. – J. Agron. Crop. Sci. **140**, 100-116.
130. STEFFENS, D. & K. MENGEL, 1979: Das Aneignungsvermögen von *Lolium perenne* im Vergleich zu *Trifolium pratense* für Zwischenschichtkalium der Tonminerale. - Landw. Forschg. Sonderheft **36**, Kongreßband, 120-128.
131. SWEENEY, D.W., J.L. MOYER & J.L. HAVLIN, 1996: Multinutrient fertilization and placement to improve yield and nutrient concentration of tall fescue. – Agron. J. **88**, 982-986.
132. TAYLER, T.H. & W.C. TEMPLETON, 1976: Stockpiling Kentucky bluegrass and tall fescue forage for winter pasture. – Agron. J. **68**, 235-239.
133. TERÖRDE, H., 1997: Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkühen auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg-Vorpommern. – Diss. Berlin.
134. THOMAS, H. & I.B. NORRIS, 1981: The influence of light and temperature on growth and death in simulated swards of *Lolium perenne*. – Grass Forage Sci. **36**, 107-116.
135. THOMAS, H., H.J. OUGHAM, C. WAGSTAFF & A.D. STEAD, 2003: Defining senescence and death. – J. Experi. Bot. **54**, 1127-1132
136. TITZE, A., 1997: Freilandhaltung von Mutterkühen unter Berücksichtigung der Rohrschwingelweide. – Arch. Tierz. **40**, 181.
137. TUCKEY JR, H.B., 1970: Leaching of substances from plants. In PREEAAD, T.F. & C.H. DICKINSON (Eds.): Ecology of leaf surface micro-organisms. - Academic Press, London, New York, 67-80.
138. UNDERWOOD, E.J. & SUTTLE, N.F., 1999: The Mineral Nutrition of Livestock. – 3rd edn. CAB International, Wallingford, UK.
139. VASQUEZ-DE-ALDANA, B.R., B. GARCIA-CRIADO, I. ZABALGOGEAZCOA & A. GARCIA-CIUDAD, 1999: Influence of fungal endophyte infection on nutrient element content of tall fescue. - J. Plant Nutr. **22**, 163-176.
140. VOIGTLÄNDER, G., 1987. In: VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB: Grünlandwirtschaft und Futterbau. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
141. WALLBAUM, F., 1996: Tiergerechtheit der ganzjährigen Weidehaltung fleischbetonter Mutterkühe am Mittelgebirgsstandort. – Diss. Göttingen.

142. WALLIS DEVRIES, M.F., 1996: Nutritional limitations of free-ranging cattle : the importance of habitat quality. – J. Appl. Ecol. **33**, 688-702.
143. WALTER, H., 1957: Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? – Umschau **57**, 751-753.
144. WABMUTH, R., 2002: Wirtschaftliche Betrachtungen zur Grünlandnutzung mit landwirtschaftlichen Nutztieren. – In: Ganzjährige Freilandhaltung von Fleischrindern. KTBL-Schrift 409, 10-18.
145. WHEELER, J.L., 1968: Major problems in winter grazing. – Herb. Abstr. **38**, 11-18.
146. WHITEHEAD, D.C., 2000: Nutrient Elements in Grassland, Soil-Plant-Animal-Relationships. – CAB International, Wallingford, UK.
147. WILKINSON, S.R. & D.A. MAYS, 1979: Mineral Nutrition. In BUCKNER, R.C. & L.P. BUSH (Eds.): Tall fescue. – Americ. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, 41-73.
148. WILLMS, W.D. & L.M. RODE, 1998: Forage selection by cattle on fescue prairie in summer or winter. – J. Range Manage. **51**, 496-500.
149. WILMAN, D., G.H. ACUNA & P. JOY MICHAUD, 1994: Concentrations of N, P, K, Ca, mg and Na in perennial ryegrass and white clover leaves of different ages. - Grass Forage Sci. **49**, 422-428.
150. WILMAN, D. & Y. GAO, 1996: Herbage production and tiller density in five related grasses, their hybrids and mixtures. – J. Agric. Sci. **127**, 57-65.
151. WILMAN, D. & P. REZVANI MOGHADDAM, 1998: In vitro digestibility and neutral detergent fibre and lignin contents of plant parts of nine forage species. – J. Agric. Sci. **131**, 51-58.
152. WILMAN, D., K.H. DONG. & Z.L. JIN, 1999: Persistence of a range of grasses in a continental climate. – Expl. Agric. **35**, 55-62.
153. WÖHLBIER, W. & M. KIRCHGEBNER 1957: Der Gehalt von einigen Gräsern, Leguminosen und Kräutern an Mengen- und Spurenelementen. - Landw. Forsch., **10**, 249-251
154. WÖHLER, K., 2003: Zur Qualität und Masse von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Standort, Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftung. – Diss. Gießen.
155. WOLF, D., 2002: Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. - Diss. Gießen.
156. WOLF, H., 1971: Beeinflussung des Natrium- und Magnesium-Gehaltes im Weidegras. - Das wirtschaftseigene Futter **17**, 190-197.
157. XIN, Z. & J. BROWSE, 2000: Cold comfort farm: the acclimation of plants to freezing temperatures. – Plant, Cell and Environment **23**, 893-902.
158. ZÜRN, F., 1951: Der Nährstoff- und Mineralstoffgehalt von Gräsern, Leguminosen und Kräutern. - J. Agron. Crop. Sci. **93**, 444-463.

9 Tabellenanhang

Anhangtabelle

Bestandsaufnahmen der einzelnen Flächen, Versuch Pflanzengesellschaften.....	1-6
Standortmerkmale, Versuch Pflanzengesellschaften	7-9
Witterungsdaten Lahn-Dill-Bergland und Westerwald.....	10-11
Erntetermine, Versuch Pflanzengesellschaften	12-14
Standortmerkmale, Versuchstation Linden Forst.....	15-17
Erntetermine, Versuche Hauptbestandsbildner und N-Düngung.....	18-19

Versuch *Pflanzengesellschaften*

Phosphor im Winter	20-23
Kalium im Winter.....	24-27
Natrium im Winter	28-31
Magnesium im Winter.....	32-35
Calcium im Winter	36-39
K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter.....	40-43
Ca/P-Quotient im Winter	44-47
TS-Erträge im Winter.....	48-51
Rohprotein im Winter.....	52-55
Verdaulichkeit organischer Substanz im Winter.....	56-59
Ergosterol im Winter.....	60-63
Phosphor im Sommer	64-68
Kalium im Sommer	69-73
Natrium im Sommer.....	74-78
Magnesium im Sommer	79-83
Calcium im Sommer.....	84-88
K/(Ca+Mg)-Quotienten im Sommer	89-93
Ca/P-Quotient im Sommer	94-98
TS-Erträge im Sommer	99-103
Rohprotein im Sommer	104-108
Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer	109-113

Versuch *Hauptbestandsbildner*

Phosphor im Winter	114-117
Kalium im Winter.....	118-121
Natrium im Winter	122-125
Magnesium im Winter.....	126-129
Calcium im Winter	130-133
K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter.....	134-137
Ca/P-Quotient im Winter	138-141
TS-Erträge im Winter.....	142-145

Rohprotein im Winter.....	146-149
Verdaulichkeit organischer Substanz im Winter.....	150-153
Ergosterol im Winter.....	154-157
Varianztabelle für Mineralstoffe, TS-Erträge, Rohprotein-Konzentrationen und Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer	158-167
Mineralstoffe, TS-Erträge, Rohprotein-Konzentrationen und Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer	168-170
Varianztabelle für Mineralstoffe und Ergosterol, grünes und totes Pflanzenmaterial.....	171
Mineralstoffe und Ergosterol, grünes und totes Pflanzenmaterial.....	172

Versuch N-Düngung

Phosphor im Winter	173-176
Kalium im Winter.....	177-180
Natrium im Winter	181-184
Magnesium im Winter.....	185-188
Calcium im Winter.....	189-192
K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter.....	193-196
Ca/P-Quotient im Winter	197-200
TS-Erträge im Winter.....	201-204
Rohprotein im Winter.....	205-208
Verdaulichkeit organischer Substanz im Winter.....	209-212
Ergosterol im Winter.....	213-216
Korrelationen.....	217-218

Anhangtab. 1: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Festuco-Cynosuretum* 370 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		x̄
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	
Gräser gesamt	78	76	78	78	84	85	80
<i>Agrostis capillaris</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	7	2	2	1	8	2	4
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	20	16	18	16	24	17	19
<i>Avenula pubescens</i>	+	+	1	+	+	+	1
<i>Dactylis glomerata</i>	2	+	2	2	4	1	2
<i>Festuca ovina</i>	2	3	3	3	2	3	3
<i>Festuca rubra</i>	24	26	31	29	24	30	27
<i>Holcus lanatus</i>	3	3	3	4	4	3	4
<i>Luzula campestris</i>	8	11	8	10	7	13	10
<i>Phleum pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Poa pratensis</i>	6	7	5	6	6	8	6
<i>Poa trivialis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trisetum flavescens</i>	6	7	5	7	5	8	7
Leguminosen gesamt	2	2	1	2	+	+	2
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	+	-	-	+	+
<i>Trifolium medium</i>	-	-	-	+	+	-	+
<i>Trifolium pratense</i>	2	1	1	2	+	+	2
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vicia cracca</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vicia sepium</i>	-	1	-	-	-	-	+
sonstige Kräuter gesamt	20	22	21	20	16	15	19
<i>Achillea millefolium</i>	4	3	4	3	4	3	3
<i>Anthriscus sylvestris</i>	+	+	1	1	+	+	+
<i>Centaurea jacea</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+	1	1	1	3	1	1
<i>Chrysanthemum vulgare</i>	1	3	1	+	1	1	1
<i>Crepis biennis</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Galium mollugo</i>	2	1	+	1	1	3	2
<i>Galium verum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	1	1	1	2	1	1	1
<i>Hieracium pilosella</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Hypericum maculatum</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Hypericum perforatum</i>	+	+	1	+	+	1	+
<i>Knautia arvensis</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Pimpinella saxifraga</i>	3	5	3	3	2	3	3
<i>Plantago lanceolata</i>	3	1	3	3	1	+	2
<i>Rumex acetosa</i>	6	7	6	6	3	2	5
<i>Saxifraga granulata</i>	-	+	-	-	+	-	+
<i>Taraxacum officinale</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	+	-	-	-	-	+
gesamte Artenzahl	35	38	34	34	33	34	35
Offene Fläche in %	2	1	1	1	3	2	2

Anhangtab. 2: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Festuco-Cynosuretum* 415 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	$\bar{x}$
Gräser gesamt	86	86	88	87	86	84	86
<i>Agrostis capillaris</i>	4	3	3	2	2	4	3
<i>Alopecurus pratensis</i>	1	+	+	+	2	1	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	+	+	+	-	+	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	+	3	1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i>	+	+	2	1	+	-	1
<i>Elymus repens</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Festuca ovina</i>	3	3	3	3	3	3	3
<i>Festuca rubra</i>	52	54	44	49	53	50	50
<i>Holcus lanatus</i>	+	+	+	+	+	-	+
<i>Holcus mollis</i>	1	1	3	2	2	3	2
<i>Lolium perenne</i>	+	-	-	-	-	+	+
<i>Luzula campestris</i>	1	2	+	1	+	2	2
<i>Phleum pratense</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Poa pratensis</i>	21	21	28	26	23	19	23
<i>Trisetum flavescens</i>	1	2	2	2	+	1	1
Leguminosen gesamt	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ononis repens</i>	-	-	+	-	-	+	+
<i>Trifolium dubium</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium repens</i>	1	1	1	1	1	1	1
sonstige Kräuter gesamt	13	13	11	12	13	15	13
<i>Achillea millefolium</i>	2	2	2	2	1	1	2
<i>Campanula rotundifolia</i>	+	+	+	+	+	1	1
<i>Centaurea jacea</i>	1	1	+	1	2	1	1
<i>Cerastium arvense</i>	-	+	-	+	+	+	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum vulgare</i>	-	-	1	+	-	-	1
<i>Crepis biennis</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Epilobium angustifolium</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Hieracium pilosella</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hypericum perforatum</i>	-	+	+	+	1	+	1
<i>Hypochoeris radicata</i>	+	1	+	+	+	+	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	+	1	+	+	+	1
<i>Plantago lanceolata</i>	1	2	+	1	+	1	1
<i>Rumex acetosa</i>	+	1	+	+	-	+	1
<i>Rumex acetosella</i>	8	6	5	5	5	8	6
<i>Sanguisorba officinalis</i>	+	-	-	-	+	-	+
<i>Senecio jacobaea</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Stachys sylvatica</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Stellaria graminea</i>	-	-	+	+	+	-	+
<i>Taraxacum officinale</i>	1	+	1	1	4	1	2
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+
gesamte Artenzahl	31	32	36	35	34	34	34
Offene Fläche in %	1	1	2	1	3	1	2

Anhangtab. 3: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Festuco-Cynosuretum* 460 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		$\bar{x}$
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	
Gräser gesamt	61	74	74	77	83	80	75
<i>Agrostis capillaris</i>	5	4	9	9	8	6	7
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	5	4	8	6	7	5	6
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	-	-	-	1	1	1
<i>Avenula pubescens</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Carex pallescens</i>	+	1	4	2	+	1	2
<i>Cynosurus cristatus</i>	+	1	+	1	+	1	1
<i>Dactylis glomerata</i>	2	1	1	+	2	2	2
<i>Deschampsia cespitosa</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Festuca pratensis</i>	2	+	+	1	1	1	1
<i>Festuca rubra</i>	36	48	47	52	52	53	48
<i>Holcus lanatus</i>	10	15	5	6	12	10	10
<i>Luzula campestris</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Poa pratensis</i>	+	+	+	+	+	+	+
Leguminosen gesamt	1	1	1	1	+	+	1
<i>Lotus corniculatus</i>	1	1	1	1	+	+	1
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vicia cracca</i>	+	+	-	-	+	-	+
<i>Vicia sepium</i>	+	+	-	-	-	-	+
Kräuter gesamt	38	25	25	22	17	20	25
<i>Achillea ptarmica</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Achillea vulgare</i>	-	-	-	+	+	-	+
<i>Ajuga reptans</i>	-	+	-	-	+	+	+
<i>Alchemilla vulgaris</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Bellis perennis</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cardamine pratensis</i>	-	+	+	+	-	+	+
<i>Centaurea nigra</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>Crepis biennis</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Dactylorhiza maculata/majalis</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	+	1	1	+	+	-	1
<i>Hieracium lachenalii</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Hypericum maculatum</i>	1	+	+	+	-	-	1
<i>Hypochoeris radicata</i>	+	+	+	2	+	1	2
<i>Plantago lanceolata</i>	27	18	15	13	8	13	16
<i>Platanthera chlorantha</i>	+	+	+	+	+	-	+
<i>Ranunculus acris</i>	1	1	3	2	2	1	2
<i>Ranunculus repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rumex acetosa</i>	8	5	6	5	6	5	6
<i>Sanguisorba officinalis</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Silene flos-cuculi</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Taraxacum officinale</i>	1	+	+	+	1	+	1
gesamte Artenzahl	31	30	25	27	27	28	28
Offene Fläche in %	12	6	7	7	13	12	10

Anhangtab. 4: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Lolio-Cynosuretum* 320 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		$\bar{x}$
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	
Gräser gesamt	79	81	82	82	84	87	82
<i>Alopecurus pratensis</i>	21	23	20	20	23	31	23
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	5	3	7	7	4	13	7
<i>Avenula pubescens</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Bromus hordeaceus</i>	3	3	2	2	+	+	3
<i>Dactylis glomerata</i>	11	11	7	7	20	7	11
<i>Elymus repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Festuca pratensis</i>	+	+	1	1	+	+	+
<i>Festuca rubra</i>	1	1	+	+	+	+	+
<i>Holcus lanatus</i>	9	11	5	5	4	1	6
<i>Lolium perenne</i>	18	17	18	18	18	21	18
<i>Phleum pratense</i>	3	1	6	6	7	5	5
<i>Poa pratensis</i>	3	3	3	3	2	2	3
<i>Poa trivialis</i>	5	5	5	5	3	4	4
<i>Trisetum flavescens</i>	+	3	8	8	3	3	5
Leguminosen gesamt	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
sonstige Kräuter gesamt	21	19	18	18	16	13	18
<i>Achillea millefolium</i>	+	+	-	-	+	-	+
<i>Anthriscus sylvestris</i>	+	-	-	+	-	+	+
<i>Campanula rapunculus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Crepis biennis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Galium mollugo</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Leontodon autumnalis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus acris</i>	1	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus repens</i>	2	1	1	1	1	1	1
<i>Rumex acetosa</i>	4	4	2	2	3	1	3
<i>Rumex crispus</i>	+	+	-	+	+	-	+
<i>Rumex obtusifolius</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Taraxacum officinale</i>	14	14	15	15	12	11	13
<i>Myosotis arvensis</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+	-	-	-	+	-	+
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+
gesamte Artenzahl	31	29	27	27	31	30	29
Offene Fläche in %	17	7	15	10	15	9	12

Anhangtab. 5: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Lolio-Cynosuretum* 390 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	$\bar{x}$
Gräser gesamt	97	97	99	98	98	99	98
<i>Agrostis capillaris</i>	+	+	+	+	-	-	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	66	70	69	70	73	71	70
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	3	3	2	+	+	2
<i>Bromus hordeaceus</i>	+	-	+	+	+	2	2
<i>Dactylis glomerata</i>	26	20	23	22	23	23	23
<i>Elymus repens</i>	-	-	+	-	+	-	+
<i>Festuca pratensis</i>	1	1	2	+	+	+	1
<i>Festuca rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Holcus lanatus</i>	1	-	-	-	+	-	1
<i>Lolium perenne</i>	+	+	+	+	1	1	1
<i>Poa pratensis</i>	1	2	1	1	1	+	1
<i>Poa trivialis</i>	1	1	1	1	1	2	1
<i>Trisetum flavescens</i>	+	+	+	+	+	+	+
Leguminosen gesamt	+	+	+	+	-	-	+
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+	+	-	-	+
sonstige Kräuter gesamt	3	3	1	2	2	1	2
<i>Achillea millefolium</i>	+	+	-	-	+	-	+
<i>Cirsium vulgare</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Galium mollugo</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Geranium molle</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	-	-	+	+	+
<i>Ranunculus acris</i>	+	+	-	-	-	-	+
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1	+	+	+	+	+	1
<i>Rumex acetosa</i>	+	1	-	+	+	+	1
<i>Taraxacum officinale</i>	2	2	1	2	2	1	2
<i>Urtica dioica</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	-	-	-	-	+	+
gesamte Artenzahl	20	18	15	16	18	16	17
Offene Fläche in %	17	7	15	10	15	9	12

Anhangtab. 6: Ertragsanteile (= EA) in % und Narbendichte des *Lolio-Cynosuretum* 420 m. ü. NN

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		$\bar{x}$
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	
Gräser gesamt	81	75	77	78	77	86	79
<i>Agrostis capillaris</i>	10	14	9	7	5	7	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	-	-	+	+	1	1	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	3	2	2	1	3	2
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	-	-	+	-	-	+
<i>Bromus hordeaceus</i>	+	+	-	1	-	+	1
<i>Cynosurus cristatus</i>	-	-	-	-	-	+	+
<i>Dactylis glomerata</i>	8	4	9	7	15	7	9
<i>Deschampsia cespitosa</i>	-	-	+	-	+	-	+
<i>Elymus repens</i>	2	2	3	1	1	+	2
<i>Festuca pratensis</i>	+	-	1	2	3	1	2
<i>Festuca rubra</i>	3	5	3	5	1	4	4
<i>Holcus lanatus</i>	19	17	12	13	17	24	17
<i>Lolium multiflorum</i>	+	1	2	1	1	1	1
<i>Lolium perenne</i>	7	6	8	11	11	11	9
<i>Luzula campestris</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Phleum pratensis</i>	4	3	7	4	4	4	4
<i>Poa pratensis</i>	5	5	7	8	6	3	6
<i>Poa trivialis</i>	22	15	14	16	11	20	16
<i>Trisetum flavescens</i>	+	-	-	+	-	-	+
Leguminosen gesamt	+	1	1	+	+	+	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	+	-	+	-	-	-	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium dubium</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Trifolium pratense</i>	+	1	+	+	+	+	+
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vicia cracca</i>	+	+	+	+	-	-	+
<i>Vicia sepium</i>	-	-	-	-	-	+	+
sonstige Kräuter gesamt	19	24	22	22	23	14	21
<i>Achillea millefolium</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Ajuga reptans</i>	-	-	+	+	-	-	+
<i>Alchemilla vulgaris</i>	-	+	+	+	+	+	+
<i>Anthriscus sylvestris</i>	2	1	3	5	3	-	3
<i>Artemisia vulgaris</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Bellis perennis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-	-	-	+	-	-	+
<i>Cardamine pratensis</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Centaurea jacea</i>	1	1	+	1	1	+	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	1	+	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum vulgare</i>	+	+	-	-	-	-	+
<i>Cirsium vulgare</i>	-	+	+	-	-	+	+
<i>Crepis biennis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daucus carota</i>	+	-	+	+	-	+	+
<i>Epilobium angustifolium</i>	+	+	-	+	-	+	+

Hauptnutzung	November		Dezember		Januar		
Vornutzung	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
	EA	EA	EA	EA	EA	EA	$\bar{x}$
<i>Filipendula ulmaria</i>	-	-	-	-	+	-	+
<i>Fumaria officinalis</i>	-	-	-	+	+	-	+
<i>Galium mollugo</i>	1	2	2	1	4	2	2
<i>Heracleum sphondylium</i>	2	2	2	3	+	1	2
<i>Hieracium lachenalii</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Hypericum maculatum</i>	+	1	+	1	+	1	1
<i>Hypericum perforatum</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Hypochoeris radicata</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Knautia arvensis</i>	-	+	+	+	-	-	+
<i>Leontodon autumnalis</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Pimpinella major</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Plantago lanceolata</i>	3	4	3	3	4	3	3
<i>Plantago major</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>Ranunculus acris</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus repens</i>	1	1	2	1	+	1	1
<i>Rumex acetosa</i>	2	2	2	1	4	2	2
<i>Rumex obtusifolius</i>	1	2	1	1	1	1	1
<i>Selinum carvifolia</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Senecio jacobaea</i>	1	1	+	+	-	+	+
<i>Silene flos-cuculi</i>	+	-	-	+	-	-	+
<i>Stellaria graminea</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Taraxacum officinale</i>	3	6	7	5	5	3	5
<i>Urtica dioica</i>	-	+	-	-	-	-	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+	+	+	+	1	+	+
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+
gesamte Artenzahl	47	47	45	49	39	46	46
Offene Fläche in %	15	9	14	14	15	13	13

Anhangtab. 7: Bodenchemische Kennwerte 2000, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Standort m ü. NN	pH-Wert in 0,01 M CaCl ₂	P ₂ O ₅ in mg 100g ⁻¹ Boden	K ₂ O in mg 100g ⁻¹ Boden
<i>Festuco-Cynosureten</i>			
370	4,7	10,6	18,7
415	4,6	21,3	19,9
460	4,5	3,4	8,0
<i>Lolio-Cynosureten</i>			
320	5,1	10,0	12,6
390	4,6	15,6	20,1
420	5,3	6,4	6,1

Anhangtab. 8: Bodenprofilbeschreibungen, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Standort	Bodentyp	Bodenhorizonte	Tiefe in cm	Bodenart
<i>Festuco-Cynosureten</i>				
370 m ü. NN	Braunerde	Ah Bv II Cv	0-20 20-50 50-80	Lehm
415 m ü. NN	Braunerde	Ah Bv II Cv	0-7 7-27 27-	Lehm
460 m ü. NN	Pseudogley	Ah Sew II Sw III Sd	0 – 10 10 – 40 40 – 80 80 -	Lehm
<i>Lolio-Cynosureten</i>				
320 m ü. NN	Parabraunerde- Braunerde	Ah rAp Al-Bv II BTV III Cv	0-10 10-30 30-40 40-60 60-	Lehm
390 m ü. NN	Braunerde	Ah M II Bv	0-20 20-40 40-90	Lehm
420 m ü. NN	Braunerde	Ah M II Bv	0-15 15-40 40-100	Lehm

Anhangtab. 9: Gauß-Krüger-Koordinaten der Standorte, Messpunkt: Mitte der einzelnen Versuchsflächen, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Standort	Koordinate rechts	Koordinate hoch
m ü. NN		
<i>Festuco-Cynosureten</i>		
370	3462368 m	5634279 m
415	3454797 m	5631642 m
460	3421057 m	5621327 m
<i>Lolio-Cynosureten</i>		
320	3464956 m	5634967 m
345	3455137 m	5631140 m
420	3420483 m	5623924 m

Anhangtab. 10: Witterungsdaten der Stationen, Linden, Holzhausen und Marienberg

		Temperaturmittel in °C			Niederschlagsmenge in mm		
	Monat	Linden	Holzhausen	Marienberg	Linden	Holzhausen	Marienberg
Stationshöhe in m ü. NN		160	385	484	160	385	484
1999/2000	November	4,0	3,1	2,8	35,2	35,9	86,5
	Dezember	3,3	1,8	1,0	76,3	192,3	152,1
	Januar	1,7	1,0	0,3	33,8	63,8	70,9
	Februar	4,5	3,3	2,5	53,8	113,9	120,7
2000/2001	November	6,8	5,1	5,1	55,0	83,2	74,4
	Dezember	3,3	2,0	2,6	58,6	65,4	77,5
	Januar	1,2	-0,1	0,5	73,1	137,7	100,9
	Februar	3,2	2,4	2,1	47,8	64,9	83,5
2001/2002	November	4,2	3,5	3,1	95,5	92,4	148,7
	Dezember	1,0	-0,1	-0,8	32,7	91,1	139,6
	Januar	0,8	0,5	0,2	51,5	88,2	86,9
	Februar	6,2	4,6	3,9	132,9	202,9	201,5

Anhangtab. 11: Anzahl der Tage mit geschlossener Schneedecke der Beobachtungsjahre, Stationen **Holzhausen und Marienberg**

Winter	Bis Novemberernte		Bis Dezemberernte		Bis Januarernte	
	Holzhausen	Marienberg	Holzhausen	Marienberg	Holzhausen	Marienberg
Schneetage						
1999/2000	0	0	6	9	20	32
2000/2001	0	0	0	0	22	20
2001/2002	0	0	1	2	32	35

Anhangtab. 12: Erntetermine 1999/2000, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Stand- ort m ü. NN	Erntetermine im Sommer (= Vornutzung)		Düngung	Erntetermin im Winter		
<i>Festuco-Cynosureten</i>						
370	08.06.1999	05.07.1999	13.08.1999	01.11.1999	09.12.1999	01.02.2000
415	09.06.1999	07.07.1999	16.08.1999	02.11.1999	09.12.1999	01.02.2000
460	11.06.1999	08.07.1999	17.08.1999	03.11.1999	08.12.1999	31.01.2000
<i>Lolio-Cynosureten</i>						
320	08.06.1999	05.07.1999	13.08.1999	01.11.1999	09.12.1999	01.02.2000
390	08.06.1999	05.07.1999	13.08.1999	01.11.1999	10.12.1999	02.02.2000
420	11.06.1999	08.07.1999	17.08.1999	03.11.1999	08.12.1999	31.01.2000

Anhangtab. 13: Erntetermine 2000/2001, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Stand- ort m ü. NN	Erntetermine im Sommer (= Vornutzung)		Düngung	Erntetermin im Winter		
<i>Festuco-Cynosureten</i>						
370	08.06.2000	03.07.2000	04.08.2000	01.11.2000	13.12.2000	30.01.2001
415	08.06.2000	04.07.2000	04.08.2000	02.11.2000	12.12.2000	29.01.2001
460	07.06.2000	05.07.2000	07.08.2000	03.11.2000	11.12.2000	08.02.2001
<i>Lolio-Cynosureten</i>						
320	05.06.2000	03.07.2000	04.08.2000	01.11.2000	13.12.2000	30.01.2001
390	05.06.2000	03.07.2000	04.08.2000	01.11.2000	13.12.2000	30.01.2001
420	07.06.2000	05.07.2000	07.08.2000	03.11.2000	11.12.2000	08.02.2001

Anhangtab. 14: Erntetermine 2001/2002, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Stand- ort m ü. NN	Erntetermine im Sommer (= Vornutzung)		Düngung	Erntetermin im Winter		
<i>Festuco-Cynosureten</i>						
370	11.06.2001	02.07.2001	07.08.2001	05.11.2001	13.12.2001	30.01.2002
415	11.06.2001	03.07.2001	07.08.2001	05.11.2001	12.12.2001	29.01.2002
460	08.06.2001	04.07.2001	08.08.2001	06.11.2001	11.12.2001	29.01.2002
<i>Lolio-Cynosureten</i>						
320	05.06.2001	02.07.2001	07.08.2001	05.11.2001	13.12.2001	30.01.2002
390	05.06.2001	02.07.2001	07.08.2001	07.11.2001	11.12.2001	30.01.2002
420	08.06.2001	04.07.2001	08.08.2001	06.11.2001	11.12.2001	29.01.2002

Anhangtab. 15: Bodenprofilbeschreibung Versuchsstation Linden-Forst (HARRACH 1987), Versuche *Hauptbestandsbildner* und *N-Düngung*

A _p	0-25 cm	mittel humoser, sandig schluffiger Lehm, schwach kiesig (h 3 suL, g 2; Krümel- bis Subpolyedergefüge)
II S _{ew}	-33 cm	sandiger Lehm, stark kiesig (sL, g 4); Nassbleichung und viele Mn-Konkretionen; Prismen-Subpolyedergefüge
II S _d	-73 cm	lehmiger Sand bis schluffiger Lehm, mittel kiesig (IS-uL, g 3), sehr inhomogener Horizont mit Geröll, Rostflecken, Fe- und Mn-Konkretionen; teils Kohärentgefüge, teils Prismen- bis Polyedergefüge mit hoher bis sehr hoher Packungsdichte
III f B _j S _d	-110 cm	rosaroter Ton (T) mit Prismengefüge, die Aggregatoberflächen nassgebleicht und teils mit Carbonatausscheidungen belegt; sehr hohe Packungsdichte

Anhangtab. 16: Bodenchemische Kennwerte Versuchsstation Linden-Forst, Versuche *Hauptbestandsbildner* und *N-Düngung*

Jahr	1997	2000	
pH	6,2	5,9	in 0,01 M CaCl ₂
P ₂ O ₅	21	11	mg 100g Boden ⁻¹
K ₂ O	16	9	mg 100g Boden ⁻¹

Anhangtab. 17: Anzahl der Tage mit geschlossener Schneedecke auf der Versuchsstation **Linden-Forst**

	Schneedecke > 1cm [d]				
Winter	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	$\bar{x}$
November	2	2	-	-	1
Dezember	8	3	6	11	7
Januar	2	-	5	18	6
Februar	4	1	4	1	3
Σ_{Jahr}	16	6	15	30	17

Anhangtab. 18: Erntetermine im Winter, Versuch *Hauptbestandsbildner* und *N-Düngung*

Jahr	Dezember	Januar	Februar
1998/1999	14.12.	12.01.	15.02.
1999/2000	29.11.	11.01.	21.02.
2000/2001	04.12.	15.01.	16.02.
2001/2002	03.12.	15.01.	15.02.

Anhangtab. 19: Erntetermine der Vornutzungen im Sommer, Versuchsstation Linden-Forst, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Jahr	Vornutzung Juni	Vornutzung Juli
1998	03.06.	07.07.
1999	31.05.	14.07.
2000	30.05.	11.07.
2001	29.05.	18.07.
2002	06.06.	11.07.

Anhangtab. 20: Varianztabelle für die P-Konzentrationen, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	415	2	0,0010	0,0010 **	< 0,0001
	460	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	390	2	0,0010	0,0020	0,0010
	420	2	0,0370 **	0,0440 **	0,0430 **
Block	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	415	2	0,0010	< 0,0001	0,0020 **
	460	2	0,0010 *	< 0,0001	< 0,0001
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	0,0010 *
	390	2	0,0010	< 0,0001	0,0020
	420	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Vornutzung		1	0,0011	0,0013	0,0068 **
Erntetermin		2	0,0206 **	0,0062 **	0,1194 **
Standort		5	0,0601 **	0,0340 **	0,0475 **
V x E		2	0,0005	0,0003	< 0,0001
V x S		5	0,0003	< 0,0001	0,0003
E x S		10	0,0011	0,0005	0,0036 **
V x E x S		10	0,0003	0,0002	0,0003
Fehler		48	0,0006	0,0003	0,0003
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Jun	Juli	Jun	Juli	Jun	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,25	0,28	0,24	0,27	0,21	0,20	0,24
	415	0,33	0,34	0,31	0,31	0,27	0,25	0,30
	460	0,18	0,18	0,16	0,17	0,15	0,14	0,16
	$\bar{x}$ F.-C.	0,25	0,27	0,24	0,25	0,21	0,20	0,24
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,29	0,30	0,27	0,29	0,28	0,28	0,29
	390	0,33	0,33	0,32	0,33	0,28	0,30	0,32
	420	0,35	0,41	0,32	0,34	0,28	0,34	0,34
	$\bar{x}$ L.-C.	0,32	0,35	0,30	0,32	0,28	0,31	0,31
	$\bar{x}$ Termin	0,29	0,31	0,27	0,28	0,25	0,25	0,27
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,039								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,23	0,24	0,23	0,24	0,21	0,22	0,23
	415	0,25	0,25	0,28	0,30	0,27	0,26	0,27
	460	0,13	0,13	0,17	0,17	0,15	0,16	0,15
	$\bar{x}$ F.-C.	0,20	0,21	0,23	0,24	0,21	0,21	0,22
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,24	0,25	0,27	0,27	0,23	0,24	0,25
	390	0,23	0,23	0,23	0,26	0,24	0,24	0,24
	420	0,25	0,26	0,27	0,29	0,27	0,27	0,27
	$\bar{x}$ L.-C.	0,24	0,24	0,26	0,27	0,25	0,25	0,25
	$\bar{x}$ Termin	0,22	0,23	0,24	0,26	0,23	0,23	0,23
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,030								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,27	0,31	0,15	0,17	0,20	0,20	0,22
	415	0,31	0,33	0,18	0,19	0,22	0,22	0,24
	460	0,14	0,15	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12
	$\bar{x}$ F.-C.	0,24	0,26	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,32	0,36	0,17	0,19	0,23	0,24	0,25
	390	0,30	0,33	0,18	0,20	0,22	0,26	0,25
	420	0,32	0,30	0,22	0,25	0,20	0,22	0,25
	$\bar{x}$ L.-C.	0,31	0,33	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25
$\bar{x}$ Termin		0,28	0,29	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,031								

Anhangtab. 24: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,0210	0,0060	0,0010
	415	2	0,0150	0,0070	0,0100
	460	2	0,0030	0,0040	0,0030
	320	2	0,0010	0,0060	0,0020
	390	2	0,0730	0,0520	0,0050
	420	2	0,0530 **	0,0950	0,1670 **
Block	370	2	0,0640 *	0,0110	0,0340
	415	2	0,0070	0,0050	0,0140
	460	2	0,0100	0,0070	0,0030
	320	2	0,1370 *	0,0390	0,0570
	390	2	0,2460 **	0,0720	0,1600
	420	2	0,0130 *	0,0170	0,0080
Vornutzung		1	0,3369 **	0,0752	0,6048 **
Erntetermin		2	6,6139 **	7,7868 **	5,9663 **
Standort		5	2,9447 **	2,0698 **	4,4527 **
V x E		2	0,0295	0,0091	0,0401
V x S		5	0,0477 *	0,0385	0,0308
E x S		10	0,1766 **	0,2943 **	0,4201 **
V x E x S		10	0,0182	0,0257	0,0230
Fehler		48	0,0155	0,0195	0,0294
Gesamt		107			

Anhangtab. 25: K-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,61	1,84	0,93	1,19	0,58	0,74	1,15
	415	2,09	2,18	1,70	1,78	1,20	1,04	1,67
	460	0,93	0,76	0,53	0,60	0,53	0,46	0,63
	$\bar{x}$ F.-C.	1,54	1,59	1,05	1,19	0,77	0,75	1,15
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,06	2,14	1,48	1,63	1,13	1,47	1,65
	390	2,07	2,31	1,34	1,62	0,96	1,07	1,56
	420	1,38	1,35	1,09	1,32	0,67	0,80	1,10
	$\bar{x}$ L.-C.	1,84	1,94	1,31	1,52	0,92	1,11	1,44
$\bar{x}$ Termin		1,69	1,76	1,18	1,36	0,84	0,93	1,29

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,205**Anhangtab. 26: K-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2000/2001**

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	2,14	1,92	1,09	1,31	0,50	0,68	1,27
	415	1,66	1,83	1,30	1,50	0,97	0,96	1,37
	460	0,87	0,86	0,55	0,60	0,51	0,53	0,65
	$\bar{x}$ F.-C.	1,55	1,54	0,98	1,14	0,66	0,72	1,10
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,11	2,21	1,62	1,46	0,88	0,88	1,53
	390	2,02	1,93	1,48	1,45	0,83	0,78	1,41
	420	1,07	1,23	0,86	1,07	0,46	0,69	0,90
	$\bar{x}$ L.-C.	1,73	1,79	1,32	1,32	0,73	0,78	1,28
$\bar{x}$ Termin		1,64	1,66	1,15	1,23	0,69	0,75	1,19

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,229**Anhangtab. 27: K-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2001/2002**

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	2,12	2,04	1,26	1,39	0,79	0,86	1,41
	415	2,09	2,13	1,57	1,68	0,76	1,13	1,56
	460	0,60	0,67	0,47	0,57	0,53	0,60	0,57
	$\bar{x}$ F.-C.	1,60	1,61	1,10	1,21	0,69	0,87	1,18
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,49	2,56	1,79	1,90	1,31	1,46	1,92
	390	1,91	2,03	1,50	2,00	0,98	1,22	1,61
	420	1,13	1,01	0,90	1,15	0,74	0,86	0,96
	$\bar{x}$ L.-C.	1,84	1,87	1,40	1,69	1,01	1,18	1,50
$\bar{x}$ Termin		1,72	1,74	1,25	1,45	0,85	1,02	1,34

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,281

Anhangtab. 28: Varianztabelle für die **Na-Konzentrationen**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	415	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	460	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	390	2	0,0010	< 0,0001	< 0,0001
	420	2	0,0010	0,0010	0,0050 **
Block	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	415	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	460	2	< 0,0001	0,0010 **	< 0,0001
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	390	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	420	2	0,0010	0,0020 *	< 0,0001
Vornutzung		1	0,0036 **	0,0018 **	0,0022 **
Erntetermin		2	0,0005 *	0,0105 **	0,0038 **
Standort		5	0,0391 **	0,0434 **	0,0301 **
V x E		2	0,0006 *	0,0001	0,0004
V x S		5	0,0017 **	0,0009 **	0,0010 **
E x S		10	0,0016 **	0,0064 **	0,0016 **
V x E x S		10	0,0002	0,0002 *	0,0004 **
Fehler		48	0,0002	0,0001	0,0001
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
	415	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02
	460	0,08	0,11	0,08	0,10	0,07	0,06	0,08
	$\bar{x}$ F.-C.	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
	390	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	420	0,15	0,17	0,09	0,17	0,07	0,12	0,13
	$\bar{x}$ L.-C.	0,06	0,07	0,04	0,07	0,04	0,06	0,06
	$\bar{x}$ Termin	0,05	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,020								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	0,01
	415	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	0,01
	460	0,10	0,13	0,07	0,08	0,04	0,05	0,08
	$\bar{x}$ F.-C.	0,04	0,05	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
	390	0,01	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	0,02
	420	0,20	0,21	0,09	0,15	0,04	0,07	0,13
	$\bar{x}$ L.-C.	0,08	0,08	0,05	0,07	0,03	0,03	0,06
	$\bar{x}$ Termin	0,06	0,07	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,016								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,02	0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	0,01
	415	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02
	460	0,09	0,12	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06
	$\bar{x}$ F.-C.	0,04	0,05	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
	390	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
	420	0,13	0,14	0,10	0,14	0,06	0,12	0,12
	$\bar{x}$ L.-C.	0,06	0,06	0,04	0,06	0,03	0,06	0,05
	$\bar{x}$ Termin	0,05	0,06	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,017								

Anhangtab. 32: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	415	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	460	2	0,0010	0,0010	< 0,0001 *
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	0,0010
	390	2	0,0010	< 0,0001	< 0,0001
	420	2	0,0010	< 0,0001	0,0020 *
Block	370	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001 *
	415	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	460	2	< 0,0001	< 0,0001	0,0010 **
	320	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	390	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	420	2	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Vornutzung		1	0,0045 **	0,0021 **	0,0022 **
Erntetermin		2	0,0477 **	0,0085 **	0,0392 **
Standort		5	0,0099 **	0,0085 **	0,0095 **
V x E		2	0,0015 *	0,0003	0,0005 *
V x S		5	0,0006	0,0009 **	0,0005 **
E x S		10	0,0010 **	0,0020 **	0,0041 **
V x E x S		10	0,0006	0,0003	0,0005 **
Fehler		48	0,0004	0,0002	0,0001
Gesamt		107			

Anhangtab. 33: Mg-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,17	0,20	0,15	0,18	0,13	0,12	0,16
	415	0,24	0,28	0,21	0,22	0,18	0,18	0,22
	460	0,24	0,29	0,21	0,26	0,17	0,15	0,22
	$\bar{x}$ F.-C.	0,22	0,25	0,19	0,22	0,16	0,15	0,20
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,22	0,23	0,17	0,18	0,16	0,15	0,18
	390	0,24	0,21	0,18	0,19	0,16	0,16	0,19
	420	0,22	0,25	0,16	0,18	0,15	0,19	0,19
	$\bar{x}$ L.-C.	0,22	0,23	0,17	0,18	0,16	0,17	0,19
	$\bar{x}$ Termin	0,22	0,24	0,18	0,20	0,16	0,16	0,19

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,031**Anhangtab. 34: Mg-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2000/2001**

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,15	0,17	0,15	0,16	0,13	0,12	0,15
	415	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17
	460	0,21	0,26	0,19	0,21	0,16	0,17	0,20
	$\bar{x}$ F.-C.	0,18	0,21	0,17	0,18	0,15	0,15	0,17
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	390	0,16	0,14	0,17	0,19	0,17	0,17	0,16
	420	0,22	0,24	0,19	0,21	0,16	0,17	0,20
	$\bar{x}$ L.-C.	0,18	0,19	0,17	0,19	0,16	0,17	0,18
	$\bar{x}$ Termin	0,18	0,20	0,17	0,18	0,16	0,16	0,17

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,024**Anhangtab. 35: Mg-Konzentrationen (in %) im Winter 2001/2002**

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,15	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
	415	0,21	0,22	0,17	0,17	0,14	0,15	0,18
	460	0,21	0,23	0,16	0,17	0,11	0,13	0,17
	$\bar{x}$ F.-C.	0,19	0,20	0,15	0,16	0,13	0,14	0,16
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,20	0,26	0,17	0,17	0,17	0,16	0,19
	390	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	420	0,25	0,29	0,19	0,20	0,13	0,14	0,20
	$\bar{x}$ L.-C.	0,21	0,24	0,18	0,18	0,15	0,16	0,19
$\bar{x}$ Termin		0,20	0,22	0,16	0,17	0,14	0,15	0,17

GD_(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,019

Anhangtab. 36 : Varianztabelle für die **Ca-Konzentrationen**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,0270 **	0,0040	0,0010
	415	2	0,0020	0,0010	0,0010
	460	2	< 0,0001	0,0050	0,0010
	320	2	< 0,0001	0,0030	0,0010
	390	2	0,0290 **	0,0000	< 0,0001
	420	2	0,0040	0,0310 **	0,0250 *
Block	370	2	0,0060	0,0020	0,0030
	415	2	0,0020	0,0010	< 0,0001
	460	2	0,0010	0,0030	0,0050 *
	320	2	0,0120	0,0040	0,0010
	390	2	0,0080	0,0080	0,0060
	420	2	0,0010	0,0070	0,0030
Vornutzung		1	< 0,0001	0,0001	0,0008
Erntetermin		2	0,2050 **	0,0512 **	0,3079 **
Standort		5	0,0517 **	0,1214 **	0,1878 **
V x E		2	0,0353 **	0,0002	0,0026
V x S		5	0,0051	0,0031	0,0028
E x S		10	0,0149 **	0,0146 **	0,0277 **
V x E x S		10	0,0057 *	0,0016	0,0049 *
Fehler		48	0,0024	0,0026	0,0019
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,58	0,67	0,52	0,58	0,57	0,48	0,57
	415	0,45	0,52	0,42	0,46	0,42	0,38	0,44
	460	0,60	0,60	0,61	0,63	0,54	0,34	0,55
	$\bar{x}$ F.-C.	0,54	0,60	0,52	0,55	0,51	0,40	0,52
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,62	0,73	0,48	0,46	0,52	0,39	0,53
	390	0,57	0,56	0,45	0,49	0,49	0,44	0,50
	420	0,68	0,70	0,61	0,61	0,44	0,50	0,59
	$\bar{x}$ L.-C.	0,62	0,66	0,51	0,52	0,48	0,44	0,54
	$\bar{x}$ Termin	0,58	0,63	0,52	0,54	0,50	0,42	0,53
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,081								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,54	0,61	0,46	0,51	0,50	0,47	0,52
	415	0,47	0,47	0,41	0,43	0,39	0,40	0,43
	460	0,58	0,57	0,55	0,53	0,47	0,46	0,53
	$\bar{x}$ F.-C.	0,53	0,55	0,47	0,49	0,45	0,44	0,49
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,55	0,55	0,47	0,47	0,49	0,48	0,50
	390	0,44	0,37	0,44	0,39	0,49	0,48	0,43
	420	0,71	0,74	0,70	0,69	0,51	0,57	0,65
	$\bar{x}$ L.-C.	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,51	0,53
	$\bar{x}$ Termin	0,55	0,55	0,50	0,50	0,48	0,48	0,51
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,084								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	0,49	0,43	0,36	0,38	0,40	0,35	0,40
	415	0,41	0,39	0,33	0,33	0,25	0,30	0,33
	460	0,50	0,48	0,39	0,42	0,33	0,32	0,41
	$\bar{x}$ F.-C.	0,46	0,43	0,36	0,38	0,33	0,32	0,38
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	0,52	0,68	0,52	0,48	0,36	0,34	0,48
	390	0,46	0,44	0,40	0,38	0,40	0,36	0,40
	420	0,82	0,86	0,66	0,61	0,44	0,39	0,63
	$\bar{x}$ L.-C.	0,60	0,66	0,52	0,49	0,40	0,36	0,50
	$\bar{x}$ Termin	0,53	0,54	0,44	0,43	0,36	0,34	0,44
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,071								

Anhangtab. 40: Varianztabelle für die **K/(Ca+Mg)-Quotienten**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,080 *	0,016	0,022
	415	2	0,011	0,068	0,033
	460	2	0,009	0,031	0,037 *
	320	2	0,017	0,046	0,038
	390	2	0,707 **	0,086	0,006
	420	2	0,113 *	0,101	0,128
Block	370	2	0,238 **	0,053	0,318
	415	2	0,054	0,046	0,071
	460	2	0,011	0,008	0,001
	320	2	0,825 *	0,228	0,393
	390	2	0,963 **	0,609 *	0,941 *
	420	2	0,049	0,034	0,022
Vornutzung		1	0,382 *	0,117	2,079 **
Erntetermin		2	3,947 **	13,529 **	3,926 **
Standort		5	7,833 **	8,257 **	14,397 **
V x E		2	0,277 *	0,012	0,284
V x S		5	0,158 *	0,044	0,208
E x S		10	0,513 **	1,109 **	1,469 **
V x E x S		10	0,073	0,141	0,127
Fehler		48	0,062	0,079	0,142
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	2,17	2,12	1,38	1,58	0,85	1,27	1,56
	415	3,08	2,75	2,73	2,66	1,98	1,90	2,52
	460	1,10	0,85	0,64	0,68	0,75	0,95	0,83
	$\bar{x}$ F.-C.	2,12	1,91	1,58	1,64	1,19	1,37	1,64
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,46	2,28	2,26	2,52	1,70	2,79	2,34
	390	2,70	3,08	2,11	2,39	1,47	1,76	2,25
	420	1,55	1,44	1,42	1,67	1,14	1,18	1,40
	$\bar{x}$ L.-C.	2,24	2,27	1,93	2,20	1,44	1,91	2,00
	$\bar{x}$ Termin	2,18	2,09	1,76	1,92	1,32	1,64	1,82
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort= 0,409								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	3,17	2,47	1,81	1,99	0,80	1,16	1,90
	415	2,54	2,79	2,27	2,56	1,77	1,73	2,28
	460	1,11	1,05	0,74	0,82	0,81	0,83	0,89
	$\bar{x}$ F.-C.	2,27	2,10	1,61	1,79	1,13	1,24	1,69
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	2,90	3,04	2,60	2,33	1,36	1,43	2,28
	390	3,40	3,82	2,45	2,52	1,30	1,21	2,45
	420	1,17	1,25	0,98	1,16	0,71	0,93	1,03
	$\bar{x}$ L.-C.	2,49	2,71	2,01	2,00	1,12	1,19	1,92
	$\bar{x}$ Termin	2,38	2,40	1,81	1,90	1,13	1,21	1,81
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort= 0,460								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	3,34	3,68	2,62	2,76	1,52	1,83	2,62
	415	3,34	3,52	3,15	3,36	1,91	2,52	2,97
	460	0,85	0,94	0,86	0,97	1,19	1,33	1,02
	$\bar{x}$ F.-C.	2,51	2,71	2,21	2,36	1,54	1,90	2,20
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	3,46	2,74	2,60	2,94	2,59	2,95	2,88
	390	3,06	3,35	2,67	3,70	1,72	2,32	2,80
	420	1,06	0,89	1,05	1,44	1,29	1,62	1,23
	$\bar{x}$ L.-C.	2,53	2,33	2,11	2,69	1,87	2,30	2,30
	$\bar{x}$ Termin	2,52	2,52	2,16	2,53	1,70	2,10	2,25
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort= 0,617								

Anhangtab. 44: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,327 *	0,044	0,004
	415	2	0,016	0,035	0,031
	460	2	0,064	0,453	0,217
	320	2	0,004	0,134	0,040
	390	2	0,169	0,107 *	0,043
	420	2	2,546 **	3,246 **	4,958 **
Block	370	2	0,097	0,079	0,050
	415	2	0,072	0,001	0,083 *
	460	2	0,138	0,710	0,841 **
	320	2	0,302	0,116	0,246
	390	2	0,121	0,167 **	0,250 *
	420	2	0,008	0,293	0,115
Vornutzung		1	0,105	0,030	0,937 **
Erntetermin		2	0,394 *	3,039 **	5,414 **
Standort		5	8,641 **	8,756 **	9,598 **
V x E		2	0,513 **	0,027	0,177
V x S		5	0,237 *	0,114	0,060
E x S		10	0,424 **	0,592 **	0,315 **
V x E x S		10	0,168	0,071	0,208 *
Fehler		48	0,092	0,111	0,092
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	2,29	2,36	2,17	2,17	2,74	2,32	2,34
	415	1,36	1,51	1,34	1,50	1,58	1,56	1,47
	460	3,34	3,35	3,84	3,78	3,60	2,34	3,38
	$\bar{x}$ F.-C.	2,33	2,41	2,45	2,49	2,64	2,07	2,40
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,12	2,42	1,79	1,63	1,88	1,36	1,87
	390	1,74	1,71	1,43	1,46	1,74	1,48	1,59
	420	1,95	1,73	1,89	1,78	1,56	1,45	1,73
	$\bar{x}$ L.-C.	1,94	1,95	1,70	1,62	1,73	1,43	1,73
	$\bar{x}$ Termin	2,13	2,18	2,07	2,05	2,18	1,75	2,06
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,499								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	2,29	2,62	2,02	2,09	2,43	2,09	2,26
	415	1,89	1,89	1,46	1,44	1,47	1,56	1,62
	460	4,59	4,31	3,25	3,15	3,15	2,94	3,57
	$\bar{x}$ F.-C.	2,92	2,94	2,25	2,22	2,35	2,20	2,48
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,34	2,25	1,75	1,72	2,15	2,02	2,04
	390	1,88	1,64	1,91	1,58	2,03	2,03	1,84
	420	2,89	3,27	2,62	2,49	1,95	2,39	2,60
	$\bar{x}$ L.-C.	2,37	2,39	2,09	1,93	2,04	2,15	2,16
	$\bar{x}$ Termin	2,65	2,66	2,17	2,08	2,20	2,17	2,32
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,546								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,83	1,41	2,43	2,27	2,00	1,69	1,94
	415	1,32	1,20	1,82	1,75	1,16	1,37	1,44
	460	3,52	3,25	3,82	3,90	3,29	2,78	3,43
	$\bar{x}$ F.-C.	2,22	1,95	2,69	2,64	2,15	1,95	2,27
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	1,61	1,91	3,09	2,57	1,60	1,43	2,04
	390	1,57	1,34	2,17	1,94	1,84	1,39	1,71
	420	2,58	3,15	3,42	2,58	2,33	2,09	2,69
	$\bar{x}$ L.-C.	1,92	2,13	2,89	2,37	1,92	1,64	2,15
	$\bar{x}$ Termin	2,07	2,04	2,79	2,50	2,04	1,79	2,21
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 0,499								

Anhangtab. 48: Varianztabelle für die **TS-Erträge**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	4,800 *	33,528 *	0,971
	415	2	1,145	28,149	4,535
	460	2	16,45	11,757	8,551
	320	2	8,459	22,328	5,647 *
	390	2	0,981	101,724	8,011
	420	2	7,692	80,649	36,278 **
Block	370	2	1,394	26,434 *	5,366
	415	2	3,649	60,345	11,452 *
	460	2	43,218	13,425	6,035
	320	2	3,501	8,343	2,106
	390	2	20,137 **	23,311	0,803
	420	2	67,867 **	63,147	9,051 **
Vornutzung		1	303,607 **	226,914 **	305,693 **
Erntetermin		2	770,327 **	2280,747 **	1599,096 **
Standort		5	221,304 **	236,083 **	103,110 **
V x E		2	28,768 **	32,421	24,830 **
V x S		5	5,416	38,851	3,037
E x S		10	24,111 **	75,53 **	48,823 **
V x E x S		10	3,562	4,553	3,982
Fehler		48	4,456	18,675	2,719
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Jun	Juli	Jun	Juli	Jun	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	13,7	7,8	4,8	3,2	5,4	2,6	6,3
	415	13,4	3,6	8,6	3,8	4,6	3,2	6,2
	460	22,3	19,9	14,4	12,4	12,9	9,7	15,3
	x <i>F.-C.</i>	16,5	10,4	9,3	6,5	7,6	5,2	9,2
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	20,1	14,6	12,8	9,5	8,4	6,6	12,0
	390	17,3	13,7	11,4	9,8	7,3	6,1	10,9
	420	20,8	15,7	12,4	10,2	4,1	2,0	10,9
	x <i>L.-C.</i>	19,4	14,6	12,2	9,8	6,6	4,9	11,3
	x Termin	17,9	12,5	10,7	8,2	7,1	5,0	10,3
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 3,46								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	30,4	25,8	20,9	18,9	3,3	2,7	17,0
	415	21,1	24,0	20,7	20,4	15,3	19,1	20,1
	460	29,4	25,1	23,6	18,2	13,6	10,2	20,0
	$\bar{x}$ F.-C.	27,0	25,0	21,7	19,2	10,7	10,6	19,0
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	23,3	18,5	20,9	14,3	3,7	3,0	13,9
	390	32,8	30,2	24,6	22,2	18,8	17,1	24,3
	420	26,4	20,1	24,7	13,8	7,7	5,2	16,3
	$\bar{x}$ L.-C.	27,5	22,9	23,4	16,8	10,0	8,4	18,2
	$\bar{x}$ Termin	27,2	24,0	22,6	18,0	10,4	9,5	18,6
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 7,09								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	15,6	11,1	11,9	10,6	6,9	5,7	10,3
	415	14,4	8,4	10,7	7,8	4,2	3,5	8,2
	460	27,0	24,3	17,0	10,4	4,1	3,4	14,4
	x <i>F.-C.</i>	19,0	14,6	13,2	9,6	5,1	4,2	10,9
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	21,5	15,9	14,1	9,2	5,9	2,6	11,6
	390	22,1	17,7	18,1	12,8	8,1	5,9	14,1
	420	20,9	15,2	11,9	10,5	2,8	1,8	10,5
	x <i>L.-C.</i>	21,5	16,3	14,7	10,8	5,6	3,4	12,1
	x Termin	20,3	15,5	14,0	10,2	5,3	3,8	11,5
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 2,71								

Anhangtab. 52: Varianztabelle für die **Rohprotein-Konzentrationen**, Versuch ***Pflanzen-**gesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,077	0,116	0,639
	415	2	0,935	4,423 *	0,009
	460	2	1,324 *	0,210	0,528
	320	2	0,336	0,006	0,595
	390	2	0,076	10,588	0,374
	420	2	11,221 **	25,323 **	22,737 **
Block	370	2	0,162	0,508 *	2,364
	415	2	1,767	1,870	0,758
	460	2	4,522 **	2,196 *	1,183
	320	2	1,718	2,184	1,250 *
	390	2	2,561	1,135	2,676
	420	2	5,160 *	0,652	1,146
Vornutzung		1	21,333 **	10,839 **	43,063 **
Erntetermin		2	12,510 **	1,813	9,318 **
Standort		5	114,281 **	65,041 **	47,140 **
V x E		2	1,915	1,629	1,544
V x S		5	0,733	1,016	0,426
E x S		10	4,345 **	1,913 *	3,577 **
V x E x S		10	0,571	0,976	0,541
Fehler		48	0,792	0,914	0,848
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	12,3	14,1	13,8	15,5	11,8	12,9	13,4
	415	19,7	21,1	18,4	19,3	17,7	16,6	18,8
	460	12,4	13,0	11,6	12,2	10,3	11,1	11,8
	$\bar{x}$ F.-C.	14,8	16,1	14,6	15,7	13,3	13,5	14,7
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	13,7	14,3	13,7	15,1	14,7	15,0	14,4
	390	16,0	16,8	17,2	17,9	16,0	17,0	16,8
	420	15,4	16,6	15,1	17,3	15,4	15,7	15,9
	$\bar{x}$ L.-C.	15,0	15,9	15,3	16,8	15,4	15,9	15,7
	$\bar{x}$ Termin	14,9	16,0	15,0	16,2	14,3	14,7	15,2
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 1,46								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	11,8	12,9	11,9	12,4	10,6	11,9	11,9
	415	14,1	15,7	15,7	15,9	16,3	14,8	15,4
	460	12,3	13,7	12,0	12,1	11,5	12,3	12,3
	$\bar{x}$ F.-C.	12,8	14,1	13,2	13,5	12,8	13,0	13,2
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	11,7	13,3	12,0	12,9	12,4	12,7	12,5
	390	11,7	11,3	11,8	12,2	12,3	12,3	11,9
	420	16,5	17,5	15,2	17,3	15,2	15,3	16,2
	$\bar{x}$ L.-C.	13,3	14,0	13,0	14,1	13,3	13,4	13,5
	$\bar{x}$ Termin	13,0	14,1	13,1	13,8	13,0	13,2	13,4
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 1,57								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	12,8	14,7	12,8	13,2	14,8	14,8	13,9
	415	17,8	19,7	16,3	17,4	16,5	17,2	17,5
	460	13,7	14,4	12,5	13,7	12,5	13,7	13,4
	$\bar{x}$ F.-C.	14,8	16,3	13,9	14,8	14,6	15,2	14,9
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	14,6	16,0	13,1	14,9	14,0	15,1	14,6
	390	14,0	16,0	14,5	15,2	15,1	17,0	15,3
	420	16,6	19,2	16,2	17,5	15,2	16,1	16,8
	$\bar{x}$ L.-C.	15,1	17,1	14,6	15,9	14,8	16,1	15,6
	$\bar{x}$ Termin	14,9	16,7	14,2	15,3	14,7	15,7	15,2
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 1,51								

Anhangtab. 56: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	0,748	6,491	5,496
	415	2	0,490	7,718	7,706 *
	460	2	34,655 *	7,025	7,985
	320	2	0,748	42,479	0,161
	390	2	7,042	5,811	2,945
	420	2	13,514	31,734	37,039 *
Block	370	2	13,071	6,158	6,924
	415	2	1,403	0,966	0,885
	460	2	4,194	2,879	0,593
	320	2	6,055	1,745	1,943
	390	2	24,031	2,741	17,418
	420	2	10,747	5,721	1,762
Vornutzung		1	159,879 **	35,099	501,411 **
Erntetermin		2	1178,005 **	4,344	999,004 **
Standort		5	239,332 **	607,703 **	351,225 **
V x E		2	13,112	1,623	0,140
V x S		5	5,134	14,704	7,962
E x S		10	12,460	60,73 **	13,350 *
V x E x S		10	5,942	6,403	6,591
Fehler		48	6,353	8,960	5,451
Gesamt		107			

Anhangtab. 60: Varianztabelle für die **Ergosterol-Konzentrationen**, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianz- ursache	Standort m ü. NN	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Säule	370	2	217,381	802,667	322,117
	415	2	184,996	1429,556	1972,180 *
	460	2	4,167	908,592	185,243
	320	2	52,331	441,500	354,744
	390	2	229,332	679,793 *	1703,748
	420	2	4893,056 **	20473,556 **	3679,568
Block	370	2	985,534 *	1387,500	432,525
	415	2	13,739	376,056	474,129
	460	2	123,500	892,260	1603,846
	320	2	102,789	141,167	437,891
	390	2	2258,078 *	206,513	3146,973 *
	420	2	396,722 *	86,222	1129,700
Vornutzung		1	11636,117 **	9367,601 **	50617,966 **
Erntetermin		2	42327,618 **	259376,994 **	422999,116 **
Standort		5	26699,200 **	33377,550 **	47358,549 **
V x E		2	83,098	541,862	3110,754
V x S		5	194,737	1645,572	1221,361
E x S		10	3523,432 **	9078,577 **	2849,414 **
V x E x S		10	61,664	951,852	568,014
Fehler		48	220,335	873,851	1024,427
Gesamt		107			

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	70	48	123	108	146	120	102
	415	51	27	58	42	85	67	55
	460	45	26	64	38	85	69	55
	$\bar{x}$ F.-C.	55	34	82	63	105	85	71
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	88	65	146	120	157	136	119
	390	79	77	157	138	237	229	153
	420	105	84	138	96	141	113	113
	$\bar{x}$ L.-C.	91	75	147	118	179	159	128
	$\bar{x}$ Termin	73	55	115	90	142	122	100
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 24,4								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	120	108	282	221	301	282	219
	415	166	162	174	167	255	239	194
	460	141	113	195	160	226	238	179
	$\bar{x}$ F.-C.	142	128	217	183	260	253	197
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	135	151	220	235	347	341	238
	390	162	131	285	290	437	414	287
	420	196	194	295	226	404	332	274
	$\bar{x}$ L.-C.	164	159	266	250	396	362	266
	$\bar{x}$ Termin	153	143	242	216	328	308	232
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 48,5								

Erntetermin		November		Dezember		Januar		$\bar{x}$ Standort
Vornutzung		Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	
Assoziation	m ü. NN							
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	195	144	208	156	408	374	248
	415	119	77	181	130	335	297	190
	460	190	175	281	255	361	363	271
	$\bar{x}$ F.-C.	168	132	223	181	368	345	236
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	179	127	240	154	391	342	239
	390	279	204	362	289	457	472	344
	420	220	145	300	249	408	379	284
	$\bar{x}$ L.-C.	226	158	301	231	419	398	289
	$\bar{x}$ Termin	197	145	262	206	393	371	262
GD _(5%) Vornutzung/Erntetermin/Standort = 52,5								

Anhangtab. 64: Varianztabelle für die **P-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten*** im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0009	0,0001	0,0010
Standort	2	0,0048 **	0,0066 **	0,0223 **
Wachstumsperiode	1	0,0014	0,0115 **	0,0318 **
S x W	2	0,0019	0,0030 *	0,0047
Fehler	10	0,0005	0,0005	0,0014
Gesamt	18			

Anhangtab. 65: Varianztabelle für die **P-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten*** im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0082	0,0126	0,0049
Standort	2	0,0043	0,0224	0,0113
Wachstumsperiode	1	0,0208 *	0,0362 *	0,0544 **
S x W	2	0,0071	0,0167	0,0099
Fehler	10	0,0032	0,0056	0,0046
Gesamt	18			

Anhangtab. 66: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,25	0,26	0,25
	415	0,25	0,23	0,24
	460	0,17	0,23	0,20
	$\bar{x}$ Termin	0,22	0,24	0,23
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,042				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,21	0,29	0,25
	390	0,27	0,27	0,27
	420	0,28	0,45	0,36
	$\bar{x}$ Termin	0,25	0,33	0,29
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,103				

Anhangtab. 67: P-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im **Sommer 2000**

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,21	0,29	0,25
	415	0,23	0,23	0,23
	460	0,15	0,22	0,18
	$\bar{x}$ Termin	0,20	0,25	0,22
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,041				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,22	0,30	0,26
	390	0,23	0,22	0,23
	420	0,25	0,54	0,39
	$\bar{x}$ Termin	0,23	0,35	0,29
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,136				

Anhangtab. 68: P-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im **Sommer 2001**

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,24	0,39	0,31
	415	0,26	0,31	0,28
	460	0,17	0,22	0,19
	$\bar{x}$ Termin	0,22	0,31	0,26
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,067				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,24	0,42	0,33
	390	0,25	0,38	0,32
	420	0,39	0,49	0,44
	$\bar{x}$ Termin	0,29	0,43	0,36
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,124				

Anhangtab. 69: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten*** im **Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften***

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0112	0,0420	0,0114
Standort	2	0,7524 **	2,4710 **	2,9080 **
Wachstumsperiode	1	0,8700 **	0,0449	0,2683 *
S x W	2	0,0420	0,0998	0,1920 *
Fehler	10	0,0330	0,0789	0,0446
Gesamt	18			

Anhangtab. 70: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften***

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0002	0,0799	0,0760
Standort	2	1,5436 **	2,5951 **	0,5456 **
Wachstumsperiode	1	0,0244	0,0142	0,0353
S x W	2	0,0272	0,3948 *	3,3557 **
Fehler	10	0,0285	0,0753	0,0374
Gesamt	18			

Anhangtab. 71: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im **Sommer 1999**

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,93	1,47	1,70
	415	2,12	1,52	1,82
	460	1,29	1,03	1,16
	$\bar{x}$ Termin.	1,78	1,34	1,56
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,331				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,25	2,25	2,25
	390	2,44	2,43	2,44
	420	1,37	1,59	1,48
	$\bar{x}$ Termin	2,02	2,09	2,06
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,307				

Anhangtab. 72: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im **Sommer 2000**

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,96	2,34	2,15
	415	1,92	1,95	1,94
	460	1,00	0,89	0,95
	$\bar{x}$ Termin.	1,63	1,73	1,68
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,517				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,26	2,58	2,42
	390	2,45	2,08	2,26
	420	0,99	1,38	1,18
	$\bar{x}$ Termin.	1,90	2,01	1,96
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,500				

Anhangtab. 73: K-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,90	2,55	2,22
	415	1,99	2,09	2,04
	460	0,95	0,92	0,93
	$\bar{x}$ Termin	1,61	1,85	1,73
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,384				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,28	3,38	2,83
	390	2,58	2,98	2,78
	420	3,17	1,40	2,29
	$\bar{x}$ Termin	2,68	2,59	2,63
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,352				

Anhangtab. 74: Varianztabelle für die Na-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0019	0,0056	0,0006
Standort	2	0,0767 **	0,1240 **	0,0751 **
Wachstumsperiode	1	0,0135 *	0,0002	0,0010
S x W	2	0,0097	0,0033	0,0005
Fehler	10	0,0025	0,0029	0,0003
Gesamt	18			

Anhangtab. 75: Varianztabelle für die Na-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0012 *	0,0022	0,0018
Standort	2	0,0541 **	0,0423 **	0,0124 **
Wachstumsperiode	1	0,0022 **	0,0002	0,0165 **
S x W	2	0,0004	0,0002	0,0162 **
Fehler	10	0,0002	0,0007	0,0005
Gesamt	18			

Anhangtab. 76: Na-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,01	0,01	0,01
	415	<0,01	0,02	0,01
	460	0,13	0,21	0,17
	$\bar{x}$ Termin	0,05	0,08	0,06
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,091				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,01	0,04	0,02
	390	<0,01	0,01	0,01
	420	0,16	0,20	0,18
	$\bar{x}$ Termin	0,06	0,08	0,07
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,026				

Anhangtab. 77: Na-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,03	0,01	0,02
	415	0,03	0,01	0,02
	460	0,24	0,23	0,23
	$\bar{x}$ Termin	0,10	0,08	0,09
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,098				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,05	0,03	0,04
	390	0,04	0,02	0,03
	420	0,19	0,18	0,19
	$\bar{x}$ Termin	0,09	0,07	0,08
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,050				

Anhangtab. 78: Na-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (=alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,01	0,01	0,01
	415	0,01	0,01	0,01
	460	0,18	0,21	0,20
	$\bar{x}$ Termin	0,06	0,07	0,07
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,032				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,01	0,01	0,01
	390	0,02	0,01	0,02
	420	0,15	0,18	0,17
	$\bar{x}$ Termin	0,01	0,07	0,10
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,039				

Anhangtab. 79: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten*** im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0009	0,0015	0,0002
Standort	2	0,0207 **	0,0276 **	0,0154 **
Wachstumsperiode	1	0,0154 **	0,0075 *	0,0431 **
S x W	2	0,0039 **	0,0015	0,0009
Fehler	10	0,0004	0,0010	0,0011
Gesamt	18			

Anhangtab. 80: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten*** im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0023 *	0,0042	0,0023
Standort	2	0,0259 **	0,0421 **	0,0189 **
Wachstumsperiode	1	0,0593 **	0,0396 **	0,0587 **
S x W	2	0,0011	0,0031	0,0018
Fehler	10	0,0004	0,0016	0,0012
Gesamt	18			

Anhangtab. 81: **Mg-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999**

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,15	0,17	0,16
	415	0,19	0,23	0,21
	460	0,22	0,34	0,28
	$\bar{x}$ Termin	0,19	0,25	0,22
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,038				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,14	0,25	0,20
	390	0,12	0,20	0,16
	420	0,22	0,36	0,29
	$\bar{x}$ Termin	0,16	0,27	0,21
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,034				

Anhangtab. 82: Mg-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,16	0,19	0,18
	415	0,21	0,22	0,21
	460	0,27	0,34	0,31
	$\bar{x}$ Termin	0,21	0,25	0,23
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,057				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,18	0,25	0,22
	390	0,14	0,20	0,17
	420	0,26	0,40	0,33
	$\bar{x}$ Termin	0,19	0,29	0,24
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,073				

Anhangtab. 83: Mg-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,15	0,25	0,20
	415	0,19	0,26	0,23
	460	0,24	0,36	0,30
	$\bar{x}$ Termin	0,19	0,29	0,24
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,062				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,16	0,28	0,22
	390	0,15	0,22	0,18
	420	0,22	0,37	0,29
	$\bar{x}$ Termin	0,17	0,29	0,23
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,063				

Anhangtab. 84: Varianztabelle für die Ca-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0092	0,0098	0,0036
Standort	2	0,1905 **	0,3874 **	0,1046 **
Wachstumsperiode	1	0,1832 **	0,5894 **	0,1489 **
S x W	2	0,0490 *	0,0932 **	0,0102
Fehler	10	0,0067	0,0044	0,0123
Gesamt	18			

Anhangtab. 85: Varianztabelle für die **Ca-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten*** im Sommer, Versuch ***Pflanzengesellschaften***

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0537 **	0,0896	0,0821 *
Standort	2	0,5500 **	0,8580 **	0,4943 **
Wachstumsperiode	1	0,3723 **	0,5967 **	0,6014 **
S x W	2	0,0125	0,0291	0,1125 *
Fehler	10	0,0059	0,0350	0,0161
Gesamt	18			

Anhangtab. 86: Ca-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,43	0,50	0,46
	415	0,33	0,46	0,39
	460	0,53	0,93	0,73
	$\bar{x}$ Termin	0,43	0,63	0,53
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,149				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,44	0,73	0,59
	390	0,27	0,46	0,36
	420	0,78	1,15	0,96
	$\bar{x}$ Termin	0,49	0,78	0,64
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,140				

Anhangtab. 87: Ca-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,41	0,79	0,60
	415	0,32	0,40	0,36
	460	0,58	1,14	0,86
	$\bar{x}$ Termin	0,44	0,78	0,61
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,120				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,43	0,81	0,62
	390	0,30	0,36	0,33
	420	0,89	1,39	1,14
	$\bar{x}$ Termin	0,54	0,85	0,70
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,341				

Anhangtab. 88: Ca-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	0,45	0,72	0,59
	415	0,37	0,50	0,43
	460	0,63	0,76	0,70
	$\bar{x}$ Termin	0,48	0,66	0,57
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,202				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	0,44	0,66	0,55
	390	0,21	0,41	0,31
	420	0,42	1,48	0,95
	$\bar{x}$ Termin	0,36	0,85	0,60
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,231				

Anhangtab. 89: Varianztabelle für die K/(Ca+Mg)-Quotienten der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,1164	0,3244	0,0962
Standort	2	6,1841 **	11,7331 **	8,7340 **
Wachstumsperiode	1	7,6895 **	3,4301 **	1,4068 **
S x W	2	0,3859 *	0,4482	0,1169
Fehler	10	0,0863	0,1574	0,1025
Gesamt	18			

Anhangtab. 90: Varianztabelle für die K/(Ca+Mg)-Quotienten der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	1,3805	0,7749	2,6401 **
Standort	2	22,5579 **	20,3300 **	17,4866 **
Wachstumsperiode	1	12,2566 **	7,7582 **	19,2882 **
S x W	2	2,4957 *	2,3593 *	4,2555 **
Fehler	10	0,4893	0,5395	0,2870
Gesamt	18			

Anhangtab. 91: K/(Ca+Mg)-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	3,33	2,21	2,77
	415	4,14	2,26	3,20
	460	1,73	0,81	1,27
	$\bar{x}$ Termin	3,07	1,76	2,41
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,535				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	4,04	2,31	3,17
	390	6,55	3,66	5,10
	420	1,39	1,07	1,23
	$\bar{x}$ Termin	3,99	2,34	3,17
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,274				

Anhangtab. 92: K/(Ca+Mg)-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	3,43	2,41	2,92
	415	3,71	3,17	3,44
	460	1,18	0,60	0,89
	$\bar{x}$ Termin	2,77	2,06	2,42
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,722				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	3,69	2,42	3,06
	390	5,78	3,79	4,78
	420	0,88	0,78	0,83
	$\bar{x}$ Termin	3,45	2,33	2,89
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,337				

Anhangtab. 93: K/(Ca+Mg)-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	3,20	2,66	2,93
	415	3,61	2,76	3,18
	460	1,12	0,83	0,98
	$\bar{x}$ Termin	2,64	2,08	2,36
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,583				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	3,88	3,64	3,76
	390	7,24	4,83	6,03
	420	4,98	0,81	2,90
	$\bar{x}$ Termin	5,37	3,09	4,23
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,975				

Anhangtab. 94: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten** der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,0179	0,2585 *	0,0200
Standort	2	7,1003 **	14,9174 **	7,3683 **
Wachstumsperiode	1	1,7880 **	3,6048 **	0,0009
S x W	2	0,2759	0,3095 *	0,0580
Fehler	10	0,1409	0,0459	0,0910
Gesamt	18			

Anhangtab. 95: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten** der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,6861	0,1198	0,5829
Standort	2	6,4332 **	5,3901 **	2,6659 **
Wachstumsperiode	1	0,7505	0,6273	1,3359 *
S x W	2	0,1951	1,0809	1,4894 **
Fehler	10	0,5322	0,5923	0,1744
Gesamt	18			

Anhangtab. 96: Ca/P-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,73	1,92	1,83
	415	1,33	1,99	1,66
	460	3,10	4,14	3,62
	$\bar{x}$ Termin	2,05	2,69	2,37
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,684				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	2,06	2,50	2,28
	390	0,98	1,73	1,35
	420	2,79	2,57	2,68
	$\bar{x}$ Termin	1,94	2,27	2,11
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,328				

Anhangtab. 97: Ca/P-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,98	2,73	2,35
	415	1,39	1,77	1,58
	460	3,94	5,19	4,57
	$\bar{x}$ Termin	2,44	3,23	2,83
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,390				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	1,99	2,68	2,33
	390	1,27	1,64	1,45
	420	3,92	2,57	3,24
	$\bar{x}$ Termin	2,39	2,30	2,34
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,401				

Anhangtab. 98: Ca/P-Quotienten der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	1,88	1,87	1,88
	415	1,42	1,61	1,51
	460	3,69	3,48	3,59
	$\bar{x}$ Termin	2,33	2,32	2,33
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,549				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	1,84	1,57	1,70
	390	0,86	1,10	0,98
	420	1,11	3,03	2,07
	$\bar{x}$ Termin	1,27	1,90	1,58
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 0,760				

Anhangtab. 99: Varianztabelle für die TS-Erträge der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	4,7367	0,4281	2,7503
Standort	2	55,4013 *	0,8959	62,9691
Wachstumsperiode	1	1799,3691 **	4046,7591 **	2516,8439 **
S x W	2	29,2735	32,0261	181,6890 **
Fehler	10	10,5958	24,2903	17,6618
Gesamt	18			

Anhangtab. 100: Varianztabelle für die **TS-Erträge** der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	5,0749	35,2084	18,3521
Standort	2	689,4292 **	198,7026 *	177,9440 **
Wachstumsperiode	1	9215,5025 **	9258,8659 **	5183,0504 **
S x W	2	821,6785 **	385,3226 **	226,4650 **
Fehler	10	14,4078	30,2757	12,6436
Gesamt	18			

Anhangtab. 101: TS-Erträge (in dt ha⁻¹) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	18,3	2,2	10,2
	415	27,1	2,4	14,7
	460	28,8	4,6	16,7
	$\bar{x}$ Termin	24,7	3,1	13,9
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 5,93				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	67,0	1,5	34,2
	390	62,8	1,9	32,3
	420	23,5	3,5	13,5
	$\bar{x}$ Termin	51,1	2,3	26,7
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 6,91				

Anhangtab. 102: TS-Erträge (in dt ha⁻¹) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	
Assoziation	m. ü. NN			$\bar{x}$ Standort
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	8,1	12,7	10,4
	415	11,1	12,1	11,6
	460	9,9	17,0	13,5
	$\bar{x}$ Termin	9,7	13,9	11,8
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 8,97				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	8,2	16,6	12,4
	390	8,7	11,7	10,2
	420	9,9	19,8	14,8
	$\bar{x}$ Termin	8,9	16,0	12,5
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 10,02				

Anhangtab. 103: TS-Erträge (in dt ha⁻¹) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	9,5	16,1	12,8
	415	12,6	15,2	13,9
	460	12,0	16,0	14,0
	$\bar{x}$ Termin	11,4	15,8	13,6
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 7,65				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	9,4	17,1	13,3
	390	9,9	18,3	14,1
	420	12,2	18,5	15,4
	$\bar{x}$ Termin	10,5	18,0	14,2
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 6,47				

Anhangtab. 104: Varianztabelle für die Rohprotein-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	0,3354	0,4365	0,5389
Standort	2	5,9810 *	14,7077 **	2,7074
Wachstumsperiode	1	20,4858 **	80,3772 **	88,4009 **
S x W	2	9,5602 **	14,0768 **	6,3642
Fehler	10	1,0272	0,5127	1,9094
Gesamt	18			

Anhangtab. 105: Varianztabelle für die Rohprotein-Konzentrationen der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	2,4678	3,3004	0,5488
Standort	2	5,6674	31,7485 **	6,6064 *
Wachstumsperiode	1	169,7463 **	227,1647 **	248,3261 **
S x W	2	1,1336	19,8330 **	1,6664
Fehler	10	2,1595	2,5011	1,1539
Gesamt	18			

Anhangtab. 106: Rohprotein-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	10,0	11,8	10,9
	415	12,5	12,3	12,4
	460	10,4	15,2	12,8
	$\bar{x}$ Termin	11,0	13,1	12,1
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,85				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	7,26	14,0	10,6
	390	8,87	14,4	11,6
	420	9,85	15,0	12,4
	$\bar{x}$ Termin	8,66	14,5	11,6
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 2,68				

Anhangtab. 107: Rohprotein-Konzentrationen (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco- Cynosureten</i>	370	8,1	12,7	10,4
	415	11,1	12,1	11,6
	460	9,9	17,0	13,5
	$\bar{x}$ Termin	9,7	13,9	11,8
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,30				
<i>Lolio- Cynosureten</i>	320	8,2	16,6	12,4
	390	8,7	11,7	10,2
	420	9,9	19,8	14,8
	$\bar{x}$ Termin	8,9	16,0	12,5
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 2,88				

Anhangtab. 108: Rohprotein-Konzentrationen der Pflanzengesellschaften im Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	9,5	16,1	12,8
	415	12,6	15,2	13,9
	460	12,0	16,0	14,0
	$\bar{x}$ Termin	11,4	15,8	13,7
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 2,52				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	9,4	17,1	13,3
	390	9,9	18,3	14,1
	420	12,2	18,5	15,3
	$\bar{x}$ Termin	10,5	18,0	14,2
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 1,96				

Anhangtab. 109: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz** der *Festuco-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	13,9521	2,4223	5,1163
Standort	2	19,0263	30,3857 *	4,8444
Wachstumsperiode	1	9,9286	12,7325	26,4852 *
S x W	2	18,0488	56,8768 **	7,3104
Fehler	10	6,0070	4,9868	5,0167
Gesamt	18			

Anhangtab. 110: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz** der *Lolio-Cynosureten* im Sommer, Versuch *Pflanzengesellschaften*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2001 MQ/F-Test
Block	2	33,0018 **	26,7094 *	11,2172
Standort	2	155,9557 **	307,1733 **	80,2239 **
Wachstumsperiode	1	4,5173	259,2072 **	144,8990 **
S x W	2	0,4423	4,0164	13,1176
Fehler	10	4,3364	5,8164	6,1576
Gesamt	18			

Anhangtab. 111: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 1999

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	64,4	61,9	63,1
	415	66,4	62,7	64,5
	460	64,4	66,2	65,3
	$\bar{x}$ Termin	65,1	63,6	64,3
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 4,46				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	64,0	63,2	63,6
	390	62,0	61,5	61,8
	420	72,0	70,9	71,4
	$\bar{x}$ Termin	66,0	65,2	65,6
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 3,79				

Anhangtab. 112: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften im Sommer 2000

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	61,5	63,7	62,6
	415	63,8	59,0	61,4
	460	61,3	67,2	64,3
	$\bar{x}$ Termin	62,2	63,3	62,8
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 4,07				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	60,2	67,5	63,8
	390	53,3	59,2	56,2
	420	66,8	72,0	69,4
	$\bar{x}$ Termin	60,1	66,2	63,1
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 4,39				

Anhangtab. 113: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) der Pflanzengesellschaften Sommer 2001

Wachstumsperiode		Dezember bis Juni (= alt)	Juni bis Juli (= jung)	$\bar{x}$ Standort
Assoziation	m. ü. NN			
<i>Festuco-Cynosureten</i>	370	67,0	68,3	67,6
	415	67,0	65,8	66,4
	460	68,6	67,7	68,1
	$\bar{x}$ Termin	67,5	67,2	67,4
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 4,08				
<i>Lolio-Cynosureten</i>	320	67,3	71,6	69,5
	390	58,1	68,2	63,1
	420	66,8	72,6	69,7
	$\bar{x}$ Termin	64,0	70,8	67,4
GD _(5%) Wachstumsperiode/Standort= 4,52				

Anhangtab. 114: Varianztabelle für die **P-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0027 **	0,0006	0,0009
Säule	2	0,0008 *	0,0004	0,0009
Art	1	0,0408 **	0,0063 **	0,0205 **
Vornutzung	1	0,0060 **	0,0007	0,0003
Erntetermin	2	0,0071 **	0,0047 **	0,0060 **
A x V	1	< 0,0001	0,0004	< 0,0001
A x E	2	< 0,0001	0,0006	0,0028 *
V x E	2	0,0009 *	0,0001	0,0014
A x V x E	2	0,0007 *	< 0,0001	0,0008
Rest	20	0,0002	0,0005	0,0005
Total	36			

Anhangtab. 115: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,27	0,30	0,33	0,38	0,32
Januar	0,25	0,24	0,30	0,33	0,28
Februar	0,22	0,26	0,30	0,31	0,27
$\bar{x}$ Art	0,25	0,27	0,31	0,34	0,29
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,026					

Anhangtab. 116: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,26	0,27	0,31	0,31	0,29
Januar	0,24	0,26	0,27	0,26	0,26
Februar	0,24	0,25	0,26	0,27	0,25
$\bar{x}$ Art	0,25	0,26	0,28	0,28	0,27
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,038					

Anhangtab. 117: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,29	0,31	0,37	0,40	0,34
Januar	0,28	0,28	0,30	0,33	0,30
Februar	0,30	0,30	0,34	0,31	0,31
$\bar{x}$ Art	0,29	0,29	0,34	0,34	0,32
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,039					

Anhangtab. 118: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0142	0,1293	0,0325
Säule	2	0,0609	0,0054	0,1052
Art	1	0,4906 **	0,0276	1,8847 **
Vornutzung	1	0,2077 *	0,0006	0,0074
Erntetermin	2	1,2990 **	1,4908 **	1,3027 **
A x V	1	0,0642	0,0043	0,0015
A x E	2	0,0411	0,0472	0,1344
V x E	2	0,0029	0,0017	0,2587
A x V x E	2	0,0537	0,0076	0,0391
Rest	20	0,0351	0,0572	0,1524
Total	36			

Anhangtab. 119: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	1,50	1,38	1,39	1,75	1,50
Januar	0,95	1,12	1,31	1,47	1,21
Februar	0,66	0,82	0,86	1,05	0,85
$\bar{x}$ Art	1,04	1,11	1,19	1,42	1,19
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,320					

Anhangtab. 120: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	1,57	1,52	1,71	1,78	1,65
Januar	1,17	1,19	1,20	1,15	1,18
Februar	0,98	0,97	0,91	0,98	0,96
$\bar{x}$ Art	1,24	1,23	1,27	1,30	1,26
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,408					

Anhangtab. 121: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	1,46	1,59	2,11	2,34	1,87
Januar	1,09	1,25	1,40	1,68	1,35
Februar	1,19	1,03	1,65	1,19	1,27
$\bar{x}$ Art	1,25	1,29	1,72	1,73	1,50
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,666					

Anhangtab. 122: Varianztabelle für die **Na-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0004	0,0008	0,0175
Säule	2	0,0015	0,0009	0,0401 **
Art	1	0,0043 *	0,0278 **	0,0309 *
Vornutzung	1	0,0036 *	0,0020	0,0150
Erntetermin	2	0,0029 *	0,0102 **	0,0601 **
A x V	1	0,0003	0,0030	0,0001
A x E	2	0,0015	0,0016	0,0121
V x E	2	0,0005	0,0014	0,0002
A x V x E	2	0,0012	0,0008	0,0060
Rest	20	0,0006	0,0011	0,0057
Total	36			

Anhangtab. 123: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,06	0,12	0,04	0,05	0,07
Januar	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05
Februar	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04
$\bar{x}$ Art	0,05	0,08	0,04	0,05	0,05
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,040					

Anhangtab. 124: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,17	0,18	0,09	0,11	0,14
Januar	0,14	0,12	0,07	0,07	0,10
Februar	0,09	0,09	0,03	0,10	0,08
$\bar{x}$ Art	0,13	0,13	0,06	0,09	0,11
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,058					

Anhangtab. 125: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,14	0,21	0,30	0,30	0,24
Januar	0,13	0,14	0,13	0,23	0,16
Februar	0,07	0,12	0,09	0,10	0,09
$\bar{x}$ Art	0,11	0,16	0,17	0,21	0,16
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,129					

Anhangtab. 126: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0023 **	0,0005 *	0,0050 *
Säule	2	0,0005	0,0001	0,0021
Art	1	0,0022 **	0,0098 **	0,0001
Vornutzung	1	0,0036 **	0,0005	0,0099 **
Erntetermin	2	0,0122 **	0,0037 **	0,0047 *
A x V	1	0,0001	0,0001	0,0002
A x E	2	0,0021 **	0,0003	0,0002
V x E	2	0,0002	0,0004	0,0029 *
A x V x E	2	0,0004	0,0002	0,0004
Rest	20	0,0002	0,0001	0,0009
Total	36			

Anhangtab. 127: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,22	0,24	0,17	0,19	0,20
Januar	0,17	0,17	0,16	0,19	0,17
Februar	0,13	0,15	0,13	0,16	0,14
$\bar{x}$ Art	0,17	0,19	0,15	0,18	0,17
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,027					

Anhangtab. 128: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,16	0,18	0,12	0,14	0,15
Januar	0,14	0,12	0,10	0,11	0,12
Februar	0,13	0,14	0,11	0,11	0,12
$\bar{x}$ Art	0,15	0,15	0,11	0,12	0,13
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,021					

Anhangtab. 129: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,16	0,24	0,19	0,24	0,21
Januar	0,17	0,19	0,16	0,20	0,18
Februar	0,17	0,18	0,18	0,17	0,17
$\bar{x}$ Art	0,17	0,20	0,17	0,20	0,19
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,050					

Anhangtab. 130: Varianztabelle für die **Ca-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0346 **	0,0005	0,0040
Säule	2	0,0171	0,0014	0,0026
Art	1	0,1007 **	0,1310 **	0,0075
Vornutzung	1	0,0001	0,0018	0,0037
Erntetermin	2	0,0488 **	0,0166 *	0,0048
A x V	1	0,0061	0,0013	0,0020
A x E	2	0,0030	0,0004	0,0057
V x E	2	0,0045	0,0017	0,0002
A x V x E	2	0,0105	0,0013	0,0013
Rest	20	0,0050	0,0031	0,0037
Total	36			

Anhangtab. 131: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,54	0,57	0,74	0,64	0,62
Januar	0,50	0,47	0,53	0,59	0,52
Februar	0,41	0,50	0,57	0,55	0,50
$\bar{x}$ Art	0,48	0,51	0,61	0,59	0,55
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,120					

Anhangtab. 132: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,29	0,32	0,42	0,43	0,36
Januar	0,34	0,36	0,44	0,49	0,41
Februar	0,39	0,35	0,50	0,52	0,44
$\bar{x}$ Art	0,34	0,34	0,45	0,48	0,40
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,095					

Anhangtab. 133: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	0,45	0,44	0,47	0,53	0,47
Januar	0,43	0,46	0,41	0,44	0,44
Februar	0,44	0,44	0,48	0,51	0,47
$\bar{x}$ Art	0,44	0,45	0,46	0,49	0,46
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,104					

Anhangtab. 134: Varianztabelle für die **K/(Ca+Mg)-Quotienten**, Versuch **Hauptbestandsbildner**

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,259	0,251	0,009
Säule	2	0,222	0,088	0,588
Art	1	0,214	0,760	3,599 *
Vornutzung	1	0,178	0,071	0,104
Erntetermin	2	1,077 **	6,812 **	2,224 *
A x V	1	0,155	0,001	0,008
A x E	2	0,121	0,095	0,282
V x E	2	0,001	0,123	0,397
A x V x E	2	0,262	0,113	0,081
Rest	20	0,143	0,296	0,471
Total	36			

Anhangtab. 135: **K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter 1999/2000**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	2,03	1,73	1,57	2,15	1,87
Januar	1,47	1,74	1,99	1,96	1,79
Februar	1,23	1,29	1,24	1,50	1,31
$\bar{x}$ Art	1,58	1,58	1,60	1,87	1,66
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,646					

Anhangtab. 136: **K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter 2000/2001**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	3,46	3,02	3,20	3,14	3,20
Januar	2,44	2,45	2,20	1,93	2,26
Februar	1,86	1,97	1,51	1,57	1,73
$\bar{x}$ Art	2,58	2,48	2,31	2,21	2,40
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,929					

Anhangtab. 137: **K/(Ca+Mg)-Quotienten im Winter 2001/2002**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	2,37	2,32	3,22	3,33	2,81
Januar	1,83	1,94	2,43	2,65	2,21
Februar	1,97	1,67	2,50	1,76	1,97
$\bar{x}$ Art	2,06	1,98	2,72	2,58	2,33
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 1,171					

Anhangtab. 138: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	0,250 *	0,047	0,112
Säule	2	0,263 *	0,051	0,011
Art	1	0,052	0,863 **	0,129
Vornutzung	1	0,147	0,001	0,016
Erntetermin	2	0,041	0,700 **	0,025
A x V	1	0,078	0,059	0,019
A x E	2	0,044	0,022	0,068
V x E	2	0,132	0,062	0,013
A x V x E	2	0,065	0,021	0,041
Rest	20	0,063	0,041	0,045
Total	36			

Anhangtab. 139: **Ca/P-Quotienten** im Winter **1999/2000**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	2,02	1,87	2,28	1,68	1,96
Januar	2,00	1,94	1,72	1,80	1,87
Februar	1,84	1,94	1,91	1,76	1,86
$\bar{x}$ Art	1,95	1,92	1,97	1,75	1,90
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,429					

Anhangtab. 140: **Ca/P-Quotienten** im Winter **2000/2001**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	1,11	1,18	1,34	1,39	1,25
Januar	1,41	1,41	1,63	1,86	1,58
Februar	1,68	1,39	1,92	1,91	1,73
$\bar{x}$ Art	1,40	1,33	1,63	1,72	1,52
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,345					

Anhangtab. 141: **Ca/P-Quotienten** im Winter **2001/2002**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	1,56	1,44	1,29	1,37	1,42
Januar	1,55	1,67	1,40	1,34	1,49
Februar	1,48	1,47	1,40	1,65	1,50
$\bar{x}$ Art	1,53	1,53	1,36	1,45	1,47
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 0,363					

Anhangtab. 142: Varianztabelle für die **TS-Erträge**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	1,386	92,345 *	4,370
Säule	2	57,708	6,216	0,066
Art	1	4343,868 **	3185,595 **	5220,484 **
Vornutzung	1	1193,799 **	1108,905 **	470,878 **
Erntetermin	2	234,149 **	392,722 **	134,267 **
A x V	1	413,653 **	434,430 **	790,756 **
A x E	2	35,774	14,423	469,041 **
V x E	2	25,753	1,209	11,234
A x V x E	2	6,512	44,501	7,987
Rest	20	38,284	21,950	18,729
Total	36			

Anhangtab. 143: **TS-Erträge** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 1999/2000**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	48,2	30,4	17,6	12,3	27,1
Januar	34,4	20,2	10,8	7,8	18,3
Februar	45,4	22,6	13,4	7,5	22,2
$\bar{x}$ Art	42,7	24,4	13,9	9,2	22,5
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 10,56					

Anhangtab. 144: **TS-Erträge** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 2000/2001**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	51,8	30,6	25,6	24,2	33,0
Januar	42,4	22,4	14,2	11,0	22,5
Februar	40,6	27,6	17,7	9,9	23,9
$\bar{x}$ Art	44,9	26,9	19,2	15,0	26,5
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 7,99					

Anhangtab. 145: **TS-Erträge** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 2001/2002**

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	34,1	15,9	9,6	10,6	17,5
Januar	49,1	33,4	3,2	2,7	22,1
Februar	33,1	17,2	3,1	9,0	15,6
$\bar{x}$ Art	38,8	22,2	5,3	7,4	18,4
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 7,39					

Anhangtab. 146: Varianztabelle für die **Rohprotein-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	4,287 **	0,542	6,477 **
Säule	2	3,086 *	0,644	3,980 *
Art	1	213,600 **	88,158 **	172,097 **
Vornutzung	1	13,064 **	0,059	14,557 **
Erntetermin	2	3,200 *	2,073 *	8,579 **
A x V	1	1,421	2,247 *	0,099
A x E	2	0,219	0,101	0,513
V x E	2	0,650	0,321	2,468
A x V x E	2	1,158	0,172	2,008
Rest	20	0,636	0,415	0,846
Total	36			

Anhangtab. 147: Rohprotein-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	8,4	10,4	13,7	14,8	11,8
Januar	9,5	9,9	14,4	15,4	12,3
Februar	9,3	11,7	15,0	15,4	12,9
$\bar{x}$ Art	9,1	10,7	14,4	15,2	12,3
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 1,36					

Anhangtab. 148: Rohprotein-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	7,3	8,2	11,1	11,1	9,4
Januar	8,1	8,1	11,4	10,8	9,6
Februar	8,2	9,1	12,1	11,4	10,2
$\bar{x}$ Art	7,9	8,5	11,5	11,1	9,7
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 1,10					

Anhangtab. 149: Rohprotein-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	10,8	12,9	15,6	17,1	14,1
Januar	10,8	11,8	14,7	17,3	13,7
Februar	12,8	13,8	17,5	17,0	15,3
$\bar{x}$ Art	11,5	12,9	16,0	17,1	14,3
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 1,57					

Anhangtab. 150: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz**, Versuch **Hauptbestandsbildner**

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	6,007	46,779 **	40,186
Säule	2	18,794	1,577	23,107
Art	1	14,894	1,370	919,721 **
Vornutzung	1	224,950 **	142,398 **	276,022 **
Erntetermin	2	72,569 **	224,203 **	99,768 **
A x V	1	18,933	2,397	0,838
A x E	2	6,889	13,768	6,334
V x E	2	0,961	1,134	24,694 *
A x V x E	2	9,331	8,732	7,833
Rest	20	7,468	6,840	6,998
Total	36			

Anhangtab. 151: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	58,5	61,7	57,0	63,8	60,2
Januar	53,7	58,6	57,2	61,1	57,7
Februar	53,8	56,3	51,3	59,9	55,3
$\bar{x}$ Art	55,3	58,9	55,2	61,6	57,7
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 4,66					

Anhangtab. 152: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	58,1	61,4	58,2	62,2	60,0
Januar	53,1	57,7	55,3	57,8	56,0
Februar	51,6	54,0	46,4	53,4	51,4
$\bar{x}$ Art	54,2	57,7	53,3	57,8	55,8
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 4,46					

Anhangtab. 153: Verdaulichkeit organischer Substanz (in % d. TS) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	55,8	62,6	68,8	72,0	64,8
Januar	55,0	62,3	64,3	74,3	64,0
Februar	53,5	56,9	62,4	64,9	59,4
$\bar{x}$ Art	54,8	60,6	65,2	70,4	62,7
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 4,51					

Anhangtab. 154: Varianztabelle für die **Ergosterol-Konzentrationen**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test	2001/2002 MQ/F-Test
Block	2	2538,381	4646,461	436,345
Säule	2	1753,675	736,401	1176,803
Art	1	41131,763 **	93560,194 **	9803,232 **
Vornutzung	1	13478,619 **	35206,468 **	8816,307 **
Erntetermin	2	27292,238 **	90281,441 **	120593,534 **
A x V	1	1740,892	1964,715	2976,355
A x E	2	3290,346	3743,650	3149,523 *
V x E	2	235,087	1334,678	4252,912 *
A x V x E	2	2116,269	696,724	1630,742
Rest	20	1521,186	2558,125	902,636
Total	36			

Anhangtab. 155: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 1999/2000

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	87	61	203	157	127
Januar	169	127	209	188	173
Februar	202	196	291	200	222
$\bar{x}$ Art	153	128	234	182	174
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 65,6					

Anhangtab. 156: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 2000/2001

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	129	78	270	207	171
Januar	281	201	393	301	294
Februar	313	300	410	332	339
$\bar{x}$ Art	241	193	358	280	268
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 86,3					

Anhangtab. 157: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 2001/2002

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$ Termin
Vornutzung Erntetermin	Juni	Juli	Juni	Juli	
Dezember	49	49	57	38	48
Januar	187	113	156	81	134
Februar	263	299	242	188	248
$\bar{x}$ Art	166	153	152	102	143
GD _{5%} Art/Vornutzung/Erntetermin= 51,3					

Anhangtab. 158: Varianztabelle für die **P-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,002	0,0003	0,0027
Art	1	0,014 **	0,0014	0,0223 *
Wachstumsperiode	1	0,090 **	0,0885 **	0,2724 **
A x W	1	0,002	0,0004	0,0164 *
Rest	6	0,001	0,0005	0,0022
Total	12			

Anhangtab. 159: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0619	0,0412	0,1248 *
Art	1	0,0026	0,2282 *	0,0076
Wachstumsperiode	1	0,5322 *	1,6467 **	0,0010
A x W	1	0,0231	0,0349	0,0459
Rest	6	0,0598	0,0371	0,0192
Total	12			

Anhangtab. 160: Varianztabelle für die **Na-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0001	0,0007	0,0008
Art	1	0,0141 **	0,0002	0,0005
Wachstumsperiode	1	0,0007	0,0559 **	0,0086
A x W	1	0,0006	0,0031	0,0024
Rest	6	0,0008	0,0010	0,0036
Total	12			

Anhangtab. 161: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0010 *	0,0001	0,0006
Art	1	0,0010	0,0034 **	0,0026
Wachstumsperiode	1	0,0774 **	0,0347 **	0,0801 *
A x W	1	0,0007	0,0001	0,0004
Rest	6	0,0002	0,0002	0,0004
Total	12			

Anhangtab. 162: Varianztabelle für die **Ca-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0012	0,0053	0,0085
Art	1	0,1435 **	0,0808 **	0,0489 **
Wachstumsperiode	1	0,4425 **	0,3879 **	0,7099 **
A x W	1	0,0396 **	0,0044	0,0053
Rest	6	0,0017	0,0012	0,0031
Total	12			

Anhangtab. 163: Varianztabelle für die **K/(Ca+Mg)-Quotienten** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,4608	0,2046	0,1455
Art	1	0,0512	0,1735	0,3484
Wachstumsperiode	1	0,0171	26,5217 **	20,3988 **
A x W	1	0,6602	0,2898	0,0163
Rest	6	0,2693	0,0928	0,1219
Total	12			

Anhangtab. 164: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	0,0201	0,0384 **	0,0194
Art	1	0,2332 **	0,3361 **	0,0192
Wachstumsperiode	1	0,3027 **	0,2610 **	0,2256 **
A x W	1	0,0352 *	0,0113	0,1019 *
Rest	6	0,0045	0,0022	0,0149
Total	12			

Anhangtab. 165: Varianztabelle für die **TS-Erträge** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	69,3266	93,3513	35,3308
Art	1	329,4137 *	726,7656 **	382,6704 *
Wachstumsperiode	1	9017,1499 **	8612,3238 **	9807,5098 **
A x W	1	61,1953	219,2020 *	97,7799
Rest	6	53,4674	34,1351	42,6696
Total	12			

Anhangtab. 166: Varianztabelle für die **Rohprotein-Konzentrationen** im **Sommer**, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	1,6950	0,0987	3,3038
Art	1	1,2393	9,2915 **	0,8920
Wachstumsperiode	1	77,6978 **	15,8503 **	49,4194 **
A x W	1	1,5976	0,9469 **	1,3322
Rest	6	0,7096	0,0626	1,3653
Total	12			

Anhangtab. 167: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz** im Sommer, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Varianzursache	FG	1999 MQ/F-Test	2000 MQ/F-Test	2002 MQ/F-Test
Block	2	8,1726	5,9825	1,4303
Art	1	64,5002 **	12,2534	20,6800
Wachstumsperiode	1	0,2310	31,0064	20,2266
A x W	1	9,9647	0,1091	17,2676
Rest	6	1,9158	7,2303	7,2611
Total	12			

Anhangtab. 168: Mineralstoff-Konzentrationen, -quotienten und TS-Erträge, Rohprotein-Konzentration und Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer 1999, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$	GD*
Wachstumsperiode	Dezember bis Juni	Juni bis Juli	Dezember bis Juni	Juni bis Juli		
P in % d. TS	0,26	0,40	0,30	0,50	0,36	0,050
K in % d. TS	2,21	1,70	2,15	1,81	1,97	0,489
Na in % d. TS	0,11	0,14	0,05	0,05	0,09	0,056
Mg in % d. TS	0,17	0,31	0,13	0,31	0,23	0,026
Ca in % d. TS	0,33	0,60	0,43	0,93	0,57	0,082
K/(Ca+Mg)- Quotient	4,51	1,87	3,82	1,47	2,92	1,038
Ca/P-Quotient	1,28	1,49	1,45	1,90	1,53	0,135
TS-Ertrag in dt TS ha ⁻¹	70,0	10,7	55,0	4,7	35,1	13,37
XP in % d. TS	8,1	12,5	8,1	13,9	10,6	1,69
DOM in % d. TS	64,1	66,2	70,6	69,0	67,5	2,77

*GD_{5%}(Art/Wachstumsperiode)

Anhangtab. 169: Mineralstoff-Konzentrationen, -quotienten und TS-Erträge, Rohprotein-Konzentration und Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer 2000, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$	GD*
	Dezember bis Juni	Juni bis Juli	Dezember bis Juni	Juni bis Juli		
P in % d. TS	0,28	0,47	0,32	0,48	0,39	0,046
K in % d. TS	2,48	1,63	2,65	2,02	2,20	0,385
Na in % d. TS	0,26	0,16	0,29	0,12	0,21	0,063
Mg in % d. TS	0,16	0,28	0,13	0,24	0,20	0,026
Ca in % d. TS	0,33	0,65	0,45	0,85	0,57	0,068
K/(Ca+Mg)-Quotient	5,07	1,79	4,52	1,86	3,31	0,609
Ca/P-Quotient	1,16	1,39	1,43	1,79	1,44	0,095
TS-Ertrag in dt TS ha ⁻¹	73,3	11,1	49,2	4,1	34,4	10,68
XP in % d. TS	7,9	9,7	9,1	12,0	9,7	0,50
DOM in % d. TS	68,6	72,0	70,8	73,8	71,3	5,37

*GD_{5%}(Art/Wachstumsperiode)

Anhangtab. 170: Mineralstoff-Konzentrationen, -quotienten und TS-Erträge, Rohprotein-Konzentration und Verdaulichkeit organischer Substanz im Sommer 2002, Versuch *Hauptbestandsbildner*

Art	<i>Festuca arundinacea</i>		<i>Lolium perenne</i>		$\bar{x}$	GD*
Wachstumsperiode	Dezember bis Juni	Juni bis Juli	Dezember bis Juni	Juni bis Juli		
P in % d. TS	0,27	0,49	0,28	0,65	0,42	0,093
K in % d. TS	1,98	2,09	2,05	1,91	2,01	0,277
Na in % d. TS	0,29	0,27	0,31	0,23	0,27	0,120
Mg in % d. TS	0,17	0,32	0,13	0,30	0,23	0,042
Ca in % d. TS	0,26	0,71	0,35	0,88	0,55	0,111
K/(Ca+Mg)-Quotient	4,57	1,34	4,30	1,62	2,96	0,698
Ca/P-Quotient	0,99	1,45	1,25	2,03	1,43	0,244
TS-Ertrag in dt TS ha ⁻¹	71,0	8,1	54,0	2,6	33,9	11,94
XP in % d. TS	7,3	10,7	7,1	11,9	9,2	2,32
DOM in % d. TS	67,1	72,1	72,1	72,3	70,9	5,44

*GD_{5%}(Art/Wachstumsperiode)

Anhangtab. 171: Varianztabelle für **Mineralstoff- und Ergosterol-Konzentrationen**, Versuch Hauptbestandbildner, **grünes/totes Blatt, Januar 2003**

Varianzursache	FG	P MQ/F-Test	K MQ/F-Test	Na MQ/F-Test
Art	1	0,0102 **	1,4466 **	0,0001
Vornutzung	1	< 0,0001	0,0099	0,0073
Pflanzenmaterial	1	0,3219 **	19,8064 **	0,1525 **
A x V	1	0,0013	0,0378	0,0015
A x P	1	0,0003	0,6966	0,0007
V x P	1	0,0000	0,0293 **	0,0025
A x V x P	1	0,0001	0,0008	0,0000
Rest	16	0,0002	0,0149	0,0019
Total	24			

Varianzursache	FG	Mg MQ/F-Test	Ca MQ/F-Test	Ca/P MQ/F-Test
Art	1	0,0042 **	0,0054	0,0524
Vornutzung	1	0,0003	0,0048	0,0847
Pflanzenmaterial	1	0,0398 **	0,0880 **	8,9092 **
A x V	1	0,0005	0,0030	0,0855
A x P	1	0,0002	0,0015	0,0398
V x P	1	0,0003	0,0062	0,1070
A x V x P	1	< 0,0001	< 0,0001	0,0122
Rest	16	0,0002	0,0009	0,0071
Total	24			

Varianzursache	FG	K/(Ca+Mg) MQ/F-Test	Ergosterol MQ/F-Test
Art	1	0,0001	9181,031
Vornutzung	1	0,0370	436,979
Pflanzenmaterial	1	0,7748 **	261480,404 **
A x V	1	0,0124	78,862
A x P	1	0,0019	55348,391 *
V x P	1	0,0084	6473,645
A x V x P	1	0,0010	3265,436
Rest	16	0,0062	5487,598
Total	24		

Anhangtab. 172: Mineralstoff-Konzentrationen, -quotienten und Ergosterol-Konzentration, Versuch Hauptbestandsbildner, grünes/totes Pflanzenmaterial, geerntet im Januar 2003*

Art	<i>Festuca arundinacea</i>				<i>Lolium perenne</i>				$\bar{x}$	GD**
Vornutzung	Juni		Juli		Juni		Juli			
Pflanzenmaterial	grün	tot	grün	tot	grün	tot	grün	tot		
P in % d. TS	0,43	0,19	0,41	0,18	0,45	0,23	0,46	0,24	0,32	0,021
K in % d. TS	1,90	0,34	1,70	0,30	2,64	0,42	2,62	0,52	1,30	0,211
Na in % d. TS	0,19	0,04	0,23	0,04	0,15	0,03	0,23	0,06	0,12	0,006
Mg in % d. TS	0,22	0,14	0,21	0,12	0,18	0,11	0,19	0,11	0,16	0,030
Ca in % d. TS	0,22	0,36	0,25	0,32	0,26	0,43	0,24	0,35	0,30	0,136
K/(Ca+Mg)- Quotient	0,42	0,07	0,48	0,08	0,34	0,05	0,52	0,12	0,26	0,160
Ca/P-Quotient	0,52	1,91	0,61	1,82	0,58	1,90	0,52	1,48	1,17	0,341
Ergosterol in mg/kg TS	227	331	223	345	112	361	68,3	429	262	143,4

* Das Pflanzenmaterial wurde geerntet und anschließend in grüne (> 5% Grünanteil = grün; alles übrige als totes Material) und tote Pflanzenteile fraktioniert

** GD_{5%} (Art/Vornutzung/Pflanzenmaterial)

Anhangtab. 173: Varianztabelle für die **P-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,0047 **	0,0005	0,0005
Säule	3	0,0001	0,0012 *	0,0005
N-Menge	3	0,0105 **	0,0034 **	0,0122 **
Erntetermin	2	0,0002	0,0244 **	0,0091 **
N x E	6	0,0074 **	0,0185 **	0,0113 **
Rest	30	0,0004	0,0004	0,0007
Total	48			

Anhangtab. 174: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter **1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ⁻¹	50 kg N ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,24	0,25	0,27	0,29	0,26
Januar	0,22	0,25	0,29	0,30	0,26
Februar	0,21	0,26	0,25	0,30	0,26
$\bar{x}$ N-Menge	0,23	0,25	0,27	0,30	0,26
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,028					

Anhangtab. 175: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter **1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,30	0,23	0,23	0,25	0,25
Januar	0,22	0,20	0,21	0,23	0,21
Februar	0,15	0,15	0,19	0,21	0,17
$\bar{x}$ N-Menge	0,22	0,19	0,21	0,23	0,21
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,027					

Anhangtab. 176: **P-Konzentrationen** (in % d. TS) im Winter **2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,18	0,15	0,18	0,26	0,19
Januar	0,14	0,14	0,15	0,19	0,16
Februar	0,15	0,20	0,21	0,24	0,20
$\bar{x}$ N-Menge	0,16	0,16	0,18	0,23	0,18
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,038					

Anhangtab. 177: Varianztabelle für die **K-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,0775	0,1049 *	0,0352
Säule	3	0,1684	0,0822 *	0,0414
N-Menge	3	0,2149	0,5271 **	0,9076 **
Erntetermin	2	1,9370 **	1,4909 **	2,0954 **
N x E	6	0,3158 **	0,3656 **	0,5243 **
Rest	30	0,0880	0,0278	0,0312
Total	48			

Anhangtab. 178: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	2,45	2,65	2,44	2,57	2,53
Januar	1,97	2,10	2,21	2,27	2,14
Februar	1,58	1,88	1,75	2,13	1,84
$\bar{x}$ N-Menge	2,00	2,21	2,13	2,32	2,17
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,428					

Anhangtab. 179: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,22	1,56	1,51	1,84	1,53
Januar	0,89	1,52	1,26	1,37	1,26
Februar	0,73	0,88	0,98	1,11	0,92
$\bar{x}$ N-Menge	0,95	1,32	1,25	1,44	1,24
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,241					

Anhangtab. 180: **K-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,34	1,38	1,90	1,91	1,63
Januar	0,80	1,05	1,39	1,49	1,18
Februar	0,59	1,00	0,99	0,93	0,88
$\bar{x}$ N-Menge	0,91	1,14	1,43	1,45	1,23
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,255					

Anhangtab. 181: Varianztabelle für die **Na-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,0011 *	0,0001	0,0002
Säule	3	0,0005	0,0012 **	0,0042
N-Menge	3	0,0018 **	0,0024 **	0,0221 **
Erntetermin	2	0,0009 *	0,0045 **	0,0041
N x E	6	0,0026 **	0,0034 **	0,0023
Rest	30	0,0003	0,0002	0,0018
Total	48			

Anhangtab. 182: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1998/1999

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07
Januar	0,05	0,05	0,07	0,07	0,06
Februar	0,05	0,08	0,07	0,10	0,07
$\bar{x}$ N-Menge	0,05	0,06	0,08	0,08	0,07
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,023					

Anhangtab. 183: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 1999/2000

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,04	0,04	0,05	0,09	0,06
Januar	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Februar	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
$\bar{x}$ N-Menge	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,023					

Anhangtab. 184: Na-Konzentrationen (in % d. TS) im Winter 2000/2001

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,06	0,05	0,07	0,16	0,09
Januar	0,04	0,04	0,06	0,15	0,07
Februar	0,04	0,04	0,05	0,11	0,06
$\bar{x}$ N-Menge	0,04	0,04	0,06	0,14	0,07
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,062					

Anhangtab. 185: Varianztabelle für die **Mg-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,0035 **	0,0002	< 0,0001
Säule	3	0,0013 **	0,0011 **	0,0001
N-Menge	3	0,0021 **	0,0025 **	0,0026 **
Erntetermin	2	0,0032 **	0,0085 **	0,0039 **
N x E	6	0,0035 **	0,0057 **	0,0007 **
Rest	30	0,0002	0,0002	0,0002
Total	48			

Anhangtab. 186: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,16	0,15	0,17	0,19	0,17
Januar	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16
Februar	0,12	0,14	0,13	0,17	0,14
$\bar{x}$ N-Menge	0,14	0,15	0,16	0,17	0,16
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,021					

Anhangtab. 187: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,17	0,17	0,16	0,18	0,17
Januar	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
Februar	0,10	0,12	0,13	0,17	0,13
$\bar{x}$ N-Menge	0,13	0,14	0,15	0,17	0,15
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,021					

Anhangtab. 188: **Mg-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,10	0,11	0,13	0,14	0,12
Januar	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10
Februar	0,07	0,09	0,10	0,11	0,09
$\bar{x}$ N-Menge	0,09	0,10	0,11	0,12	0,10
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,019					

Anhangtab. 189: Varianztabelle für die **Ca-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,0084 **	0,0218 **	0,0002
Säule	3	0,0051 **	0,0056	0,0003
N-Menge	3	0,0065 **	0,0425 **	0,0358 **
Erntetermin	2	0,0008	0,0110 *	0,0020
N x E	6	0,0138 **	0,0383 **	0,0074 **
Rest	30	0,0009	0,0021	0,0008
Total	48			

Anhangtab. 190: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS)im **Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,36	0,31	0,34	0,37	0,35
Januar	0,38	0,32	0,32	0,35	0,34
Februar	0,31	0,33	0,31	0,38	0,33
$\bar{x}$ N-Menge	0,35	0,32	0,32	0,37	0,34
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,043					

Anhangtab. 191: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS)im **Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,54	0,45	0,36	0,39	0,44
Januar	0,51	0,40	0,33	0,35	0,40
Februar	0,42	0,36	0,36	0,41	0,39
$\bar{x}$ N-Menge	0,49	0,40	0,35	0,39	0,41
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,066					

Anhangtab. 192: **Ca-Konzentrationen** (in % d. TS)im **Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	0,36	0,31	0,26	0,27	0,30
Januar	0,38	0,30	0,23	0,22	0,28
Februar	0,35	0,28	0,24	0,25	0,28
$\bar{x}$ N-Menge	0,36	0,29	0,24	0,25	0,29
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,042					

Anhangtab. 193: Varianztabelle für die **K/(Mg+Ca)-Quotienten**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,871	1,312 **	0,095
Säule	3	1,673 **	0,598 *	0,444
N-Menge	3	0,978	3,133 **	11,037 **
Erntetermin	2	5,254 **	2,987 **	9,693 **
N x E	6	1,608 **	2,062 **	5,922 **
Rest	30	0,368	0,157	0,349
Total	48			

Anhangtab. 194: **K/(Mg+Ca)-Quotienten im Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	4,75	5,73	4,94	4,77	5,05
Januar	3,73	4,42	4,49	4,43	4,27
Februar	3,68	4,05	4,08	3,89	3,93
$\bar{x}$ N-Menge	4,05	4,73	4,51	4,37	4,41
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,876					

Anhangtab. 195: **K/(Mg+Ca)-Quotienten im Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,77	2,57	2,97	3,26	2,64
Januar	1,43	2,92	2,67	2,81	2,46
Februar	1,45	1,87	1,98	1,96	1,82
$\bar{x}$ N-Menge	1,55	2,45	2,54	2,68	2,31
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,572					

Anhangtab. 196: **K/(Mg+Ca)-Quotienten im Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	2,94	3,28	4,98	4,68	3,97
Januar	1,73	2,72	4,35	4,49	3,32
Februar	1,42	2,72	2,95	2,58	2,42
$\bar{x}$ N-Menge	2,03	2,90	4,09	3,92	3,23
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,852					

Anhangtab. 197: Varianztabelle für die **Ca/P-Quotienten**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	0,014	0,214 **	0,162
Säule	3	0,053 *	0,176 **	0,076
N-Menge	3	0,364 **	1,287 **	3,949 **
Erntetermin	2	0,001	1,348 **	0,581 **
N x E	6	0,313 **	0,812 **	1,873 **
Rest	30	0,016	0,030	0,096
Total	48			

Anhangtab. 198: **Ca/P-Quotienten im Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,49	1,23	1,27	1,28	1,32
Januar	1,76	1,29	1,09	1,17	1,32
Februar	1,48	1,23	1,26	1,26	1,31
$\bar{x}$ N-Menge	1,58	1,25	1,20	1,24	1,32
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,182					

Anhangtab. 199: **Ca/P-Quotienten im Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,80	1,97	1,60	1,55	1,73
Januar	2,29	2,06	1,53	1,55	1,86
Februar	2,88	2,41	1,88	1,96	2,28
$\bar{x}$ N-Menge	2,32	2,14	1,67	1,69	1,96
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,252					

Anhangtab. 200 **Ca/P-Quotienten im Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	1,96	2,15	1,42	1,08	1,65
Januar	2,77	2,12	1,47	1,20	1,89
Februar	2,45	1,42	1,13	1,06	1,52
$\bar{x}$ N-Menge	2,39	1,90	1,34	1,11	1,69
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,447					

Anhangtab. 201: Varianztabelle für die **TS-Erträge**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	27,620	54,468 **	22,296
Säule	3	35,025	5,531	49,424
N-Menge	3	622,614 **	1639,399 **	2922,795 **
Erntetermin	2	845,628 **	132,897 **	65,251
N x E	6	904,930 **	152,417 **	78,743 **
Rest	30	42,601	10,602	21,917
Total	48			

Anhangtab. 202: **TS-Ertrag** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	29,3	43,0	53,3	53,3	44,7
Januar	23,8	36,0	45,7	34,5	35,0
Februar	28,9	25,9	30,4	36,8	30,5
$\bar{x}$ N-Menge	27,4	35,0	43,2	41,5	36,8
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 9,40					

Anhangtab. 203: **TS-Ertrag** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	9,4	22,1	30,3	39,2	25,2
Januar	8,6	20,3	29,5	34,7	23,3
Februar	9,3	17,0	24,1	28,1	19,6
$\bar{x}$ N-Menge	9,1	19,8	28,0	34,0	22,7
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 4,71					

Anhangtab. 204: **TS-Ertrag** (in dt TS ha⁻¹) im **Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	8,6	20,1	36,8	47,2	28,2
Januar	5,7	17,9	32,6	40,4	24,1
Februar	8,2	22,2	33,5	41,0	26,2
$\bar{x}$ N-Menge	7,5	20,1	34,3	42,9	26,2
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 6,82					

Anhangtab. 205: Varianztabelle für die **Rohprotein-Konzentrationen**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	11,932 **	0,681	0,463
Säule	3	1,410	2,745 *	1,475
N-Menge	3	49,169 **	46,143 **	14,095 **
Erntetermin	2	0,099	12,624 **	0,439 **
N x E	6	11,674 **	10,610 **	1,863 **
Rest	30	0,803	0,680	0,248
Total	48			

Anhangtab. 206: **Rohprotein-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	11,5	11,5	14,1	15,1	13,0
Januar	10,2	12,3	14,1	16,0	13,2
Februar	10,8	13,1	13,3	15,6	13,2
$\bar{x}$ N-Menge	10,8	12,3	13,8	15,6	13,1
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 1,31					

Anhangtab. 207: **Rohprotein-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	8,5	8,3	10,3	11,9	9,7
Januar	8,6	8,7	10,2	13,0	10,1
Februar	8,8	10,3	12,9	13,7	11,4
$\bar{x}$ N-Menge	8,6	9,1	11,1	12,9	10,4
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 1,22					

Anhangtab. 208: **Rohprotein-Konzentrationen** (in % d. TS) im **Winter 2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	7,5	6,4	7,7	8,8	7,59
Januar	7,3	6,7	7,5	9,3	7,68
Februar	7,1	6,9	8,1	9,5	7,91
$\bar{x}$ N-Menge	7,3	6,7	7,7	9,2	7,7
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 0,70					

Anhangtab. 209: Varianztabelle für die **Verdaulichkeit organischer Substanz**, Versuch **N-Düngung**

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	6,106	2,850	6,157
Säule	3	29,989 *	20,490 *	4,053
N-Menge	3	96,276 **	66,737 **	42,578 **
Erntetermin	2	109,592 **	209,527 **	444,242 **
N x E	6	29,135 *	41,423 **	176,741 **
Rest	30	9,013	5,506	4,728
Total	48			

Anhangtab. 210: **Verdaulichkeit organischer Substanz** (in % d. TS) im Winter **1998/1999**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	67,1	62,6	61,2	61,2	63,0
Januar	65,8	58,9	60,9	59,3	61,2
Februar	61,7	58,6	55,6	55,6	57,9
$\bar{x}$ N-Menge	64,9	60,0	59,2	58,7	60,7
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 4,32					

Anhangtab. 211: **Verdaulichkeit organischer Substanz** (in % d. TS) im Winter **1999/2000**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	61,5	62,7	59,4	58,5	60,5
Januar	60,3	58,4	56,5	54,0	57,3
Februar	57,6	53,4	50,9	51,4	53,3
$\bar{x}$ N-Menge	59,8	58,2	55,6	54,6	57,0
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 3,41					

Anhangtab. 212: **Verdaulichkeit organischer Substanz** (in % d. TS) im Winter **2000/2001**

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	65,2	63,1	61,3	61,3	62,7
Januar	60,3	57,2	57,7	57,6	58,2
Februar	53,0	51,6	46,7	57,6	52,2
$\bar{x}$ N-Menge	59,5	57,3	55,2	58,8	57,7
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 3,13					

Anhangtab. 213: Varianztabelle für die **Ergosterol-Konzentrationen**, Versuch *N-Düngung*

Varianzursache	FG	1998/1999 MQ/F-Test	1999/2000 MQ/F-Test	2000/2001 MQ/F-Test
Block	3	971,467	6002,485 *	79,815
Säule	3	2777,882	4830,952	450,681
N-Menge	3	21045,615 **	54239,826 **	16853,589 **
Erntetermin	2	65344,676 **	111931,769 **	63861,249 **
N x E	6	14527,822 **	45442,994 **	6505,133 **
Rest	30	1383,475	2043,243	654,116
Total	48			

Anhangtab. 214: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 1998/1999

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	14	27	41	62	36
Januar	69	185	170	217	160
Februar	62	145	122	163	123
$\bar{x}$ N-Menge	48	119	111	148	106
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 53,7					

Anhangtab. 215: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 1999/2000

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	21	82	87	16	52
Januar	94	157	44	147	111
Februar	282	83	253	300	230
$\bar{x}$ N-Menge	133	107	128	154	131
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 65,2					

Anhangtab. 216: **Ergosterol-Konzentrationen** (in mg kg TS⁻¹) im Winter 2000/2001

N-Menge Erntetermin	0 kg N ha ⁻¹	50 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	150 kg N ha ⁻¹	$\bar{x}$ Termin
Dezember	32	18	42	77	42
Januar	138	119	157	199	153
Februar	109	102	175	215	150
$\bar{x}$ N-Menge	93	80	125	164	115
GD _{5%} N-Menge/Erntetermin= 36,9					

Anhangtab. 217: Korrelationen (= r) zwischen einzelnen Mineralstoffen und anderen Merkmalen der Futterqualität im November aller drei Untersuchungsjahre, n = 48, Versuch *N-Düngung*

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,32*	0,32*	0,77**	0,53**	0,36*	-0,21	0,34*
	K	0,12	0,29*	-0,37**	0,71**	0,19	0,05
		Na	0,33*	-0,10	0,55**	-0,25	0,47**
			Mg	0,57**	0,41**	-0,31*	0,28
				Ca	-0,41**	-0,10	-0,01
					Ertrag	-0,33*	0,49**
						DOM	-0,59**

Anhangtab. 218: Korrelationen (= r) zwischen einzelnen Mineralstoffen und anderen Merkmalen der Futterqualität im Februar aller drei Untersuchungsjahre, n = 48, Versuch *N-Düngung*

	K	Na	Mg	Ca	Ertrag	DOM	Ergosterol
P	0,70**	0,72**	0,66**	-0,04	0,61**	0,26	0,17
	K	0,23	0,50**	-0,09	0,49**	0,41**	-0,16
		Na	0,50**	<0,01	0,40**	0,23	0,14
			Mg	0,53**	0,36*	0,12	0,44**
				Ca	-0,41**	0,10	0,17
					Ertrag	0,02	0,28
						DOM	-0,41**

Lebenslauf

Name: Katja Banzhaf

Geburtsdatum: 12.06.1977

1983-1989 Grundschule mit anschließender Förderstufe
(Gladenbach-Weidenhausen)

1989-1996 Gymnasium an der Freiherr-vom-Stein-Schule
(Europaschule Gladenbach)
Abschluss: Abitur

10/1996-04/2002 Studium der Agrarwissenschaften an der Justus-Liebig-
Universität Gießen
Fachrichtung: Pflanzenproduktion
Abschluss: Diplom

10/1998-09/1999 Landwirtschaftliches Praktikum
in Heuchelheim-Kinzenbach, Rabenau-Londorf und
Schondorf a. Ammersee
Abschluss: Praktikantenprüfung

09/2001-10/2001 Praktikum bei der Zertifizierungsorganisation CCOF
in Santa Cruz, USA

Seit Juni 2002 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II
- Grünlandwirtschaft und Futterbau –
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Anfertigung der vorliegenden Arbeit

Mein Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Opitz v. Boberfeld für die Überlassung des Themas, die fachliche Beratung und jederzeit gewährte Unterstützung dieser Arbeit;

Herrn Prof. Dr. R. Marquard für die freundliche Übernahme des Korreferats;

allen Mitarbeitern des Instituts und der Versuchsstation Linden-Forst für die gute Zusammenarbeit;

meinen Kollegen und Freunden Eva Czynski, Silke Echternacht, Katja Elsebach, Harald Laser, Edwin Mandler, Przemyslaw Mazur, Judith Oerlemans, Gerhard Schlimbach, Maik Sterzenbach, Peter Theobald und Katrin Wöhler für die technischen und fachlichen Hilfen, das angenehme Arbeitsklima und die schöne gemeinsame Zeit;

meinen Eltern und meiner Schwester;

meinem Freund Michael.

Das Probenmaterial wurde im Rahmen eines durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Normalverfahrens und des Sonderforschungsbereiches 299 "Landnutzungskonzepte für periphere Regionen" gewonnen; für die finanzielle Förderung sei an dieser Stelle gedankt.