

Forschungsbericht

Nr. 85

Quantifizierung horizontaler Nährstoffbewegungen durch angepasste Weidewirtschaft mit Schafen in Naturschutzgebieten

Projektleitung: PD Dr. E. Nieß
Prof. Dr. E. Pfeffer

Projektbearbeiter: Dr. S. Brenner

Institut für Tierernährung

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, Juni 2002

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Dr. Erhard Nieß und Prof. Dr. Ernst Pfeffer

Projektbearbeiter: Dr. Sven Brenner

Institut für Tierernährung
Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2292

Zitiervorschlag:

BRENNER, S., E. NIEß UND E. PFEFFER (2002): *Quantifizierung horizontaler Nährstoffbewegungen durch angepasste Weidewirtschaft mit Schafen in Naturschutzgebieten*. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 85, 92 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Eignung der Schafe in der Landschaftspflege.....	2
2.2	Auswirkungen der Schafbeweidung.....	5
2.2.1	Tritt.....	5
2.2.2	Verbiss.....	5
2.2.3	Ausscheidungen.....	7
2.2.4	Veränderungen im Pflanzenbestand.....	8
2.3	Schlussfolgerungen aus der Literatur und Problemstellung.....	12
3	Material und Methoden	13
3.1	Allgemeines zur Versuchsplanung und -durchführung.....	13
3.2	Versuchsaufbau	13
3.3	Versuchsvorbereitung.....	14
3.3.1	Konstruktion der Kotsammelgeschirre.....	15
3.3.2	Konstruktion der Stoffwechsellkäfige.....	16
3.4	Tiere	18
3.5	Versuchsdurchführung	19
3.5.1	Bestimmung der Futteraufnahme	21
3.5.2	Chemische Analyse der Futter-, Kot- und Harnproben.....	22
3.5.3	Vegetationskundliche und pflanzensoziologische Methoden	23
4	Die Untersuchungsflächen	26
4.1	Geographische Lage.....	26
4.2	Geologie und Böden.....	26
4.3	Klima.....	27
4.4	Die Pflanzengesellschaften der Untersuchungsflächen.....	29
4.4.1	Einordnung in das pflanzensoziologische System	29
4.4.1.1	Kalkmagerrasen	29
4.4.1.2	Festuca rubra-Agrostis tenuis-Gesellschaft.....	32

5	Ergebnisse	35
5.1	Beweidungsversuch.....	35
5.1.1	Versuchsverlauf.....	35
5.1.2	Aufwuchsmengen und Futteraufnahme.....	35
5.1.3	Inhaltsstoffe im Futter	36
5.1.4	Ausscheidungen.....	38
5.1.4.1	Kot	38
5.1.4.2	Harn	40
6	Diskussion.....	41
6.1	Fehlerbetrachtung.....	41
6.1.1	Futteraufnahmebestimmung.....	41
6.1.2	Messung der Kot- und Harnausscheidungen.....	43
6.2	Verdaulichkeitsbestimmung.....	44
6.3	Tierbezogene Nährstoffbilanzen	46
6.4	Nährstoffaustrag aus Naturschutzgebieten.....	48
6.4.1	Im Beweidungsversuch gemessener Nährstoffaustrag.....	48
6.4.2	Nährstoffaustrag am Beispiel eines Praxisbetriebs	54
6.4.3	Bewertung des Nährstoffaustrags.....	60
6.5	Einfluss der Beweidung auf die Vegetation.....	62
6.5.1	Nahrungsaufnahmeverhalten und Selektion.....	62
6.5.2	Bestandsveränderung durch Beweidung	63
7	Schlussfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis.....	71
8	Zusammenfassung	72
9	Literaturverzeichnis	74
10	Anhang.....	82

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Versuchsaufbau.....	14
Tabelle 2:	Zeitliche Abfolge der Untersuchungen und Größe der Untersuchungsflächen der Sammelperiode.....	19
Tabelle 3:	Dezimalskala nach LONDO (1976) zur Bestimmung des Deckungsgrades bei Vegetationsanalysen mit Zuordnung der Schätzkategorien.....	25
Tabelle 4:	Wetterdaten der Standorte Ahrhütte (1998) und Zülpich-Sinzenich (1999) im Vergleich mit den langjährigen Mitteln von 1977 bis 1999 (LINDEN 2000)	28
Tabelle 5:	Enzian-Schillergrasrasen (Gentiano-Koelerietum pyramidatae), Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen A (Erzberg) und B (Hämmersberg) (1998), erstellt nach der Methode von WILMANN'S (1993).....	30
Tabelle 6:	Rotschwengel-Rotstraußgras-Gesellschaft (Festuca rubra-Agrostis tenuis- Gesellschaft), Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen C und D in der Schavener Heide (1999), erstellt nach der Methode von WILMANN'S (1993).....	34
Tabelle 7:	Aufwuchsmenge und Futteraufnahme	36
Tabelle 8:	Inhaltsstoffe [g/kg T] im entzogenen Aufwuchs.....	37
Tabelle 9:	Kot-Trockensubstanz-Mengen [g/Tier und Tag] im Mittel der Versuchstiere und die prozentuale Verteilung auf Pferch- und Weidezeiten getrennt nach den Versuchsjahren	38
Tabelle 10:	Kotzusammensetzung (Trockensubstanz [g/kg FM] , Weender Rohnährstoffe und Mineralstoffe [g/kg T]) im Mittel der Versuchstiere	39
Tabelle 11:	Im Pferch mit dem Harn ausgeschiedene Nährstoffmengen [g/Tier u. Tag].....	40
Tabelle 12:	Mittelwerte (ξ) und Standardabweichung (s) der prozentualen Veränderungen der zu Beginn jeder Beweidung gemessenen Pflanzenmassen von jeweils sechs unbeweideten Kontrollquadraten	42
Tabelle 13:	Verdaulichkeitsquotienten (%) der Trockensubstanz (VQ T), der Organischen Substanz (VQ OS) und der Rohfaser (VQ XF) im aufgenommenen Aufwuchs.....	44
Tabelle 14:	Tierbezogene Bilanzen (g/Tier u. Tag) als Differenz der Aufnahme abzüglich der Kot- und Harnausscheidungen.	47

Tabelle 15:	N-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag.....	49
Tabelle 16:	P-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag	51
Tabelle 17:	K-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag.....	51
Tabelle 18:	Umsetzbare Energie (ME) im aufgenommenen Futter im Laufe der Vegetationsperioden auf den Kalkmagerrasen (1998) und den Heideflächen (1999).....	55
Tabelle 19:	Bedarf an umsetzbarer Energie (GfE 1996) und unterstellte Futteraufnahme der Mutterschafe und Lämmer in Abhängigkeit von den Energiegehalten im aufgenommenen Futter	57
Tabelle 20:	Nährstoffaustrag in g/Tier und Tag der drei alternativ unterstellten Varianten mit unterschiedlichen Tageszunahmen der Lämmer.....	59
Tabelle 21:	Gesamtnährstoffaustrag in kg/ha und Jahr der drei Varianten mit unterschiedlichen, unterstellten Tageszunahmen der Lämmer	60
Tabelle 22:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche B (Hämmersberg) (Versuch 2)	65
Tabelle 23:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche A (Erzberg) (Versuch 3)	66
Tabelle 24:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche B (Hämmersberg) (Versuch 4)	67
Tabelle 25:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche C (Versuch 5).....	68
Tabelle 26:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche D (Versuch 6).....	69
Tabelle 27:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche C (Versuch 7).....	69
Tabelle 28:	Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche D (Versuch 8).....	70

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Hammel mit Kotsammelgeschirr auf Untersuchungsfläche A (Erzberg) im Mai 1998.....	15
Abbildung 2:	Stoffwechselkäfige A: Vorderansicht mit Aufgängen und vorgelagertem Hürdenbereich B: Ablauf- und Auffangvorrichtung für den Harn sowie Sprüheinrichtung mit Druckbehältern und Zeitschaltanlage	17
Abbildung 3:	Tägliche Weide- und Pferchzeiten der Jahre 1998 und 1999.....	20
Abbildung 4:	Versuchsanlage und Unterteilung der Untersuchungsfläche in Vor- und Sammelperiodenfläche mit Untersuchungsquadraten.....	22
Abbildung 5:	Höhe der täglichen N-, P- und K-Ausscheidungen je Tier und deren Verteilung auf Pferch und Weide in den Versuchsjahren 1998 und 1999.....	53
Abbildung 6:	Nährstoffverlagerung am Beispiel Stickstoff (g N/Tier und Tag) in der ersten Weideperiode.....	58

Verzeichnis der Tabellen im Anhang

Tabelle A 1:	Lebendmassen der ausgewählten Schafe an den verschiedenen Wägeterminen in den beiden Versuchsjahren 1998 und 1999.....	83
Tabelle A 2:	Pflanzenmassen auf den Untersuchungsquadraten vor und nach der Beweidung und die aus der Differenz resultierenden, aufgenommenen Futtermengen in der Vegetationsperiode 1998	84
Tabelle A 3:	Pflanzenmassen auf den Untersuchungsquadraten vor und nach der Beweidung und die aus der Differenz resultierenden, aufgenommenen Futtermengen in der Vegetationsperiode 1999	85
Tabelle A 4:	Gehalte an Trockensubstanz, an Weender Roh Nährstoffen und an Mineralstoffen im Kot der Einzeltiere in den Versuchen 1998 in g/kg T.....	86
Tabelle A 5:	Gehalte an Trockensubstanz, an Weender Roh Nährstoffen und an Mineralstoffen im Kot der Einzeltiere in den Versuchen 1999 in g/kg T.....	87
Tabelle A 6:	Trockensubstanz und Weender Roh Nährstoffe im Aufwuchs zu Beginn und am Ende der Beweidung im Mittel (\bar{x}) der jeweils 24 Untersuchungsquadrate mit den Standardabweichungen ($\pm s$).....	88
Tabelle A 7:	Mineralstoffgehalte im Aufwuchs zu Beginn und am Ende der Beweidung im Mittel (\bar{x}) der jeweils 24 Untersuchungsquadrate mit den Standardabweichungen ($\pm s$).....	90
Tabelle A 8:	Gesamtartenliste aller in der Untersuchung behandelten Pflanzenarten mit wissenschaftlichen und deutschen Namen nach WISSKIRCHEN und HAEUPLER (1998)	92

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Neben den international gebräuchlichen SI-Einheiten und den üblichen Abkürzungen für chemische Elemente wurden folgende Abkürzungen verwendet:

DG _n	Deckungsgrad nach der Beweidung
DG _v	Deckungsgrad vor der Beweidung
DOS	verdauliche Organische Substanz
DXF	verdauliche Rohfaser
DXL	verdauliches Rohfett
DXP	verdauliches Rohprotein
ha	Hektar
LM	Lebendmasse
ME	Umsetzbare Energie
n.a.	nicht auswertbar
NEL	Netto-Energie-Laktation
NN	Normal Null
OS	Organische Substanz
s	Standardabweichung
T	Trockensubstanz
V1 - V8	Versuch 1 bis Versuch 8
VQ	Verdaulichkeitsquotient
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein

1 Einleitung

Die Schafhaltung wird heute vermehrt als eine mögliche Maßnahme zur Regenerierung und Erhaltung von Wasser- und Naturschutzgebieten in der Landschaftspflege eingesetzt. Besonders bei der Pflege von Grünlandbiotopen wie Kalkmagerrasen, Heiden und Mooren stellt die Beweidung mit Schafen oft die einzig sinnvolle Bewirtschaftung dar. Aufgrund der geringen Ansprüche extensiver Landschaftsrassen an das Futter und die Haltungsbedingungen sind sie häufig anderen Weidetierarten vorzuziehen (WILKE 1988). Die maschinelle Pflege ist meist aufgrund ungünstiger Standortbedingungen wie Hangneigung, Gehölze, Vernässung etc. nicht oder nur unter erheblichem Aufwand möglich. Zudem bedeutet die Beweidung mit Schafen eine Integration der Landschaftspflege in die landwirtschaftliche Produktion.

Ein Verfahren innerhalb der Schafhaltung ist die Hüteschafhaltung, bei der die Schafe tagsüber weiden und nachts sowie auch meist über Mittag gepfercht werden. Um eine punktuelle Eutrophierung der zu schützenden Pflanzenbestände zu vermeiden, werden heute Bewirtschaftungsauflagen erhoben. Neben jahreszeitlichen Einschränkungen der Beweidung zum Schutz einzelner gefährdeter Tier- oder Pflanzenarten dürfen Mittags- und Nachtpferch ausschließlich auf intensiven Grünlandflächen oder Äckern errichtet werden. Somit soll neben dem Ziel der Offenhaltung der Biotope durch den Verbiß unerwünschter Pflanzen (Vermeidung von Verfilzung und Sukzession) der Effekt der Aushagerung erreicht werden. Dies spielt besonders bei der Regenerierung von Grünlandbiotopen, die zwischenzeitlich im Zuge intensiverer Nutzung gedüngt wurden, eine Rolle. Durch den Nährstoffentzug soll sich langfristig die frühere, biotoptypische Vegetation wieder einstellen.

In diesem Zusammenhang kommt dem horizontalen Nährstofftransport entscheidende Bedeutung zu, während eine vertikale Verlagerung insbesondere des Nitratstickstoffs für den abiotischen Ressourcenschutz relevant ist.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde daher die Hüteschafhaltung in der Landschaftspflege näher untersucht. Das wichtigste Ziel bestand in der quantitativen Ermittlung der horizontalen Nährstoffbewegungen zwischen Weide und Pferch, wobei Stickstoff, Phosphor und Kalium im Vordergrund standen. Ergänzend dazu wurden vegetationskundliche Untersuchungen durchgeführt, um Futterpräferenzen der Schafe und Veränderungen im Pflanzenbestand im Laufe einer Weideperiode zu ermitteln.

2 Literaturübersicht

Rasenökosysteme als ausgesprochen typische Elemente der herkömmlichen europäischen Landwirtschaft verdanken ihre Entstehung gewöhnlich einer spezifischen Nutzungsart. Sie werden daher als anthropo-zoogene Lebensräume bezeichnet und sind wesentliche Bestandteile unserer Kulturlandschaft (PLACHTER und SCHMIDT 1995).

Über einen längeren Zeitraum hinweg wurde von Seiten des Naturschutzes Landschaftspflege häufig als rein museale Pflege verstanden, bei der keine oder nur in geringstem Umfang marktfähige Produkte erzeugt werden (KRAHL 1995, PLACHTER und Beinlich 1995). Eine solche Biotoppflege in Form von Mahd, Abräumen und Kompostieren wird neben ökonomischen Überlegungen auch aus naturhaushaltlicher Sicht als fragwürdig angesehen (SCHUMACHER et al. 1995).

Heute verfolgt man verstärkt die Strategie der „Pflegenutzung“ (TAMPE 1995). Diese baut auf traditionellen und durchaus produktorientierten Nutzungsformen auf, die allerdings nach heutigen Maßstäben als sehr extensiv einzustufen sind. Diese Art der Bewirtschaftung ist gekennzeichnet durch einen totalen Verzicht auf jegliche Düngung und durch geringe Nutzungshäufigkeit. Nach KNAUER (1987) und KÖHNE (1987) ist nur die totale Brache und natürliche Sukzession als extensiver einzustufen.

2.1 Eignung der Schafe in der Landschaftspflege

POTT und HÜPPE (1994) formulieren die allgemeinen Ziele der Landschaftspflege mit Weidetieren wie folgt:

- Öffnung bereits verbuschter Flächen
- schonende und pflegende Nutzung kleinflächiger Biotope primär zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt und Narbenstruktur
- Sukzessionskontrolle, vor allem auf größeren Flächen zur Erhaltung des landschaftsökologischen Bildes und damit auch Förderung der Artenvielfalt.

Im einzelnen können die angestrebten Ziele jedoch sehr unterschiedlich sein. Die sich daraus ergebenden Pflegemaßnahmen und -konzepte richten sich im Wesentlichen nach den standörtlichen Gegebenheiten und dem davon abhängenden Biotoptyp. In diesem Zusammenhang differenzieren MICHELS und WOIKE (1994) nach Biototypen. So ist das vorrangige Ziel bei der Beweidung von Kalkmagerrasen in der Regel eine artenreiche

Vegetation, die blütensuchenden Insekten einen geeigneten Lebensraum bietet. Bei entwässerten Mooren geht es häufig darum, das unerwünschte Pfeifengras (*Molinia caerulea*) zurückzudrängen und durch Verbiss der Gehölze den Moorkörper offen zuhalten.

Zum Erreichen der aufgeführten Ziele werden dem Schaf im Vergleich zu anderen Weidetierarten besonders günstige Eigenschaften zugeschrieben (LUTZ 1990, POTT und HÜPPE 1994). Die Nutzung von Grenzertragsböden durch Schafbeweidung stellt eine sehr alte Bewirtschaftungsform dar. Erst in den letzten Jahrzehnten kam dem naturschützerischen Aspekt größere Bedeutung zu, doch kann für den landschaftspflegerischen Einsatz von Schafen auf eine Jahrhunderte lange Erfahrung der Schafhaltung auf Magerflächen zurückgegriffen werden.

Speziell für die Pflege von extensivem Grünland ist das Vorhandensein von Landschaftsrassen von Vorteil. Von verschiedenen Autoren wird auf die Eigenschaften und Merkmale von Landschaftsrassen hingewiesen, die den Bedürfnissen/Anforderungen der Landschaftspflege entgegenkommen (FEHSE 1974, SCHARNHÖLZ und SCHARNHÖLZ 1983, SCHLOLAUT 1987, WOIKE und ZIMMERMANN 1992):

- Robustheit gegenüber rauen klimatischen Verhältnissen
- Genügsamkeit gegenüber karger Futtergrundlage
- Anpassung an lokale Umweltbedingungen
- Geringe Anfälligkeit für Krankheiten
- Meist ausgeprägter Herdentrieb
- Gute Marschfähigkeit bzw. harte Klauen
- Gute Muttereigenschaften, leichte Geburten und vitale Lämmer.

In diesem Zusammenhang weist LUTZ (1990) auf die Fähigkeit der Landschaftsrassen hin, ihre Leistung überwiegend aus dem Grundfutter erbringen zu können.

Gegenüber anderen Pflegeverfahren stellt die Schafbeweidung häufig die kostengünstigste Lösung dar (THIELE-WITTIG 1974).

Die für die Pflege von Biotopen wichtigsten Betriebsformen werden von WOIKE und ZIMMERMANN (1992) wie folgt beschrieben:

Die **Wanderschafhaltung** ist durch den jahreszeitlichen Standortwechsel der Herde zwischen meist weit auseinander liegenden Weideplätzen gekennzeichnet. Die Vorsommer- und Sommerweiden befinden sich in der Regel in den Höhenlagen auf Grenzertragsböden und

landwirtschaftlich nicht mehr genutzten Flächen. Zur Herbst- und Winterweide werden die Schafe in die klimatisch günstigeren, wintermilden Regionen getrieben. Die Wanderschafhaltung als ehemals vorherrschende Form der Schafhaltung ist heute stark rückläufig. Sie umfasst ca. 18 % der in Deutschland gehaltenen Schafe (VDL 1994/1995).

Bei der **standortgebundenen (stationären) Hüteschafhaltung** besteht ein fester Herdensitz. Sie erfordert in der Regel Eigen- oder Pachtland zur Werbung von Winterfutter sowie einen Winterstall. Dem Schäfer wird ein sesshaftes Leben ermöglicht, allerdings sind höhere Anfangsinvestitionen für Stallgebäude und die Kosten für die Winterfütterung aufzubringen. Diese Art der Haltung wird für die Zukunft als die bedeutendste Betriebsform für die Landschaftspflege angesehen. 1994 wurden etwa 40 % des Schafbestandes in dieser Form gehalten (VDL 1994/1995).

Koppelschafhaltung auf umzäunten Weideflächen ohne ständige Beaufsichtigung kann mit den unterschiedlichsten Herdengrößen oder auch gemeinsam mit anderem Vieh betrieben werden. Es wird zwischen der Standweide und der Umtriebsweide unterschieden. Die Standweide ist durch eine ständige Beweidung der Parzelle und dadurch geringere Besatzdichte gekennzeichnet. Bei der Umtriebsweide wird mit einer entsprechend höheren Besatzdichte regelmäßig zwischen mehreren Parzellen gewechselt. 1990 wurden etwa 42 % aller Schafe auf Koppeln gehalten (VDL 1994/1995).

LUTZ (1990) zeigt in einem Vergleich die Vorteile der beiden Hütetehaltungssysteme gegenüber der Koppelschafhaltung aus Sicht der Landschaftspflege auf. Herdengrößen von bis zu 800 Tieren und mehr ermöglichen eine großflächige Pflege. Die Möglichkeit differenzierter Beweidungsintensität aufgrund der flexibleren Art der Haltung gewährleistet eine gute Reaktionsfähigkeit auf Vegetation und Pflegeansprüche. Auch WOIKE und ZIMMERMANN (1992) betonen, dass durch unterschiedliche Hütetechniken und Herdenstärken eine Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten möglich ist. So wird im weiten Gehüt eine größere Fläche locker beweidet, während durch Zusammenziehen der Schafe zum engen Gehüt mit intensivem Verbiss ein Zustand hergestellt werden kann, der zusätzliche Pflegemaßnahmen weitgehend erübrigt.

2.2 Auswirkungen der Schafbeweidung

2.2.1 Tritt

Weidetiere beeinflussen durch Tritt, Biss und das Ausscheiden von Exkrementen die Konkurrenzsituation im Pflanzenbestand (LUTZ 1990; KLAPP 1965, KLAPP 1971; TISCHLER 1980; VOISIN 1961).

Die Trittwirkung von Schafen ist aufgrund des geringeren Körpergewichts der Tiere schonender als die von Großvieh (VON KORN 1992). Unterschiede zwischen einzelnen Rassen hinsichtlich des Tritts sind nicht bekannt. Wie bei anderen Weidetierarten nimmt die Klaue des Schafes über die unterschiedliche Trittempfindlichkeit der Pflanzen Einfluss auf die Artenzusammensetzung der Narbe. Pflanzenarten mit geringerer Tritttoleranz können zurückgedrängt werden (MÜNDEL und SCHUMACHER 1991). Das eventuelle Aufreißen der Weidenarbe schafft zudem kleine vegetationsfreie Stellen, wodurch sich die Keimbedingungen für Gehölzsamen verbessern (ELLENBERG 1996).

2.2.2 Verbiss

Der Einfluss auf den Pflanzenbestand durch den Biss der Schafe wird, verglichen mit dem Tritt, als der entscheidende Einflussfaktor angesehen (LUTZ 1990, WOIKE und ZIMMERMANN 1992). Die schmale Kopfform und die spezielle Anatomie des Mauls mit seiner gespaltenen Oberlippe ermöglichen dem Schaf eine sehr selektive Fressweise (Futteraufnahme) und ein besonders tiefes Verbeißen der Weidepflanzen (PORZIG 1969). Das Spektrum der von Schafen verbissenen Pflanzen ist sehr breit. Die hieraus abzuleitende Anspruchslosigkeit bezüglich des Futters wird von LUTZ (1990) relativiert, da die Tiere insbesondere wertvolle, hochverdauliche Pflanzen und Pflanzenteile herausselektieren. Hierbei zeigen die einzelnen Rassen deutliche Unterschiede. SCHLÖLAUT (1987) berichtet, dass die mittlere Verdaulichkeit der gefressenen Grünmasse selbst bei jungem Aufwuchs noch um über 20 % höher liegt als die mittlere Verdaulichkeit des Gesamtbestandes.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Untersuchung der Selektion von Futterpflanzen bei Weidetieren ergeben, bestehen nach TRIBE (1950) vor allem darin, dass keine Methode der Probenahme von Weidepflanzen exakt die Mischung wiedergeben kann, die der vom Tier ausgewählten tatsächlich entspricht.

NIETHAMMER (1979) führt unterschiedliche Methoden auf, die sich zur Bestimmung der aufgenommenen Nahrung vieler Säugetierarten eignen:

1. unmittelbare Beobachtung
2. Auswertung von Fressspuren und Resten von Mahlzeiten
3. Inhalt von Vorratslagern und Backentaschen
4. Magen- und Darminhalt
5. Kot.

Nach SOUMARÈ (1981) kommen bei Nutztieren hauptsächlich die erste, vierte und bedingt auch die fünfte Methode zur Anwendung. In seiner eigenen Untersuchung zum Aufnahmeverhalten von Ziegen auf unterschiedlichen Weiden wendet er zum einen die Quadratmethode an, bei der der Pflanzenbestand vor und nach der Beweidung auf einzelnen Untersuchungsquadraten erfasst wird, indem die Ertragsanteile der Pflanzengruppen Gräser, Leguminosen und Kräuter bestimmt werden. Zum anderen führt er unmittelbare Beobachtungen durch, die sich auf visuelle Beobachtungen, Filmaufnahmen und Serienfotografien erstrecken.

In einer Übersicht stellt SOUMARÈ (1981) die Ergebnisse verschiedener Autoren zusammen, die Präferenzlisten hinsichtlich der Aufnahme einzelner Futterpflanzenarten erstellt haben.

Es wird allgemein festgestellt, dass das von Rindern aufgenommene Futter bei ausreichendem Vorhandensein bis zu mehr als 80 % aus Gräsern besteht, während Ziegen überwiegend Kräuter, Blätter und Triebe von Gehölzen aufnehmen. Schafe nehmen hier eine Mittelstellung ein. Bei allen Tierarten wurde ein Nachlassen der Selektion der Futterpflanzen beobachtet, wenn die Weidefläche verringert oder die Bestandszahlen und damit die Besatzdichte erhöht wurden.

Ein weiteres Verfahren, Rückschlüsse auf das aufgenommene Futter zu ziehen, wird in der sogenannten Kot-Stickstoff-Methode, auch Kot-Index-Technik bezeichnet, gesehen. Diese Methode basiert auf der positiven Korrelation des N-Gehaltes im Kot von Wiederkäuern mit der Verdaulichkeit des Futters (SCHMIDT 1992). Je Mengeneinheit Futtertrockensubstanz wird eine konstante Stickstoffmenge im Kot ausgeschieden. Diese Indikatormethode, bei der der Indikator der aus dem Futter stammende Stickstoff ist, wurde in erster Linie zur Futterwertschätzung entwickelt. SCHMIDT et al. (1999) weisen jedoch daraufhin, dass sich durch gleichzeitige Untersuchung von Futter und Kot das Ausmaß der Futterselektion feststellen lässt.

2.2.3 Ausscheidungen

Durch Beweidung werden zunächst Nährstoffe entzogen. Über die Ausscheidungen der Tiere mit Kot und Harn werden dem Boden leicht pflanzenverfügbare Nährstoffe wieder zugeführt. Werden die Schafe auf engem Raum gehalten, was beim Pferchen nachts oder mittags der Fall ist, kann es zu einer erheblichen Anreicherung von Nährstoffen kommen (WOIKE 1996). Zur Abschätzung der Nährstoffanreicherung im Pferch werden in der Literatur häufig die von WILKE et al. (1988) genannten Größenordnungen zugrundegelegt. Hier wird davon ausgegangen, dass bei einer üblichen Schafdichte von einem Schaf je 1-1,4 m² und einer Herdengröße von 600 Schafen ein Stickstoffeintrag von 15 kg N je Pferchnacht erfolgt. Das entspricht einer Menge von 180 bis 250 kg N je ha und Pferchnacht. Nach Angaben von HAFEZ (1969) setzen Schafe täglich sechs bis acht mal Kot und neun bis 13 mal Harn ab.

In Bezug auf die Nährstoffausscheidungen und deren zeitliche und räumliche Verteilung werden in der Literatur häufig EIGNER und SCHMATZLER (1991) zitiert. Hier wird auf Untersuchungen von GÖRSCHEN und MÜLLER (1985/1986) verwiesen, die feststellten, dass bei optimaler Weideführung die Schafe überwiegend abends und nachts im Pferch und morgens auf dem Triftweg vom Pferch zur Weide Kot absetzen. Auf die Weidezeit im Moor selbst entfallen nur etwa 30 % des täglich ausgeschiedenen Kots.

Die genannten Untersuchungen befassen sich speziell mit Pflege- und Regenerierungsmaßnahmen in Hochmooren mit Moorschnucken. Die Frage der Übertragbarkeit auf andere Biototypen und andere Schafrassen bleibt offen.

An die Methodik zur Erfassung der Ausscheidungen werden gerade bei weidenden Tieren besondere Anforderungen gestellt. Die Tiere dürfen durch entsprechende Vorrichtungen in ihrem Verhalten besonders hinsichtlich der Futteraufnahme nicht beeinträchtigt werden. MURRAY (1994) untersuchte den Einfluss von Kotsammelgeschirren auf die Futteraufnahme von Schafen. Dazu wurden 48 Schafe im Alter von 16 Monaten einheitlich in Einzelboxen aufgestellt und mit drei verschiedenen Futterzuteilungsmengen in drei Perioden (acht Wochen) nach dem Prinzip des doppelten lateinischen Quadrats gefüttert. Nach 38 Tagen jeder Periode wurden den Schafen die Sammelgeschirre angelegt. Von Tag 44 bis 56 wurden die Sammelbeutel angehängt und täglich Kot gesammelt, mit dem Ergebnis, dass die Trockensubstanzaufnahme nach Anlegen der Geschirre bis zu 10 % zurückging. Dagegen kamen COLE et al. (1996) bei einem Versuch mit sechs Gruppen von vier bis sechs Schafen zu dem Ergebnis, dass sich Kotsammelgeschirre nicht negativ auf die Futteraufnahme (mit Ausnahme von zwei Schafen) auswirken, solange die Geschirre exakt angepasst sind.

In einem Vergleich der Kotbeutelmethode und einer Markermethode mit Cr_2O_3 kamen SANKHYAN et al. (1999) zu identischen Ergebnissen für beide Methoden. Zur Bestimmung der Verdaulichkeit und der umsetzbaren Energie von Weidefutter unter Weidebedingungen setzten WAYNE COOK et al. (1952) Kotsammelbeutel in Kombination mit Urinalen ein.

LAMPRECHT (1987) entnahm zur Erstellung einer Stickstoffbilanz auf einer Hochmoorfläche bei Beweidung mit Heidschnucken stichprobenartig Kotproben von den vorher mengenmäßig erfassten Kotstellen. Die Harnausscheidungen blieben unberücksichtigt, jedoch wurde angenommen, dass der Eintrag durch den Harn für den Stickstoffhaushalt der beweideten Fläche eine wichtigere Rolle spielt als der Koteintrag. Bei dem bereits erwähnten Vergleich von Mahd und Beweidung als Pflegemaßnahme in regenerierenden Hochmooren erfassten GÖRSCHEN und MÜLLER (1985/1986) die Kotmengen von einzelnen Schafen mit Hilfe von Kotbeuteln. Auch hier wurden die Harnausscheidungen nicht berücksichtigt.

BRIEMLE und JILG (1997) wandten auf einer drei- bis vierschürigen Mähweide Bodenuntersuchungen in verschiedenen Bodenschichten an, um die Auswirkungen des nächtlichen Schafpferchens auf den Mineralstickstoffgehalt im Boden zu quantifizieren. Eine Akkumulation von Mineralstickstoff war nur in der oberen Bodenschicht bis 30 cm Tiefe festzustellen. Eine nennenswerte Verlagerung des auswaschungsgefährdeten Nitrat-Stickstoffs in tiefere Bodenschichten war selbst sieben Wochen nach der Nächtigung nicht nachzuweisen. Die Höhe der N-Ausscheidungen von Mutterschafen, Nachzucht und Lämmern bei verschiedenen Mastverfahren wurden mit Hilfe eines Nährstoffbilanzierungsprogramms geschätzt. Bezüglich der N-Ausscheidungen im Pferch und auf der Weide wurde vorausgesetzt, dass die Schafe bezogen auf die Zeiteinheit im Pferch wie auch auf der Weide die gleichen N-Mengen ausscheiden.

2.2.4 Veränderungen im Pflanzenbestand

Pflanzengemeinschaften und somit auch Grünlandbestände sind von ihrer Umwelt abhängige, konkurrenzbedingte Artenkombinationen (ELLENBERG et al. 1992, KLAPP 1965). Zur Umwelt zählen nicht nur die natürlichen Standortfaktoren wie Klima und Boden, sondern auch die Art und Intensität der Bewirtschaftung (BRIEMLE 1993).

Die oben näher beschriebenen Einflussgrößen der Schafbeweidung, Tritt und Verbiss, wirken direkt auf die Vegetation und damit auf Artenzusammensetzung und Artenvielfalt.

Bei anhaltender Brache kommt es auf Magerrasen zur Dominanz der Gräser *Brachypodium pinnatum* (Fiederzwenke) und *Bromus erectus* (Aufrechte Trespe). Analog dazu verhält es

sich in Mooren mit *Molinia caerulea*, dem Pfeifengras (MICHELS und WOIKE 1994). Das Absterben der Blattmasse führt zu einer stetig anwachsenden Altgrasauflage (Verfilzung), durch die lichtbedürftige und konkurrenzschwache Arten verdrängt werden (SPATZ 1994, MÜNZEL und SCHUMACHER 1991). Bei ihrer Untersuchung über Regeneration und Erhaltung von Kalkmagerrasen durch Schafbeweidung legten MÜNZEL und SCHUMACHER (1991) zur Ermittlung der Weidewirkung 50 beweidete Dauerquadrate an. Zehn weitere, eingezäunte und von der Beweidung ausgeschlossene Dauerquadrate dienten zur Dokumentation des Ausgangszustandes. Im Untersuchungszeitraum von vier Vegetationsperioden wurde ein Anstieg der Artenzahlen auf den beweideten Dauerquadraten ermittelt. Im Gegenzug nahm der Grad der Verfilzung ab, der als Deckungsgrad der Nekromasse in Prozent geschätzt und in vier Stufen unterteilt wurde.

Insbesondere frühblühende Arten wie *Orchis mascula*, *Primula veris*, *Pulsatilla vulgaris* u. a. nahmen zu. Ebenso traten aufgrund ihrer geringen Größe konkurrenzschwache Arten wie *Asperula cynanchica* oder *Linum catharticum* und einjährige Arten wie *Euphrasia stricta* oder *E. officinalis* wieder vermehrt auf.

Der Artenanstieg wurde im Wesentlichen auf das noch im Boden vorhandene Samenpotential zurückgeführt. Es wird aber auch auf einen direkten Artaustausch und -eintrag durch die Schafe hingewiesen. Vielfach konnten an Fell und Klauen Samen, Früchte und andere Pflanzenteile beobachtet werden. Untersuchungen von FISCHER et al. (1995) bestätigen die Bedeutung der Wanderschäferei für den Artaustausch aus floristischer wie auch faunistischer Sicht zwischen isolierten Schaftriften. MÜNZEL und SCHUMACHER (1991) weisen darauf hin, dass zur Absicherung langfristiger Effekte der Schafbeweidung längere Untersuchungszeiträume notwendig sind.

Ein weiterer, durch die Bewirtschaftung entscheidend beeinflusster Standortfaktor ist die Nährstoffverfügbarkeit im Boden. Durch Ausbringen von Dünger, aber auch durch die Akkumulation von Exkrementen bei Beweidung tritt das natürliche Nährstoffnachlieferungsvermögen in den Hintergrund. Das bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die Konkurrenzsituation zwischen den Pflanzenarten. Konkurrenzschwache, typische Arten der nährstoffarmen Standorte, von VERBÜCHELN (1992) als „Düngerflieher“ bezeichnet, werden von nitrophilen Arten verdrängt (ELLENBERG et al. 1992). Demnach kommt den Ausscheidungen der Weidetiere bzw. deren Verteilung eine entscheidende Bedeutung in Bezug auf die Artenzusammensetzung zu. Während durch Mahd eine klar definierbare und im geernteten Material feststellbare Menge an Mineralstoffen entzogen wird, ist die

Nährstoffdynamik unter Beweidung wesentlich schwieriger zu erfassen (SPATZ 1994). Die Nährstoffmengen, die Weidetiere durch Lebendmassezuwachs, Wolle und gegebenenfalls durch Milch entziehen, sind relativ gering. Die weitaus größere Menge gelangt über Kot und Harn wieder auf die Weidefläche zurück. Bei unregelmäßiger Weideführung in Form einer extensiven Standweidewirtschaft kommt es nach SPATZ (1994) zu einer Stoffumverteilung, die zu ausgehagerten Flächen einerseits, zu eutrophierten Flächen andererseits führt, mit der Folge einer kleinflächigen Vegetationszonierung.

Bei der klassischen Herdenschafhaltung (historische Nutzungsform) kam es dagegen zu einer generellen Aushagerung der Magerflächen, da sich hier die Schafe nur stundenweise zur Futteraufnahme auf der Weide befanden. In der übrigen Zeit wurden die Tiere mit dem Ziel einer Düngung meistens auf Ackerflächen gepfercht.

Dieser, für die Erhaltung von Magerrasen und Heiden notwendige Stoffentzug ist ein wichtiges Kriterium, welches bei heutigen Pflegekonzepten zu berücksichtigen ist. Nach WOIKE und ZIMMERMANN (1992) lassen sich durch einen Beweidungsplan und entsprechende Herdenführung unerwünschte Nährstoffanreicherungen und damit Veränderungen der Vegetation auch auf nährstoffarmen Standorten weitgehend vermeiden.

In diesem Zusammenhang weisen MÜNZEL und SCHUMACHER (1991) darauf hin, dass ein generelles Weidemanagement mit zu allgemein gehaltenen Pflegezielen häufig nicht den erwünschten Erfolg erzielt. Vielmehr ist es erforderlich, in einem exakten Beweidungsplan die örtlichen Bedingungen zu berücksichtigen und daraus differenzierte, flächenbezogene Anweisungen für den Schäfer abzuleiten. Die Angaben von Beweidungsdichten sind nach MICHELS und WOIKE (1994) wenig praxisgerecht. Die Herde sollte solange auf der Fläche verbleiben, bis die Vegetation zu mindestens 70 % abgeweidet ist. Ein erfahrener und mit dem Naturschutz vertrauter Schäfer kann durch bestimmte hütetechnische Maßnahmen – wie etwa weites oder enges Gehüt – die Besatzdichte und damit das Fressverhalten (Art und Intensität des Verbisses) selbständig steuern (MÜNZEL und SCHUMACHER 1991).

Spatz (1994) definiert Besatzstärke und Besatzdichte als zwei unterschiedliche weidewirtschaftliche Begriffe. Demnach ist die Besatzstärke definiert als die mittlere Zahl an Tieren pro ha, die während der Vegetationszeit ausschließlich auf der Weide ernährt werden. Unter Besatzdichte versteht man den Viehbestand, der gleichzeitig (zu einem bestimmten Zeitpunkt) auf einer Weide oder einem Weideteil aufgetrieben ist. Wird z.B. die gesamte verfügbare Weidefläche der Herde als Standweide während der Vegetationsperiode zur Verfügung gestellt, so entspricht die Besatzdichte der Besatzstärke. Wird dagegen das

Weidegebiet in Koppeln unterteilt bzw. portioniert zugeteilt, wie bei der Hüteschafhaltung, so ist die Besatzdichte während der Beweidung höher als die durchschnittliche Besatzstärke.

Die Frage der Regeneration von Heideflächen und Magerrasen stellt sich nicht nur bei vorangegangener Nutzungsaufgabe und damit verbundener Verfilzung und/oder Verbuschung. Soll nach vorübergehender Intensivierung und damit einhergehender Aufdüngung des Standorts der ursprüngliche Zustand wieder herbeigeführt werden, müssen Maßnahmen zur Aushagerung getroffen werden.

Dieser Prozess kann in Abhängigkeit von der natürlichen Standortproduktivität und dem Grad der Düngung unterschiedlich schnell ablaufen. SCHIEFER (1983) und BRIEMLE und ELSÄSSER (1992) ermittelten in Langzeituntersuchungen auf Flächen mit günstigen natürlichen Standortbedingungen Aushagerungszeiten von fünf bis 15 Jahren. Dagegen kann auf typischen Magerstandorten des Feuchtgrünlandes und der Magerrasen durch Nulldüngung und Verlegung des Schnittzeitpunktes auf Juli ein rasches Ablösen nitrophiler Arten durch Magerkeitszeiger erwartet werden. Hinsichtlich der Frage nach dem Nährstoffentzug mit dem Erntegut und der Bereitstellung von Nährstoffen im Boden bestehen nach Auffassung von DIERSSEN (1989) im Detail noch Forschungsdefizite.

Allgemein wird in dem Einfluss von luftgetragenen Stickstoffverbindungen auf Ökosysteme heute ein zentrales Problem gesehen. ELLENBERG (1996) weist darauf hin, dass schon eine geringe Zufuhr von Stickstoffverbindungen besonders für nicht mehr beweidete oder abgeerntete Pflanzenbestände eine Eutrophierung bedeuten kann. In Langzeituntersuchungen ermittelten ELLENBERG et al. (1986), dass seit 1970 jährlich mehr als 20 kg N je ha mit den Niederschlägen eingebracht wurden. MATZNER (1980) stellte in seinen Untersuchungen zum Elementhaushalt eines Heide-Ökosystems Niederschlagsdepositionen für Stickstoff von 20,4 kg N je ha fest.

ELLENBERG jun. (1985) hebt hervor, dass die heute vom Aussterben bedrohten oder doch rasch schwindenden Gefäßpflanzenarten größtenteils Zeiger für Stickstoffmangel sind, die besonders in Magerweiden, Heiden und Hochmooren eine wichtige Rolle spielen.

2.3 Schlussfolgerungen aus der Literatur und Problemstellung

Aus der zuvor aufgezeigten Literatur geht hervor, dass der Einsatz von Schafen aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht ein geeignetes Mittel in der Landschaftspflege ist. Besonders die Form der Hüteschafhaltung mit nächtlichem Pferchen außerhalb der zu schützenden Bereiche wird von Seiten des Naturschutzes angestrebt.

Bei der Regeneration von Grünlandökosystemen auf natürlich nährstoffarmen Standorten, aber auch vor dem Hintergrund des Nährstoffeintrags aus der Luft, ist ein kontinuierlicher Nährstoffaustrag ein wesentliches Ziel der Pflegemaßnahmen. Über die genauen Nährstoffmengen, die bei der Hüteschafhaltung durch Futteraufnahme einerseits und Nährstoffabgabe über die Exkreme andererseits transportiert werden, ist bislang wenig bekannt.

Es ist allgemein bekannt, dass Schafe bei der Futteraufnahme über ein ausgeprägtes Selektionsvermögen verfügen. Bei entsprechendem Weidemanagement lassen sich unerwünschte Pflanzen zurückdrängen und der biotoptypische Pflanzenbestand erhalten bzw. wiederherstellen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Quantifizierung der horizontalen Nährstoffbewegungen durch die Hüteschafhaltung in Naturschutzgebieten. Darüber hinaus sind die Futterzusammensetzung des aufgenommenen Futters sowie das von den Schafen aufgenommene Artenspektrum und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Pflanzenbestand Gegenstand der Untersuchung.

3 Material und Methoden

3.1 Allgemeines zur Versuchsplanung und -durchführung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, in einem Feldversuch die horizontalen Nährstoffbewegungen, die durch Hüteschafhaltung zwischen Pferch und Weide über Kot- und Harnausscheidungen erfolgen, zu quantifizieren. Darüber hinaus sollte die aufgenommene Futtermenge erfasst werden.

Ein zweiter Teil der Arbeit befasst sich mit einer vegetationskundlichen Untersuchung. Dabei stehen die Auswirkungen der Schafbeweidung auf die Vegetation im Vordergrund.

Die Untersuchung wurde weitestgehend unter den Bedingungen der in der Praxis durchgeführten Hüteschafhaltung angelegt. Sie erfolgte in Zusammenarbeit mit zwei Schäfern, die auf zahlreichen Naturschutzflächen der Eifel mit ihren Schafherden Landschaftspflege betreiben.

3.2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau und die Aufteilung der Untersuchungsflächen auf die Vegetationsperioden 1998 und 1999 sind in Tabelle 1 dargestellt.

Das Erfassen der Kotausscheidungen erfolgte für jede der beiden Herden an acht ausgesuchten männlichen Schafen mittels eigens für diesen Versuch konstruierten Kotsammelgeschirren. Mit diesen Sammelgeschirren wurde der Kot auf der Weide wie auch im Pferch tierindividuell quantitativ aufgefangen. Während der Pferchzeiten nachts und über Mittag wurden die Schafe in Stoffwechsellkäfigen untergebracht. Sie ermöglichten das Erfassen des im Pferch ausgeschiedenen Harns. Ein Erfassen des auf der Weide abgesetzten Harns war nicht durchführbar, da die hierfür notwendigen Vorrichtungen in Form von Urinalen, wie sie beispielsweise von WAYNE COOK et al. (1952) verwendet wurden, eine zu starke Einschränkung der Tiere bedeutet hätten.

Den acht ausgewählten Schafen stand für die Zeit der einzelnen Versuchsdurchgänge eine bestimmte, vorher festgelegte, eingezäunte Versuchsfläche als Weide zur Verfügung.

Tabelle 1: Versuchsaufbau

Jahr	1998	1999
Untersuchungsflächen	Kalkmagerrasen bei Blankenheim*	Heideflächen der Schavener Heide*
Anzahl der Versuchsflächen	2	2
Anzahl der Versuche	4 (je Fläche 2)	4 (je Fläche 2)
Anzahl der Versuchstiere	8 (1 Bock, 7 Hammel)	8 (1 Bock, 7 Hammel)
Rasse	Bentheimer Landschaf	Bergschaf
Versuchsdauer	1 Woche Vorperiode 1 Woche Sammelperiode	1 Woche Vorperiode 1 Woche Sammelperiode

* genaue Beschreibung siehe Kapitel 4

3.3 Versuchsvorbereitung

Den im Mai 1998 begonnenen Untersuchungen ging ab Juli 1997 eine Planungs- und Konstruktionsphase voraus. Bei der Auswahl der Versuchsflächen kam es neben naturschutzfachlichen Kriterien auch auf versuchstechnische Kriterien an. Der Standort für die Stoffwechselkäfige musste mit einem Fahrzeug erreichbar sein. Um einen Sichtschutz zu erzielen, wurde die Nähe zu Gebüsch bzw. kleinen Baumgruppen gewählt.

Zur Entwicklung einer geeigneten Methodik wurde zunächst nur ein Käfig hergestellt, mit dem erste Testversuche im Stall des Instituts mit den dort vorhandenen Schafen durchgeführt wurden. Mit einer Reihe weiterer Testversuche wurde der Käfig soweit verbessert und ergänzt, dass er den Anforderungen des Versuchs entsprach.

Hierbei kamen die für die Untersuchung ausgewählten Schafe zum Einsatz. Es konnten erste Erfahrungen im Umgang mit den aus einer großen Schafherde stammenden Tiere gemacht werden. An diesen Schafen wurde auch die optimale Anpassung der Kotsammelgeschirre mit den Sammelbeuteln vorgenommen. Basierend auf den Erfahrungen der Testversuche wurden der zweite Käfig und weitere Sammelgeschirre mit Beuteln hergestellt.

3.3.1 Konstruktion der Kotsammelgeschirre

Das quantitative Erfassen des Kots auf der Weide und im Pferch erfolgte mit Kotsammelgeschirren und daran befestigten Beuteln (siehe Abbildung 1). Die Geschirre bestanden aus Gurten und Schnallen, die ein Einstellen auf die jeweilige Größe des Tieres und ein zügiges Anlegen und Abnehmen ermöglichten. Die Kotsammelbeutel waren aus einem schnell trocknenden Gewebe gefertigt. Die Beutel waren über Schnallen, Gurte und elastische Gummiriemen mit dem Geschirr verbunden und wurden erst nach Anlegen der Geschirre befestigt. Eine zusätzliche Öffnung für den Schwanz der Tiere fixierte die Beutel in seitlicher Richtung. Unten waren die Beutel offen und wurden während der Sammelperiode zugebunden. Die Verwendung von Kabelbindern stellte sich als geeignete Methode heraus, um die Beutel schnell zu leeren und dauerhaft sicher zu verschließen.

Die Sammelgeschirre beeinträchtigten die Tiere nicht in ihrer Bewegungsfreiheit und bei anderen Aktivitäten auf der Weide und im Pferch. Nach dem ersten Anlegen der Geschirre verlief die Gewöhnung sehr schnell.



Abbildung 1: Hammel mit Kotsammelgeschirr auf Untersuchungsfläche A (Erzberg) im Mai 1998

3.3.2 Konstruktion der Stoffwechselkäfige

Das Sammeln des Harns während der Pferchzeiten erforderte die Entwicklung und den Bau von zwei Stoffwechselkäfigen in der institutseigenen Werkstatt. Hier konnte auf die Erfahrungen aus zahlreichen Versuchen zu Verdaulichkeitsbestimmungen mit Schafen in Stoffwechselkäfigen zurückgegriffen werden sowie auf verschiedene selbst durchgeführte Testversuche, die der eigentlichen Untersuchung vorausgingen.

Folgende Voraussetzungen wurden bei der Konstruktion berücksichtigt:

- ein weitestgehend verlustfreies Auffangen des Harns
- Vermeidung einer möglichen Kontamination von Kot und Harn
- eine den Bedürfnissen der Tiere angepasste, stressfreie Haltung

Es wurden zwei Stoffwechselkäfige für jeweils eine Gruppe von vier ausgewachsenen Schafen hergestellt. In Abbildung 2 sind die beiden Käfige in der Vorderansicht (A) und in einem Ausschnitt der rückwärtigen Ansicht dargestellt. Jeder Stoffwechselkäfig hatte eine Grundfläche von 3,2 m². Die Gesamthöhe betrug 204 cm, die Länge 200 cm und die Breite 160 cm. Die Grundkonstruktion bestand aus miteinander verschraubten und teilweise verschweißten Stahlprofilen (U- und Winkelprofile). Der Käfigboden befand sich in einer Höhe von 94 cm. Er setzte sich aus einzelnen, im Abstand von 7 mm montierten, verzinkten Stahlrohren (\varnothing 18 mm) zusammen und bildete eine Art Spaltenboden. Die 110 cm hohen Wände bestanden aus 4 cm starken Holzbohlen, die seitlich von den U-Profilen geführt wurden. Zum Ein- und Auslassen der Tiere wurden an der Vorderseite die Holzbohlen nach oben herausgenommen. Den Käfigaufgang bildete eine 200 cm lange, mit Querlatten versehene Rampe aus Holz (4 cm stark). Als Dach diente eine in einen Metallrahmen geschweißte Baustahl-Gewebematte, über die eine Folie gespannt wurde.

Unter dem Käfig war die Vorrichtung zum Auffangen des Harns angebracht. Sie bestand aus Kunststoffplatten (Hart-PVC), die auf einen Rahmen aus verzinktem Lochwinkelprofil (Fa. Dexion) aufgeschraubt waren. Die mit einem Satteldach vergleichbare Ablaufvorrichtung mit einer Neigung von 40° besaß an beiden Längsseiten Auffangrinnen, die in Auffangbehälter mit einem Fassungsvermögen von 9 l mündeten (siehe Abbildung 2). In diese Behälter wurde eine Säurevorlage (je 300 ml 10 %ige Schwefelsäure) gegeben.



A



B

Abbildung 2: Stoffwechselkäfige**A: Vorderansicht mit Aufgängen und vorgelagertem Hürdenbereich****B: Ablauf- und Auffangvorrichtung für den Harn sowie Sprüheinrichtung mit Druckbehältern und Zeitschaltanlage**

An beiden Längsseiten unmittelbar unter dem Käfigboden war eine Sprühanlage installiert. Drei Düsen (Messing-Flachstrahldüsen, 80° Sprühwinkel) auf jeder Seite ermöglichten das Absprühen der Abflächflächen im Intervall von einer Stunde. Als Sprühflüssigkeit wurde 0,1 %ige Schwefelsäure verwendet. Der notwendige Sprühdruck wurde mittels zwei Handpumpen in Kombination mit Druckbehältern manuell erzeugt. Zwei Ventile wurden über

eine Zeitschaltuhr in den o. g. Zeitabständen geschaltet. Die erforderliche Stromversorgung lieferte eine Autobatterie mit 12 Volt Stromspannung.

Auf den Ablaufflächen oder in den Ablaufrinnen verbliebene Harnreste wurden mit dieser Anlage in die Sammelbehälter gespült. Mit der Säurevorlage in den Sammelbehältern und der angesäuerten Sprühflüssigkeit konnten eventuelle Stickstoffverluste in Form von Ammoniak vermieden werden. Somit war ein Auffangen des von den vier Tieren ausgeschiedenen Harns und den darin enthaltenen Nährstoffen gewährleistet.

Die Versuchsanstellung erforderte ein mehrmaliges Umsetzen und den Transport (mit einem Lkw (7,5 t)) der beiden Käfige zwischen den verschiedenen Untersuchungsstandorten. Sie waren daher so konstruiert, dass sie zerlegt und von drei Personen versetzt werden konnten.

3.4 Tiere

In den beiden Versuchsjahren 1998 und 1999 wurden die Schafe aus zwei Schafherden unterschiedlicher Rasse ausgewählt.

Die für das Versuchsjahr 1998 ausgewählte Gruppe von acht Schafen der Rasse Bentheimer Landschaf bestand aus einem achtjährigen Bock und sieben Hammeln im Alter von eineinhalb Jahren. Der Bock war an die Nähe von Menschen gewöhnt und brachte Ruhe in die Gruppe auch beim Umgang mit den Hammeln. Zu Beginn der Untersuchung betrug das Gewicht des Bocks 91 kg, das Durchschnittsgewicht der Hammel lag bei 50 kg.

Die Gruppe für das Versuchsjahr 1999 bestand aus acht Tieren der Rasse Bergschaf. Aufgrund der guten Erfahrungen des Vorjahres wurden ebenfalls ein Bock und sieben Hammel ausgewählt. Der Bock war drei Jahre alt und wog zu Beginn des Versuchs 85 kg. Das Gewicht der zweieinhalb Jahre alten Hammel betrug im Durchschnitt 61 kg.

In beiden Jahren waren die Schafe im Mai kurz vor Versuchsbeginn geschoren worden.

3.5 Versuchsdurchführung

Die Untersuchung bestand je Vegetationsperiode aus vier Versuchen. Auf jedem der beiden ausgewählten Versuchsstandorte wurden zwei Wiederholungen im Wechsel durchgeführt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Zeitliche Abfolge der Untersuchungen und Größe der Untersuchungsflächen der Sammelperiode

1998	Fläche	A	B	A	B
	Datum	20.05.-02.06.	18.06.-01.07.	16.07.-28.07.	13.08.-25.08.
	Größe (m ²)	2500	1500	2500	1500
1999	Fläche	C	D	C	D
	Datum	17.05.-28.05.	11.06.-23.06.	18.07.-29.07.	15.08.-26.08.
	Größe (m ²)	1500	725*	1500	1500

* Versuch mit nur 5 Tieren

Die acht ausgewählten Schafe wurden für die Dauer der Versuche von der Herde getrennt und von dem Schäfer zum Untersuchungsstandort gebracht. Zwischen den Versuchen befanden sich die Tiere in der Herde.

Die Weidefläche wurde auf dem jeweiligen Untersuchungsstandort mit handelsüblichen Elektroweidenetzen eingezäunt. Es erfolgte eine Unterteilung in eine Vorperiodenfläche und eine Hauptperiodenfläche. Die Weidefläche der Hauptperiode wurde zusätzlich in zwei Teilflächen unterteilt, die nacheinander jeweils dreieinhalb Tage beweidet wurden (siehe Abbildung 4). Ziel war es, den für die Hüteschafhaltung charakteristischen Effekt des Weiterziehens zu erreichen, da in der Regel eine Fläche nicht länger als drei Tage beweidet wird. Die Größe der zugeteilten Weidefläche wurde zunächst kalkuliert nach der gesamten Weidefläche des Schäfers, der Herdengröße und der daraus resultierenden Weidefläche je Tier und Tag. Sie richtete sich aber auch nach dem aktuellen Futterangebot auf den Untersuchungsstandorten, also der Aufwuchshöhe und nach Erfahrungswerten des Schäfers. Es ergaben sich Versuchsflächen für die Sammelperiode von 1500 bis 2500 m² Größe (siehe

Tabelle 2). Aufgrund geringerer Tierzahl wurde Fläche D auf 725 m² in Versuch 6 verringert (siehe S. 35).

Dem täglichen Weiderhythmus entsprechend, den der Schäfer mit seiner Herde einhält, wurden die Weidezeiten auf vier Stunden vormittags und vier Stunden nachmittags festgelegt (s. Abbildung 3). Die Dauer des Mittagspferchs betrug im Versuchsjahr 1998 ebenfalls vier Stunden (12 bis 16 Uhr), im Versuchsjahr 1999 drei Stunden (12 bis 15 Uhr). Der Nachtpferch variierte entsprechend zwischen 12 Stunden 1998 und 13 Stunden 1999. Somit waren Weidedauer (8 h) und Pferchdauer (16 h) je Tag in beiden Jahren identisch.

Während der Weidezeiten stand den Schafen Wasser zur freien Aufnahme und ein Leckstein zur Verfügung.

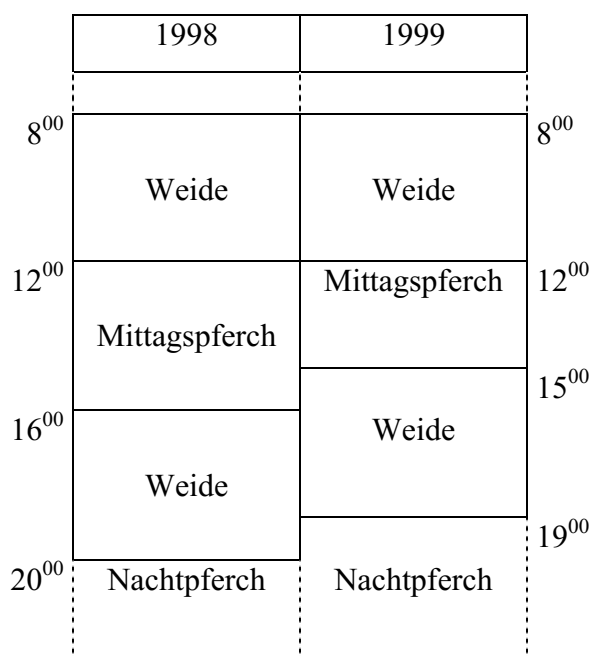


Abbildung 3: Tägliche Weide- und Pferchzeiten der Jahre 1998 und 1999

Nach jeder Weide- und Pferchzeit wurden die Kotbeutel geleert. Dazu diente ein mit Hürden eingezäunter Bereich unmittelbar vor den Käfigaufgängen. Hier erfolgte auch das regelmäßige Sortieren der acht Schafe in die zwei Gruppen. Beim Entleeren der Beutel wurden die Geschirre bei Bedarf nachgestellt und hinsichtlich Beschädigungen kontrolliert. Notfalls konnten hier auch einzelne Schafe angebunden werden.

Die Kotmengen wurden für jedes Einzeltier erfasst und gewogen. Nach gründlichem Mischen der Kotproben wurden jeweils 10% abgewogen. Aus diesen aliquoten Kotmengen ergab sich für jeden Versuch eine Sammelprobe je Tier. Diese Sammelproben wurden bis zur weiteren Aufbereitung in luftdichten Behältern bei -18°C aufbewahrt.

Die Harnproben setzten sich zusammen aus dem im Käfig abgesetzten Harn, der Sprühflüssigkeit und der Säurevorlage. Die in den Auffangbehältern gesammelten Flüssigkeitsmengen wurden nach jedem Pferchen gewogen. Wie beim Kot wurde ein aliquoter Teil von 10% zur Erstellung einer Sammelprobe für die vier Tiere eines Käfigs entnommen. Die Lagerung bis zur Analyse erfolgte tiefgefroren in Kunststoffflaschen

3.5.1 Bestimmung der Futteraufnahme

Der Erfassung der aufgenommenen Futtermengen lag folgende Methode zugrunde:

Auf der Hauptperiodenfläche wurden 24 Einzeluntersuchungsflächen von 2 m^2 Größe angelegt, die sich aus zwei Untersuchungsquadraten zusammensetzten (siehe Abbildung 4). Diese Flächen stellten einen repräsentativen Querschnitt des aufgenommenen Futters dar und waren weitestgehend in sich homogen bezüglich Aufwuchsmenge und Artenzusammensetzung. Jeweils die eine Hälfte dieser Flächen wurde vor der Beweidung gemäht und der Aufwuchs wurde gewogen. Auf der anderen Hälfte wurde nach der Beweidung analog verfahren. Aus der Differenz der beiden Aufwüchse vor und nach der Beweidung ließ sich der im Mittel je Versuchstier aufgenommene Anteil nach folgender Berechnung ermitteln:

$$\text{Futteraufnahme [g T/Tier u. Tag]} = \frac{\text{Mittelwert aus 24 T-Differenzen [g T/m}^2\text{]} * \text{Flächengröße [m}^2\text{]}}{\text{Anzahl der Schafe} * \text{Versuchstage}}$$

Durch die Unterteilung der Hauptperiode von sieben Tagen in zwei Teilperioden ergab sich ein Zeitraum von dreieinhalb Tagen zwischen der Probengewinnung. Zur Abschätzung des Zuwachses in dieser Zeit dienten je Teilperiode drei Kontrollflächen auf den Untersuchungsflächen, jedoch außerhalb der eingezäunten Weidefläche. Auf diesen nicht beweideten Kontrollflächen wurden zeitgleich (im Abstand von dreieinhalb Tagen) nach gleicher Methode die Aufwuchsmengen erfasst.

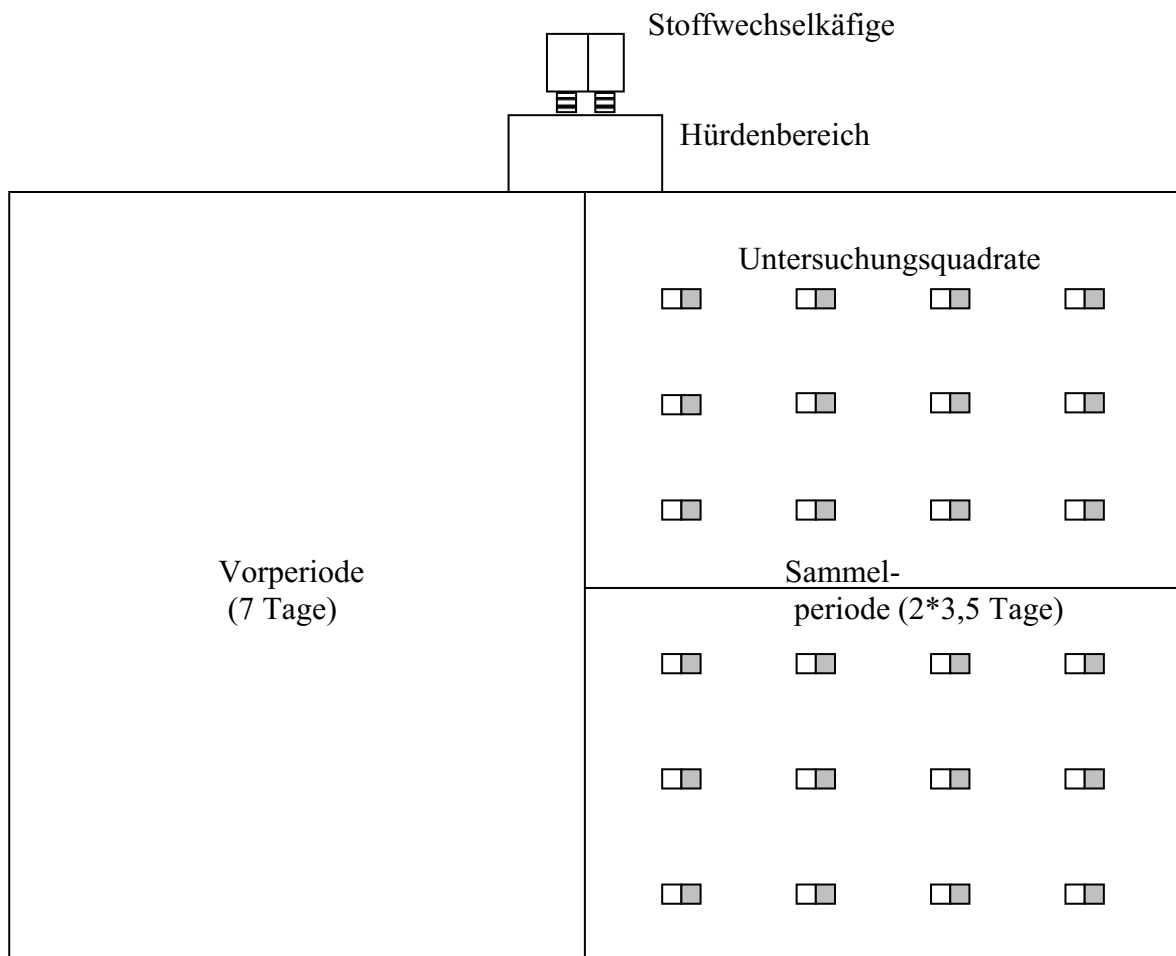


Abbildung 4: Versuchsanlage und Unterteilung der Untersuchungsfläche in Vor- und Sammelperiodenfläche mit Untersuchungsquadraten

3.5.2 Chemische Analyse der Futter-, Kot- und Harnproben

Die Futter- und Kotproben wurden auf ihren Gehalt an Weender Rohnährstoffen und an den Mineralstoffen Ca, P, Mg, und K untersucht. Auf eine Na-Bestimmung wurde verzichtet, da den ausgewählten Schafen während der Weidezeit ein Leckstein aus Natrium-Chlorid zur freien Verfügung stand. Daher konnte die Na-Aufnahme nicht ermittelt und in einer Bilanzierung berücksichtigt werden. Die Untersuchungen erfolgten nach den Methoden des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER 1976) im Labor des Instituts für Tierernährung der Universität Bonn.

Für die chemische Analyse war in Abhängigkeit der Probenart (Futter-, Kot- oder Harnproben) eine unterschiedliche Aufbereitung notwendig.

Für den Transport und die Trocknung der gewonnenen Grasproben wurden perforierte Beutel (Crispac-Beutel, normale Lochung, Fa. Baumann) verwendet. Die Trocknung erfolgte bei 60°C. Das getrocknete Material wurde in zwei Arbeitsschritten zunächst grob und dann fein vermahlen (Siebfeinheit 1 mm), um Homogenität der Probe zu erreichen. Zur Trockensubstanzbestimmung wurde ein Teil des Materials bei 100°C getrocknet. Der übrige Teil stand für weitere Analysen zur Verfügung.

Die Kotproben wurden nach dem Auftauen durch gründliches Mischen homogenisiert. Ein Teil jeder Probe wurde gefriergetrocknet und anschließend gemahlen (Siebfeinheit 1 mm). Die Stickstoffbestimmung der Gras- und Kotproben erfolgte nach der Dumas-Methode mit dem Gerät FP-328 der Firma LECO.

Von den Harnproben wurden ca. 70 g in einem Sandbad bei 80°C bis zur Trockene eingedampft. Aus dem Rückstand wurden die Gehalte an Mineralstoffen Ca, P, Mg, und K bestimmt. Die Stickstoffbestimmung im Harn erfolgte mit der Kjeldahl-Methode.

3.5.3 Vegetationskundliche und pflanzensoziologische Methoden

Zur Charakterisierung der untersuchten Pflanzenbestände erfolgte eine Einordnung in das pflanzensoziologische System nach BRAUN-BLANQUET (1964). Zu diesem Zweck wurden auf den Untersuchungsflächen Vegetationsaufnahmen nach WILMANN (1993) erstellt. Als Aufnahmeflächen dienten 20 bis 25 m² große, für die Untersuchungsfläche repräsentative Teilflächen. Die Bestimmungsliteratur bestand aus: „Flora von Deutschland“ (SCHMEIL und FITSCHEN 1988), „Pflanzensoziologische Exkursionsflora“ (OBERDORFER 1994), „Exkursionsflora von Deutschland“ (Atlasband) (ROTHMALER 1994) sowie „Taschenbuch der Gräser“ (KLAPP und OPITZ VON BOBERFELD 1990). Die Schreibweise der deutschen wie auch wissenschaftlichen Namen wurde aus der Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (WISSKIRCHEN UND HAEUPLER 1998) übernommen.

Die Arten sind, sortiert nach Kenn- und Trennarten, in pflanzensoziologischen Tabellen in Kapitel 4.4.1 aufgeführt. Die Einteilung und Zuordnung der Arten orientieren sich an den Angaben von ELLENBERG (1979) und OBERDORFER (1994). In einer Gesamtartenliste im Anhang (Tabelle A 8) sind alle in der vorliegenden Arbeit untersuchten Pflanzenarten mit wissenschaftlichem und deutschem Namen aufgeführt.

Hinsichtlich der Fragestellung, welchen Einfluss das Weide- und Fressverhalten der Schafe auf Artenbestand und -zusammensetzung hat, wurden weiterführende Vegetationserhebungen durchgeführt. Das im folgenden als Quadratmethode bezeichnete Verfahren basierte auf den

o. g. 24 Einzeluntersuchungsflächen, die zur Bestimmung der Futteraufnahme herangezogen wurden. Auf jeder dieser Einzeluntersuchungsflächen wurde unmittelbar vor und nach der Beweidung (im Abstand von 3,5 Tagen) der Anteil der einzelnen Pflanzenarten am Gesamtbestand innerhalb der Quadrate ermittelt.

Zu Beginn der Untersuchung 1998 wurde in Versuch 1 die Ertragsanteilschätzung nach KLAPP und STÄHLIN (1936) angewendet. Diese Methode führte nicht zu aussagekräftigen Ergebnissen, da die Unterschiede im Pflanzenbestand vor und nach der Beweidung nicht erfasst wurden. Daher fand in den übrigen Versuchen die Schätzskala von LONDO (1976) Anwendung, mit der auch geringe Veränderungen im Pflanzenbestand nach der Beweidung festgestellt werden konnten. Bei dieser Schätzskala wird bis zur Deckung von 5 % auch die Individuenzahl berücksichtigt. Über 5 % gliedert sich die Schätzskala in Schätzintervalle von zehn Prozent Deckung (siehe Tabelle 3). Zur weiteren Auswertung wurde für jede Schätzkategorie eine Zahl festgelegt, die dem mittleren Deckungsgrad der betreffenden Art auf dem Untersuchungsquadrat entspricht (siehe Tabelle 3). Der Grad der Veränderung in Prozent durch die Beweidung für jede einzelne Pflanzenart lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Veränderung [\%]} = \frac{DG_v - DG_n}{DG_v} * 100$$

DG_v = Deckungsgrad vor der Beweidung

DG_n = Deckungsgrad nach der Beweidung

Diese Berechnung wurde für jedes der 24 Untersuchungsquadrate durchgeführt. Die Bestimmung des arithmetischen Mittels der Quadrate ergab für jede Pflanzenart einen Wert, der den prozentualen Rückgang der Art durch die Beweidung innerhalb einer Woche für die Versuche 2 bis 8 angibt.

Tabelle 3: Dezimalskala nach LONDO (1976) zur Bestimmung des Deckungsgrades bei Vegetationsanalysen mit Zuordnung der Schätzkategorien

Symbol		Deckungsgrad		Schätzkategorie
• 1		< 1 %		1
• 2		1 - 3 %		2
• 4		3 - 5 %		4
1	1-	5 - 15 %	5 - 10 %	7,5
	1+		10 - 15 %	12,5
2		15 - 25 %		20
3		25 - 35 %		30
4		35 - 45 %		40
5	5-	45 - 55 %	45 - 50 %	47,5
	5+		50 - 55 %	52,5
6		55 - 65 %		60
7		65 - 75 %		70
8		75 - 85 %		80
9		85 - 95 %		90
10		95 - 100 %		100

Ergänzend zu der Quadratmethode wurden regelmäßige Beobachtungen zum Futteraufnahmeverhalten der Schafe gemacht. Die wesentlichen Kriterien bestanden in den Präferenzen bezüglich Pflanzenart und Pflanzenteilen, der Fressdauer und dem Fressbereich innerhalb der eingezäunten Weide. Diese Beobachtungen erstreckten sich auch auf die Gesamtherde, um eventuelle Unterschiede im Verhalten feststellen zu können.

4 Die Untersuchungsflächen

Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Beweidungsversuche wurden in der Vegetationsperiode 1998 auf Kalkmagerrasen und 1999 auf Heideflächen durchgeführt. Beide Untersuchungsgebiete liegen in der Eifel.

4.1 Geographische Lage

Die beiden untersuchten Kalkmagerrasen befinden sich ca. 15 km südlich von Blankenheim im Kreis Euskirchen. Sie zählen zu den Alendorfer Kalktriften und gehören naturräumlich zur Kalkeifel. Beide Standorte liegen 500 m über NN. Der genaue Standort der Fläche A befindet sich auf dem Flurstück mit der Bezeichnung „Auf dem Erzberg“. Seine Plateaulage weist nur eine schwache, süd-exponierte Neigung auf. Fläche B liegt am südwestlichen Ende des Hammersberges. Sie befindet sich in einem nordwestlich ausgerichteten Hang mit einer Neigung von 5 bis 9°.

Die ausgewählten Heidestandorte gehören zu dem Standortübungsplatz Schavener Heide ca. 8 km südwestlich von Euskirchen in der Gemeinde Mechernich. Naturräumlich zählt die Schavener Heide zur Mechernicher Voreifel (MÜLLER-MINY 1962a), die die Eifel gegen die Niederrheinische Bucht abgrenzt. Der Standort der Untersuchungsfläche C liegt ca. 260 m über NN und befindet sich in nahezu ebener Lage. Die Untersuchungsfläche D ist mit 280 m über NN etwas höher gelegen und weist eine südöstliche Neigung von 3 bis 4° auf.

4.2 Geologie und Böden

Die Alendorfer Kalktriften liegen in der Dollendorfer Kalkmulde (MEYER 1994), der mittleren von mehreren mitteldevonischen Kalkmulden in der Eifeler Nord-Südzone (STRUVE 1961). Die Mergel und Kalke der Mulden sind Sedimente des flachen und warmen mitteldevonischen Meeres (vor 370 Mio. Jahren) mit seiner ausgeprägten Tier- und Pflanzenwelt. Mit Landhebungen und der variszischen Faltung im Karbon (vor 360 bis 280 Mio. Jahren) wurde die Verwitterung dieser Kalkschichten eingeleitet. Die Abtragung dieser Schichten führte zur Herausbildung der unterdevonischen Sättel, während die Kalkablagerungen in den Mulden mehr oder weniger mächtig erhalten blieben. Die Givet-Schichten des oberen Mitteldevon als jüngste und oberste Schichtstufe der Dollendorfer

Kalkmulde sind fast vollständig dolomitisiert und widerstanden bis heute weitgehend einer Verwitterung (MEYER 1994).

Die Böden der Alendorfer Kalktriften stellen Kalkböden unterschiedlicher Entwicklungsstufen dar. Der Bodentyp beider Untersuchungsflächen ist die Rendzina, die durch einen flachgründigen, häufig skelettreichen A-Horizont gekennzeichnet ist. Darunter steht in der Regel unmittelbar Kalkstein und Dolomit als Ausgangsgestein an (LANDESVERMESSUNGSAMT NRW 1975).

Die Schavener Heide befindet sich am östlichen Rand der Mechernich-Nideggener-Trias-Bucht, die sich im Norden an die o. g. Kalkmulden anschließt. Der devonische Sockel der Eifeler Nord-Südzone wird hier mit gegen die Niederrheinische Bucht flach geneigten Triasgesteinen bedeckt (WALTER 1992).

Die untersuchten Heideflächen liegen auf bunten, groben, 20 bis 40 cm mächtigen Konglomeraten des Mittleren Buntsandsteins aus dem Mesozoikum. Die hier entstandenen, ausgesprochen leichten und trockenen Böden sind geprägt durch Nährstoffarmut und einen geringen pH-Wert. Die geologischen Verhältnisse, aber auch der bodenzerstörende militärische Übungsbetrieb bis 1976 ließen in der Schavener Heide fast ausschließlich Syroseme und Ranker aus Buntsandstein entstehen (BREULMANN 1995). Die skelettreichen A-C-Böden sind flachgründig und meist nur 5 bis 10 cm tief entwickelt.

4.3 Klima

Die Eifel liegt im subatlantischen Klimabereich und ist gekennzeichnet durch unbeständige Wetterlagen mit vorwiegend milden Wintern und kühlen Sommern (MURL 1989). Temperatur und Höhe der Niederschläge werden bestimmt durch die Höhenlage und die Lage im Regenschatten von Hohem Venn und der Schneifel (MÜLLER-MINY 1962b).

Die Klimadaten werden im Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen (MURL 1989) für die Gebiete der Untersuchungsflächen wie folgt angegeben:

Alendorfer Kalktriften:	Mittlerer Jahresniederschlag	800 mm
	Mittlerer Jahrestemperatur	7,5°C
Schavener Heide:	Mittlerer Jahresniederschlag	600-650 mm
	Mittlerer Jahrestemperatur	9°C

Die aktuellen Wetterdaten der Untersuchungsjahre 1998 und 1999 für die entsprechenden Standorte sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Sie stammen von den zu den Untersuchungsflächen nächstgelegenen Wetterstationen in Ahrhütte und Zülpich-Sinzenich (LINDEN 2000). Den Mittelwerten für Temperatur und Niederschlag der relevanten Monate Januar bis August sind die langjährigen Mittelwerte dieser Monate gegenübergestellt.

Im Frühjahr 1998 (Januar bis April) lagen die Temperaturen über dem langjährigen Mittel. Die Niederschlagsmengen entsprachen in der Summe der Monate Januar bis April dem langjährigen Mittel, jedoch fällt der Februar 1998 mit nur sechs mm Niederschlag auf. In den Monaten Mai bis August lagen die Durchschnittstemperatur wie auch die Summe der Niederschläge unter dem langjährigen Mittel. Der Vergleich der Daten des Jahres 1999 mit den langjährigen Mitteln für den Standort Schavener Heide ergab ein wärmeres und niederschlagsreicheres Frühjahr sowie höhere Temperaturen und niedrigere Niederschläge in den Monaten Mai bis August.

Tabelle 4: Wetterdaten der Standorte Ahrhütte (1998) und Zülpich-Sinzenich (1999) im Vergleich mit den langjährigen Mitteln von 1977 bis 1999 (LINDEN 2000)

	Ahrhütte				Zülpich-Sinzenich			
	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)		Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)	
	1998	1977-1999	1998	1977-1999	1999	1977-1999	1999	1977-1999
Januar	1,2	0,3	77	66	4,9	1,9	50	42
Februar	2,7	1,0	6	54	2,3	2,2	51	39
März	4,5	3,9	71	64	7,1	5,9	31	45
April	7,5	7,3	81	52	9,7	8,4	72	47
Mai	12,7	11,9	60	62	14,8	13,1	51	60
Juni	15,0	14,8	48	66	16,1	15,9	54	69
Juli	14,1	16,7	38	58	19,9	18,1	39	55
August	15,3	16,4	46	54	18,2	17,7	47	50

4.4 Die Pflanzengesellschaften der Untersuchungsflächen

4.4.1 Einordnung in das pflanzensoziologische System

Bei der Untersuchung von Pflanzengesellschaften mit pflanzensoziologischen Methoden wird das Ziel verfolgt, konkrete Pflanzenbestände im Gelände in ihrer qualitativen und quantitativen Zusammensetzung aufzunehmen und diese nach dem Grad ihrer floristischen Ähnlichkeit zu Vegetationstypen zusammenzufassen (POTT 1995).

4.4.1.1 Kalkmagerrasen

Der für den Beweidungsversuch 1998 ausgewählte Vegetationstyp wird häufig vereinfacht als Kalkmagerrasen bezeichnet und ist eine in der Eifel häufig vorkommende Pflanzengesellschaft. Die genaue Erfassung des Artenbestandes der beiden Untersuchungsflächen wird durch die Vegetationstabelle (Tabelle 5) dokumentiert. Es sind die vorkommenden Arten nach ihren Eigenschaften als Kenn- und Trennarten der synsystematischen Einheiten bzw. als Begleiter aufgeführt.

Aus den zahlreichen Vorkommen von Kenn- und Trennarten der Assoziation und des Verbandes sowie der übergeordneten Ordnung und Klasse ergibt sich die Zuordnung zum Enzian-Schillergrasrasen (*Gentiano-Koelerietum pyramidatae*, Knapp 1942). Dieser Halbtrockenrasen auf flachgründigen Kalkböden ist geprägt durch extensive Beweidung. Er gilt allgemein als sehr artenreich und zeichnet sich durch farbige Aspektwechsel und eine große Zahl floristisch und ökologisch bedeutsamer Arten aus (ELLENBERG 1996, POTT 1995).

Tabelle 5: Enzian-Schillergrasrasen (*Gentiano-Koelerietum pyramidatae*), Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen A (Erzberg) und B (Hämmersberg) (1998), erstellt nach der Methode von WILMANN'S (1993)

	Fläche: A	B		Fläche: A	B
Aufnahmefläche (m ²):	20	25	Neigung:	1°	9°
Datum:	30.05.	26.06.	Höhe (m über NN):	500	500
Exposition:	süd	nord	Artenzahl:	48	44

	A	B		A	B
Kenn- und Trennarten der Assoziation und des Verbandes					
<i>Anthyllis vulneraria</i>	2a	2a	Übergreifende Arten der Molinio-Arrhenatheretea		
<i>Carlina vulgaris</i>	+	+	<i>Euphrasia officinalis</i>		2m
<i>Cirsium acaule</i>	2a	1	<i>Gymnadenia conopsea ssp. con.</i>	1	
<i>Gentianella germanica</i>	+	1	<i>Knautia arvensis</i>	r	1
<i>Ophrys insectifera</i>	r	1	<i>Leucanthemum vulgare</i>	2m	1
<i>Primula veris</i>	+	2m	<i>Lotus corniculatus</i>	2m	2a
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1		<i>Plantago lanceolata</i>	2m	2m
Trennarten der Subassoziation mit <i>Parnassia palustris</i>					
<i>Betonica officinalis</i>		1	<i>Platanthera chlorantha</i>	1	
<i>Ranunculus nemorosus</i>		2a	<i>Prunella vulgaris</i>	2m	
Gebietstypische Trennarten der montanen Lagen					
<i>Antennaria dioica</i>	2m		<i>Rhinanthus minor</i>	+	1
<i>Polygala amara</i>	2m	2m	<i>Senecio jacobaea</i>		+
<i>Sesleria albicans</i>	2b	3	<i>Taraxacum officinale</i>		2m
Kennarten der Brometalia und Festuco-Brometea					
<i>Asperula cynanchica</i>	2m	2m	<i>Trifolium pratense</i>	1	1
<i>Brachypodium pinnatum</i>	2m	2b	Weitere Begleiter		
<i>Briza media</i>	2m	2a	<i>Campanula rotundifolia</i>	1	2m
<i>Bromus erectus</i>	2b	2m	<i>Carex flacca</i>	2m	2a
<i>Carex caryophyllea</i>	2a		<i>Carex montana</i>	2a	2a
<i>Galium verum</i>	2m		<i>Centaurea jacea ssp. angustif.</i>	1	
<i>Globularia punctata</i>	r		<i>Cornus sanguinea juv.</i>		r
<i>Helianthemum nummularium</i>	2a		<i>Crataegus monogyna juv.</i>		+
<i>Helictotrichon pratense</i>	2a		<i>Fagus sylvatica juv.</i>		r
<i>Hippocrepis comosa</i>	2m	2b	<i>Festuca ovina agg.</i>	2b	3
<i>Koeleria pyramidata</i>	2m	2m	<i>Hieracium pilosella</i>	2m	
<i>Pimpinella saxifraga</i>	2m	2m	<i>Juniperus communis</i>		+
<i>Plantago media</i>	2m	1	<i>Leontodon hispidus</i>	1	2m
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	1		<i>Linum catharticum</i>	2m	2m
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	2m		<i>Listera ovata</i>	r	+
<i>Sanguisorba minor</i>	2m		<i>Pinus sylvestris juv.</i>		+
<i>Scabiosa columbaria</i>	1	1	<i>Quercus robur juv.</i>		+
<i>Thymus pulegioides</i>	2m	2m	<i>Viburnum lantana juv.</i>		r
<i>Trifolium montanum</i>	2m	2m	<i>Viola hirta</i>	r	

Aufgrund standörtlicher Merkmale lässt sich innerhalb der Gruppe der Enzian-Schillergrasrasen eine weitere Differenzierung in drei Subassoziationen vornehmen (SCHUMACHER 1977, MÖSELER 1989). Auf mittleren Standorten bildet sich die typische Subassoziation aus, auf extrem trockenen die Subassoziation von *Globularia punctata* und auf wechsellrockenen die Subassoziation von *Parnassia palustris*.

Das vereinzelte Vorkommen von *Globularia punctata* als Trennart des Gentiano-Koelerietum globularietosum weist auf stellenweise sehr trockene, flachgründige Verhältnisse der Fläche A hin. Diese Subassoziation liegt jedoch nur vor, wenn *Globularia punctata* hochstet und in individuenreichen Populationen vorkommt. Da *Globularia punctata* hier mit nur wenigen Individuen auftritt und weitere Differentialarten dieser Subassoziation fehlen, muss bei dem Bestand der Fläche A von einem Gentiano-Koelerietum typicum gesprochen werden.

Dagegen weist der Bestand der Fläche B Artenvorkommen auf, die auf wechsellrockene, das heißt zumindest zeitweise frischere Bodenverhältnisse deuten. Hier sind zunächst *Ranunculus nemorosus* und *Betonica officinalis* zu nennen, beides Trennarten der Subassoziation mit *Parnassia palustris* (s.). Unter Berücksichtigung der Vegetationserhebungen auf den Untersuchungsquadraten kommt mit *Gymnadenia conopsea* ssp. *densiflora* eine weitere Art hinzu, die MÖSELER (1989) als Trennart dieser Subassoziation aufführt (siehe Tabelle 23). Einen weiteren Hinweis auf die zeitweise feuchten Bodenverhältnisse gibt das Vorkommen von Moosen, das mit 30 % Deckung im Mittel der Untersuchungsquadrate recht hoch einzustufen ist. Eine nähere Bestimmung der Moose wurde nicht durchgeführt.

Die auf den Aufnahmeflächen erfassten Artenzahlen von 48 Arten (Fläche A) und 44 Arten (Fläche B) verdeutlichen den für den Enzian-Schillergrasrasen typischen Artenreichtum. Darüber hinaus ist von einem noch größeren Artenspektrum der Untersuchungsflächen auszugehen. Das zeigt sich in den in 6.5.2 dargestellten Vegetationserhebungen auf den Untersuchungsquadraten, die das Vorkommen einer Reihe weiterer Pflanzenarten auf den beiden Untersuchungsflächen belegen und einen zusätzlichen Einblick in das Artenpotential der Pflanzengesellschaft geben (siehe Tabelle A 8).

4.4.1.2 *Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft

Ein großer Teil der Offenflächen der Schavener Heide wird von einer Pflanzengemeinschaft eingenommen, deren Erscheinungsbild geprägt ist durch das bestandsbildende und stete Auftreten des Rotschwingels (*Festuca rubra*) und des Roten Straußgrases (*Agrostis capillaris*)¹. In einigen Bereichen nehmen die von diesen Gräsern dominierten Bestände Teilflächen von einem Hektar Größe und mehr ein. Sie kommen aber auch eng verzahnt mit Haarginster-Heiden (Genisto-Calluneten) und/oder von Sand-Straußgras (*Agrostis vinealis*) geprägten Beständen vor.

In der Literatur erfolgt eine pflanzensoziologische Zuordnung solcher Pflanzengemeinschaften nicht einheitlich. ELLENBERG (1952) befürwortet die syntaxonomische Eigenständigkeit dieser Pflanzengemeinschaft, obwohl sie keine eigenen Kennarten besitzt. Auch GLAVAC (1983) bezeichnet Pflanzenbestände dieser Zusammensetzung als Rotschwingel-Rotstraußgras-Gesellschaft.

Die eigenen Untersuchungsflächen der Schavener Heide werden der *Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft zugeordnet und im weiteren Verlauf der Arbeit aus Gründen der Übersichtlichkeit auch vereinfacht als Heideflächen bezeichnet. Die Tabelle 6 beschreibt die Pflanzenbestände in ihrer Artenzusammensetzung. Für eine vollständige Charakterisierung der Untersuchungsflächen sollen auch hier wie bei den Kalkmagerrasen des Vorjahres die Daten der 24 Untersuchungsquadrate miteinbezogen werden.

Der Rotschwingel ist die dominierende Art auf beiden Untersuchungsflächen. Demgegenüber kommt das Rote Straußgras nur in geringeren Deckungsgraden vor, zeichnet sich aber durch eine Stetigkeit von 100 % in allen vier Versuchen (V5 bis V8) aus (s. Tabellen S. 68ff). Die Vorkommen von Arten der Klasse Nardo-Callunetea verdeutlichen die floristische Verwandtschaft zu den Borstgrasrasen einerseits. Andererseits sind die Pflanzenbestände dem Übergangsbereich zum Wirtschaftsgrünland (Molinio-Arrhenatheretea) zuzuordnen. Das wird deutlich durch Kennarten der Fettweiden (Cynosurion) und eine große Anzahl weiterer Arten des Wirtschaftsgrünlandes.

Der Pflanzenbestand auf Fläche D zeichnet sich durch das Vorkommen von *Agrostis vinealis*, dem Sand-Straußgras, und *Vulpia bromoides*, dem Trespen-Federschwingel aus, der hier mit

¹ *Agrostis capillaris* L. = *A. tenuis* SIBTH. = *A. vulgaris* WITH. Der z. Zt. gültige wissenschaftliche Name ist *A. capillaris* und wird in dieser Arbeit für die Art verwendet. Die Gesellschaftsbezeichnung „*Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft“ ist jedoch in der Literatur eingeführt und soll auch hier beibehalten werden.

hohem Deckungsgrad auftritt. Beide Arten sind typisch für Sandtrockenrasen und können als Trennarten einer trockenen Ausbildung der Rotschwengel-Rotstraußgras-Gesellschaft angesehen werden. Sie weisen auf die sandigen und dadurch sehr trockenen Bodenverhältnisse des Standorts hin, die durch die süd-östlich exponierte Hangneigung noch verstärkt werden.

Auch die als Begleiter aufgeführten Arten gelten größtenteils als Magerkeits- und Trockenheitszeiger, so zum Beispiel *Carex caryophylla*, *Festuca ovina* agg., *Hypochaeris radicata*, *Hypericum perforatum* und *Veronica officinalis*.

Die Besenheide, *Calluna vulgaris*, als prägende Art der Haarginster-Sandheide der Schavener Heide (BREULMANN 1995) erscheint in Tabelle 6 nur auf Fläche D mit spärlichem Deckungsgrad. Sie ist jedoch auf beiden Untersuchungsflächen (C und D) vorhanden und tritt mit Stetigkeiten zwischen 13 und 21 % auf (siehe Tabelle 25 bis Tabelle 28, S. 68ff).

Bei Betrachtung der 24 Vegetationsaufnahmen auf der gesamten Untersuchungsfläche C fällt auf, dass neben den in Tabelle 6 genannten Arten eine Reihe von Pflanzen auftreten, die frischere und etwas nährstoffreichere Bodenverhältnisse anzeigen. Dazu zählen *Cirsium palustre*, *Lotus uliginosus*, *Lysimachia nummularia*, *Potentilla reptans* und *Ranunculus repens*. Diese Arten kommen im Randbereich vor, der an einen deutlich feuchteren Bereich im Osten der Untersuchungsfläche angrenzt. Dieser Übergangsbereich musste aus versuchstechnischen Gründen miteinbezogen werden.

Tabelle 6: Rotschwengel-Rotstraußgras-Gesellschaft (*Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft), Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen C und D in der Schavener Heide (1999), erstellt nach der Methode von WILMANN (1993)

Fläche:	C	D	Neigung/Exposition:	0°	4° südost
Größe (m ²):	25	25	Höhe (m über NN):	260	280
Datum:	21.05.	16.06.	Artenzahl:	26	23

Kennzeichnende Arten	C	D
<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	5	4
<i>Agrostis capillaris</i>	2a	2a
Arten der Nardo-Callunetea		
<i>Calluna vulgaris</i>		+
<i>Hieracium pilosella</i>	1	
<i>Hypericum maculatum</i>	+	2m
<i>Luzula campestris</i>	1	
<i>Polygala serpyllifolia</i>	2m	
<i>Potentilla erecta</i>	1	
<i>Rumex acetosella</i>		2m
Kennarten des Cynosurion		
<i>Crepis capillaris</i>		2m
<i>Cynosurus cristatus</i>	2m	
<i>Trifolium repens</i>		2m
Weitere Arten der Molinio-Arrhenatheretea		
<i>Achillea millefolium</i>		2m
<i>Bromus hordeaceus</i>		1
<i>Cerastium holosteoides</i>	1	2m
<i>Dactylis glomerata</i>	1	2m
<i>Holcus lanatus</i>	1	2m
<i>Lotus corniculatus</i>	1	2m
<i>Plantago lanceolata</i>		2a
<i>Poa pratensis</i>	2m	
<i>Prunella vulgaris</i>	+	
<i>Stellaria graminea</i>		2m
<i>Taraxacum officinale</i>	+	2m
<i>Trifolium dubium</i>		4
<i>Trifolium pratense</i>	1	
<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	1
Trennarten einer trockenen Ausbildung (Sedo-Scleranthetea-Arten)		
<i>Agrostis vinealis</i>		1
<i>Vulpia bromoides</i>		4
Sonstige Begleiter		
<i>Carex caryophylla</i>	1	
<i>Cirsium vulgare</i>	r	
<i>Festuca ovina agg.</i>	1	
<i>Galium saxatile</i>	+	
<i>Hypericum perforatum</i>	+	
<i>Hypochaeris radicata</i>	r	2a
<i>Rosa spec.</i>	+	
<i>Veronica officinalis</i>	+	
<i>Vicia angustifolia</i>	2m	1

5 Ergebnisse

5.1 Beweidungsversuch

5.1.1 Versuchsverlauf

Die Versuche konnten weitestgehend wie vorgesehen durchgeführt werden. In beiden Versuchsjahren war zu Beginn der Vegetationsperiode ein höherer Wassergehalt im Kot festzustellen. Während der Sammlung im Laufe der Sommer nahm der Trockensubstanzgehalt im Kot in beiden Jahren zu (s. Tabelle 10).

In den beiden ersten Versuchen V1 und V5 der Untersuchungsjahre 1998 und 1999 musste jeweils ein Hammel aus der Untersuchung herausgenommen werden. Grund hierfür war eine breiartige und damit ungünstige Kotkonsistenz der beiden Tiere, was ein exaktes Erfassen der Kotmengen mit den Beuteln unmöglich machte. Eine Ursache hierfür war nicht ersichtlich, Anzeichen für eine gesundheitliche Beeinträchtigung der Tiere waren nicht festzustellen.

Das Wägen der Tiere erfolgte 1998 mit Ausnahme des ersten Versuchs jeweils zu Beginn und Ende eines jeden Versuchs. Davon abweichend wurden im Untersuchungsjahr 1999 die Gewichte der Tiere nur zu Beginn von Versuch 5 und am Ende von Versuch 8 erfasst. Beim Wägen vor Versuch 6 entstand starke Unruhe, mit der Folge, dass drei Hammel über das Weidenetz sprangen und zunächst nicht wieder eingefangen werden konnten. Der sich anschließende Versuch 6 wurde daher mit nur fünf Tieren durchgeführt, um die weitere zeitliche Versuchsplanung einhalten zu können. Entsprechend der verringerten Tierzahl wurde die Größe der Untersuchungsfläche für Versuch 6 verringert (siehe Tabelle 2). Die drei Hammel wurden später wieder eingefangen und in den weiteren Versuchen miteinbezogen, jedoch wurde auf ein Wägen zu Beginn der Versuche 7 und 8 verzichtet.

Die Lebendmassen zu den verschiedenen Zeitpunkten sind in Tabelle A 1 im Anhang aufgeführt.

5.1.2 Aufwuchsmengen und Futteraufnahme

Vor jeder Beweidung wurden die Aufwuchsmengen ermittelt. Sie sind in Tabelle 7 als Mittelwerte von 24 Untersuchungsquadraten aufgeführt und ergaben sich aus dem durchschnittlichen Trockensubstanzertrag der Untersuchungsflächen zu den verschiedenen Zeitpunkten bezogen auf 1 ha. Die Weiderträge lagen mit Trockensubstanzmengen von 5,8

bis 11,6 dt/ha auf einem erwartungsgemäß niedrigen Niveau. Während zwischen der ersten und zweiten Beweidung auf den Flächen A und C ein Anstieg bzw. konstante Aufwuchsmengen festzustellen waren, gingen auf den Flächen B und D die Erträge zurück.

Die Aufwuchsmengen vor und nach der Beweidung und die aus der Differenz resultierenden aufgenommenen Aufwuchsmengen der 24 Untersuchungsflächen [T/m²] sind im Anhang (Tabelle A 2 und Tabelle A 3) dargestellt.

Die aus den Differenzen zwischen den Aufwuchsmengen vor und nach der Beweidung errechneten mittleren täglichen Futteraufnahmen je Tier sind in Tabelle 7 dargestellt. Eine Messung der Futteraufnahme war nur für die gesamte Gruppe der Schafe möglich. Daher ist die Streuung innerhalb der Gruppe nicht bekannt.

Tabelle 7: Aufwuchsmenge und Futteraufnahme

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Aufwuchsmenge* [dt T / ha]	5,8	10,6	8,9	8,1	10,6	11,6	10,6	7,6
Futteraufnahme [g T / Tier u. d]	1281	1649	1373	1170	1406	1199	1183	791

* zu Beginn der Beweidung

5.1.3 Inhaltsstoffe im Futter

Die Ermittlung der Inhaltsstoffe des aufgenommenen Futters erfolgt rechnerisch aus der Differenz der in den Aufwüchsen vor und nach der Beweidung gemessenen Nährstoffmengen. Diese Nährstoffmengen werden auf die entzogene Trockensubstanzmenge bezogen und ergeben den Nährstoffgehalt im aufgenommenen Futter. Die getrennte Erfassung und Analyse der Aufwüchse ermöglicht die Bestimmung der entzogenen Nährstoffmengen für jedes

einzelne Untersuchungsquadrat. Erst anschließend erfolgt die Bildung der Mittelwerte, die in Tabelle 8 als Inhaltsstoffe im aufgenommenen Aufwuchs für jeden Versuch aufgeführt sind.

Tabelle 8: Inhaltsstoffe [g/kg T] im entzogenen Aufwuchs

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	August	Mai	Juni	Juli	August
XA	87	78	74	83	56	46	58	45
XP	153	110	87	98	116	111	76	78
XF	219	249	232	234	235	253	300	319
Ca	8,14	8,46	10,1	8,41	2,81	6,91	3,96	10,84
P	1,23	1,13	0,98	0,98	1,20	2,11	0,95	1,44
Mg	5,01	3,86	3,78	4,29	1,00	1,64	1,25	2,06
K	17,0	16,7	15,5	13,6	17,1	11,4	15,1	6,2

Der Rohaschegehalt lag im Mittel des Jahres 1998 mit 81 g/kg T höher als der im Jahr 1999 gemessene Gehalt von 51 g/kg T. Auf allen Flächen war eine Abnahme des Rohproteingehalts zwischen erster und zweiter Beweidung festzustellen. Während sich ein Anstieg der Rohfasergehalte im Jahr 1998 nur tendenziell andeutete, kam der Einfluss der Jahreszeit und des fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums auf den Rohfasergehalt im Jahr 1999 deutlich zum Ausdruck.

Die im Versuchsjahr 1998 untersuchten Aufwüchse der Kalkmagerrasen wiesen deutlich höhere Calcium- und Magnesiumgehalte auf als die im folgenden Jahr auf den Heideflächen erfassten Aufwüchse mit Ausnahme von Fläche D in Versuch 8. Abgesehen von den erhöhten Phosphorgehalten im aufgenommenen Futter der Fläche D wurden bei den übrigen Mineralstoffgehalten in beiden Jahren vergleichbare Größenordnungen mit entsprechenden Schwankungsbreiten ermittelt.

5.1.4 Ausscheidungen

5.1.4.1 Kot

Die ausgeschiedenen Kottrockensubstanzmengen sind getrennt nach Weide- und Pferchzeiten je Tier und Tag in Tabelle 9 aufgeführt. Die dargestellten Werte ergaben sich aus den Mittelwerten der von den Versuchstieren ausgeschiedenen täglichen Kotmengen. Die Kot-T-Ausscheidungen liegen mit 742 g T/Tier und Tag im Mittel der vier Versuche des Jahres 1998 über denen des Jahres 1999 mit 672 g T/Tier und Tag. In beiden Jahren wurden im ersten Versuch (V1 und V5) deutlich geringere Kot-T-Ausscheidungen gemessen.

Ergänzend ist die prozentuale Verteilung der Kot-T-Mengen im Mittel der vier Versuche für die beiden Versuchsjahre 1998 und 1999 dargestellt.

Tabelle 9: Kot-Trockensubstanz-Mengen [g/Tier und Tag] im Mittel der Versuchstiere und die prozentuale Verteilung auf Pferch- und Weidezeiten getrennt nach den Versuchsjahren

	1998					1999				
Versuch	V1	V2	V3	V4	%	V5	V6	V7	V8	%
Nachtpferch	270	295	272	343	40	271	313	353	303	46
Weide vorm.	161	178	203	197	25	118	147	159	155	22
Mittagspferch	89	110	86	125	14	64	80	62	73	10
Weide nachm.	142	150	177	169	21	114	139	168	167	22
gesamt	662	733	738	834	100	567	679	742	698	100

In Tabelle 10 sind die im Kot analysierten Inhaltsstoffe (Weender Roh Nährstoffe und Mineralstoffe) im Mittel der Tiere zusammengefasst. Die Kotzusammensetzung der Einzeltiere ist im Anhang aufgeführt.

Die Zunahme der Trockensubstanzgehalte im Lauf der Vegetationsperioden beider Jahre wurde bereits oben erwähnt. Die Rohasche-Gehalte waren im Jahr 1998 insgesamt höher als die des Jahres 1999. Für beide Jahre war eine leicht fallende Tendenz in den XP-Gehalten im Lauf der Vegetationsperioden festzustellen.

Die Konzentrationen an Rohfett im Kot schwankten zwischen 41 und 59 g/kg T. Die Rohfasergehalte waren in beiden Jahren vergleichbar und wiesen nur eine geringe Schwankungsbreite auf.

Bei den Calcium-Ausscheidungen fallen besonders bei den Versuchen V5 und V7 geringere Ca-Konzentrationen im Vergleich zu den übrigen Versuchen auf. Die Phosphorkonzentrationen der Versuche auf den Heideflächen lagen tendenziell über denen auf den Kalkmagerrasen. Dagegen wurden deutlich höhere Mg-Konzentrationen im Kot aus den Versuchen auf den Kalkmagerrasen gemessen. Die K-Gehalte wiesen große Schwankungen in beiden Jahren auf, wobei keine Tendenzen festzustellen waren.

Tabelle 10: Kotzusammensetzung (Trockensubstanz [g/kg FM] , Weender Rohnährstoffe und Mineralstoffe [g/kg T]) im Mittel der Versuchstiere

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	August	Mai	Juni	Juli	August
T	265	282	296	301	209	242	292	317
XA	118	116	136	118	87	94	96	102
XP	135	121	125	96	147	146	115	109
XL	59	49	52	41	45	41	55	52
XF	275	288	277	280	291	302	289	280
Ca	17,2	17,6	26,4	13,9	8,2	17,7	10,2	15,3
P	3,50	2,66	2,65	2,06	3,76	4,71	3,17	3,38
Mg	5,95	5,75	7,75	2,33	1,23	1,42	1,01	1,35
K	10,2	8,35	4,35	6,37	17,1	6,91	9,80	6,28

5.1.4.2 Harn

Das Erfassen des Harns während der Pferchzeiten erfolgte in Form von Sammelproben für je vier Tiere eines Käfigs. Die Sammelproben setzten sich aus dem abgesetzten Harn, der Flüssigkeit der Vorlage und der Sprühflüssigkeit zusammen. Die mit dem Harn ausgeschiedenen Nährstoffmengen sind in Tabelle 11 aufgeführt. Das Vermischen des abgesetzten Harns mit der Flüssigkeit der Vorlage und der Sprühflüssigkeit lässt keine Aussage über absolute Harnmengen, weder für das Einzeltier noch für eine Tiergruppe, zu.

Tabelle 11: Im Pferch mit dem Harn ausgeschiedene Nährstoffmengen [g/Tier u. Tag]

	1998					1999				
Versuch	V1	V2	V3	V4	ξ	V5	V6	V7	V8	ξ
N	8,2	5,1	5,5	4,9	5,9	7,4	7,0	5,6	5,0	6,2
Ca	0,69	0,49	0,24	0,23	0,41	0,60	0,70	0,60	0,58	0,62
P	0,012	0,009	0,009	0,008	0,009	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
Mg	0,78	0,81	0,38	0,32	0,57	0,35	0,71	0,42	0,56	0,51
K	11,8	12,5	4,2	3,2	7,9	6,4	5,3	7,1	4,7	5,9

In beiden Vegetationsperioden deutet sich ein Rückgang der mit dem Harn ausgeschiedenen N-Mengen nach V1 (1998) und nach V6 (1999) an. Im Mittel der jeweils vier Versuche wurden in beiden Jahren mit 5,9 und 6,2 g/Tier und Tag Harn-N-Ausscheidungen in gleicher Größenordnung gemessen.

Phosphor wurde mit dem Harn nur in geringsten Mengen von 9 bzw. 11 mg ausgeschieden. Auch die Größenordnung der Ca- und Mg-Ausscheidungen lagen gegenüber denen von K deutlich niedriger. Mit Ausnahme von Phosphor fallen bei den Mineralstoffausscheidungen mit dem Harn teilweise erhebliche Schwankungen auf.

6 Diskussion

In einem Beweidungsversuch wurde über zwei Vegetationsperioden der Einfluss der Hüteschafhaltung auf die Nährstoffbewegungen zwischen Weide und Pferch und auf die Vegetation untersucht. Die Durchführung sollte weitestgehend unter Praxisbedingungen erfolgen. Zu Beginn dieses Kapitels steht zunächst eine kritische Betrachtung der entwickelten Methodik. Ein Kernpunkt der Diskussion behandelt den Aspekt des Nährstoffaustrags, wobei zunächst die an den ausgewählten Tieren gemessenen Ergebnisse näher betrachtet werden. Anschließend erfolgt eine Übertragung dieser Daten auf einen Praxisbetrieb in Form einer Modellrechnung.

6.1 Fehlerbetrachtung

6.1.1 Futteraufnahmebestimmung

Die Bestimmung der Futteraufnahme erfolgte nach dem Prinzip, auf 24 repräsentativen Teilflächen vor und nach der Beweidung das Gewicht der Pflanzentrockenmasse zu bestimmen. Die Gewichts Differenz zwischen Auf- und Abtrieb wurde der Futteraufnahme gleichgesetzt.

Dieses Verfahren beinhaltet eine Ungenauigkeit, da die Menge der während der Beweidungsphase hinzugewachsenen Pflanzenmasse unberücksichtigt bleibt. Dadurch wird der wahre Futterverzehr in der Regel unterschätzt (SIMON 1974). VOIGTLÄNDER und VOSS (1979) gehen davon aus, dass die Differenzmethode bei kurzen Fresszeiten von höchstens zwei Tagen hinreichend genaue Ergebnisse liefert und der Zuwachs an Pflanzenmasse vernachlässigt werden kann.

In der eigenen Untersuchung wurde die Beweidungsperiode von sieben Tagen in zwei Teilperioden unterteilt, so dass zwischen der Erfassung des Aufwuchses vor und nach der Beweidung 3,5 Tage lagen. Aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten, insbesondere der trockenen und nährstoffarmen Bodenverhältnisse (siehe Kapitel 4.2), wurde zunächst davon ausgegangen, dass in dieser Zeit nur ein minimaler Zuwachs an Pflanzenmasse vorlag.

Zur Überprüfung dieser Annahme wurde in jedem Versuch auf sechs Kontrollquadraten außerhalb der Untersuchungsfläche im nicht beweideten Bereich der Aufwuchs analog zu den beweideten Untersuchungsquadraten erfasst. Der so erhaltene Zuwachs ist für jeden Versuch mit Ausnahme von Versuch 3 in Tabelle 12 als Mittelwert der prozentualen Veränderungen

der zu Beginn jeder Beweidung gemessenen Pflanzenmassen aufgeführt. Auf die Darstellung der Ergebnisse aus Versuch 3 muss verzichtet werden, da hier die übrige Schafherde während der Versuchsperiode den Bereich unmittelbar neben der Untersuchungsfläche abgeweidet hat. Die berechneten Standardabweichungen zeigen eine hohe Streuung der Aufwuchsveränderungen zwischen den Kontrollquadraten. Ein eindeutiger Zuwachs an Pflanzenmasse innerhalb der 3,5 Tage ist nicht nachzuweisen, da die Standardabweichungen mit Ausnahme von Versuch 4 die Mittelwerte übersteigen. Ein Korrekturfaktor wurde daher bei der Bestimmung der aufgenommenen Pflanzenmasse nicht miteinbezogen.

Tabelle 12: Mittelwerte (ξ) und Standardabweichung (s) der prozentualen Veränderungen der zu Beginn jeder Beweidung gemessenen Pflanzenmassen von jeweils sechs unbeweideten Kontrollquadraten

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai	Juni	Juli	Aug.
ξ	10	21	n.a.*	22	13	11	4	1
$\pm s$	± 16	± 30		± 18	± 26	± 22	± 16	± 26

* nicht auswertbar

Auf 16 der insgesamt 192 Untersuchungsquadrate wurden nach der Beweidung höhere Pflanzentrockenmassen gemessen als vor der Beweidung. Zur Bestimmung der Futteraufnahme mittels Differenzbildung hätte dies eine negative Futteraufnahme bedeutet. Daher wurden die durch das Weiden der Tiere entzogenen Pflanzenmassen für die entsprechenden Quadrate gleich Null gesetzt.

Charakteristisch für alle Untersuchungsflächen war die hohe Streuung der Aufwuchsmengen auf den Untersuchungsquadraten, dargestellt als Standardabweichung und als Minimum- und Maximum-Werte in Tabelle A 2 und Tabelle A 3 im Anhang. Darin zeigte sich die kleinräumige Variation der untersuchten Pflanzenbestände bezüglich der Pflanzenmasse.

6.1.2 Messung der Kot- und Harnausscheidungen

Der von den acht Schafen abgesetzte Kot wurde mit den Kotsammelgeschirren für die Dauer von sieben Tagen vollständig, d. h. im Pferch und auf der Weide, erfasst. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Sammeln des Kots nahezu verlustfrei erfolgte. Das ergab die regelmäßige Kontrolle des Bodens der Stoffwechsellkäfige auf mögliche Kotreste nach jedem Pferchen.

Die gemessenen Kottrockensubstanzmengen lagen zwischen 567 und 834 g/Tier und Tag. Es ist allgemein bekannt, dass die ausgeschiedene T-Menge von der aufgenommenen T-Menge und der Verdaulichkeit der Trockensubstanz abhängt. Untersuchungen von RODEHUTSCORD et al. (1994) ergaben Verdaulichkeiten der OS von extensiv erzeugtem Heu zwischen 54 und 65%. Legt man Verdaulichkeitsquotienten der OS dieser Größenordnung in der eigenen Untersuchung zugrunde, so waren mit dem ermittelten Futtermittelverzehr (siehe S. 36) Kot-T-Ausscheidungen in der gemessenen Höhe zu erwarten.

Zur Ermittlung der mit dem Harn ausgeschiedenen Nährstoffe wurde der abgesetzte Harn mit verdünnter Schwefelsäure (Sprühflüssigkeit und Vorlage) zur Konservierung versetzt. Da diese Flüssigkeiten keine der zu untersuchenden Nährstoffe enthielten, entsprachen die absoluten Nährstoffmengen in dem gesammelten Gemisch denen im abgesetzten Harn.

Mit dem Absprühen der Ablaufvorrichtung sollte ein N-Verlust in Form von Ammoniak weitestgehend verhindert werden. Die tatsächlichen Harn-N-Ausscheidungen würden im Fall eines Ammoniakverlusts die gemessenen Harn-N-Ausscheidungen übersteigen. Die übrigen Nährstoffe wurden verlustfrei aufgefangen.

Zur Quantifizierung des Nährstoffaustrags von der beweideten Naturschutzfläche genügte die Erfassung des Harns während der Pferchzeiten. Auf eine weiterführende Ermittlung des auf der Weide abgesetzten Harns, analog zum Kot, wurde verzichtet. Mit entsprechenden Vorrichtungen wie zum Beispiel Urinalen war eine Beeinträchtigung der Tiere in ihrem Verhalten zu befürchten.

Für weitergehende Berechnungen (s. Kapitel 6.3 und 6.4) wurde die Annahme getroffen, dass die Nieren der Schafe kontinuierlich Harn sezernieren. Da keine Messungen zum Harn-Ausscheidungsverhalten durchgeführt wurden, hätte das weitere Annahmen und Unsicherheiten bedeutet. Eine Korrektur, die den Einfluss der Wasseraufnahme und Bewegung während des Weidens berücksichtigen sollte, wurde absichtlich nicht vorgenommen. Es wurde somit davon ausgegangen, dass auf der Weide die gleiche Menge Harn bezogen auf die Zeit abgesetzt wurde wie im Pferch. Das Verhältnis von Pferch-Harn zu Weide-Harn wurde mit dem Verhältnis von Pferchdauer zu Weidedauer gleichgesetzt.

6.2 Verdaulichkeitsbestimmung

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit eines Futters müssen Futteraufnahme und Kottausscheidungen gemessen werden. Dabei wird üblicherweise die verzehrte Futtermenge durch Einzeltierfütterung tierindividuell erfasst (GfE 1991).

In dem vorliegenden Beweidungsversuch war eine Bestimmung der aufgenommenen Futtermenge für das Einzeltier nicht möglich. Die tägliche Futteraufnahme ergab sich aus dem gemittelten entzogenen Aufwuchs der Untersuchungsquadrate bezogen auf die Gesamtfläche geteilt durch die Anzahl der Schafe. Demnach ist die Variation der Futteraufnahme zwischen den acht Tieren nicht bekannt. Obwohl die Kotmengenerfassung für jedes Einzeltier erfolgte, ließen sich keine tierindividuellen Verdaulichkeitsquotienten ermitteln.

Die Verdaulichkeitsquotienten für die Trockensubstanz, die Organische Substanz und die Rohfaser des aufgenommenen Aufwuchses sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 13: Verdaulichkeitsquotienten (%) der Trockensubstanz (VQ T), der Organischen Substanz (VQ OS) und der Rohfaser (VQ XF) im aufgenommenen Aufwuchs

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai	Juni	Juli	Aug.
VQ T	48	56	46	29	60	43	37	12
VQ OS	52	58	50	31	61	46	40	17
VQ XF	39	49	33	18	56	34	38	29

Die ermittelten Verdaulichkeiten der ersten Versuche der Vegetationsperioden 1998 und 1999 lagen in der Größenordnung, wie sie in den DLG-Futterwerttabellen für Grünland mit ein bis zwei Nutzungen und später Erstnutzung angegeben werden (DLG 1997). Angaben über Verdaulichkeiten bei späterer oder zweiter Nutzung sind hier jedoch nicht zu finden.

RODEHUTSCORD et al. (1994) ermittelten für den Aufwuchs eines Kalkmagerrasens eine Verdaulichkeit der Organischen Substanz von 60%. Untersuchungen des eigenen Instituts ergaben für einen vergleichbaren Pflanzenbestand einen Verdaulichkeitsquotient der OS von 61 % (BRENNER 1997). Ergebnisse von SPATZ et al. (1991) zur Verdaulichkeit von extensiv erzeugtem Heu lagen bei 52 bis 60% (VQ OS).

Im weiteren Verlauf der Vegetationsperioden wurden auf allen vier Standorten sinkende Werte für die Verdaulichkeitsquotienten festgestellt. Die tendenziell steigenden Verdaulichkeiten von Versuch 1 zu Versuch 2 stammten von zwei unterschiedlichen Untersuchungsflächen. Bei Betrachtung der Werte aus der jeweils zweiten Beweidung auf der gleichen Fläche ist stets ein Rückgang der Verdaulichkeiten zu verzeichnen. Diese Entwicklung war zu erwarten, da mit der „Alterung“ der Bestände eine Zunahme von Gerüstsubstanzen, hauptsächlich der Cellulose und des Lignins, verbunden ist. Mit zunehmendem Alter und Fortschreiten des phänologischen Stadiums der Pflanzen sinkt die Verdaulichkeit der OS in den Stängeln, aber auch in den Blättern. Dieser Effekt ist bei Gräsern in der Regel stärker ausgeprägt als bei Kräutern und Leguminosen (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER 1979, VERCH und KÜHBAUCH 1994).

Die Analysen der Aufwüchse auf den Kalkmagerrasen ließen keine steigenden Fasergehalte und damit eine Zunahme an Gerüstsubstanzen im Laufe der Vegetationsperiode erkennen. KLOSKOWSKI et al. (1986) ermittelten bei Herbstaufwuchs geringere Verdaulichkeiten trotz blattreicherer Pflanzenmasse und führten das auf die wesentlich schlechtere Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen, bedingt durch Effekte der späteren Jahreszeit, zurück.

Der durchgeführte Beweidungsversuch entsprach einer zweimaligen Weidenutzung im Jahr. Zu Beginn der ersten Beweidungen in jedem Jahr befanden sich die bestandsbildenden Gräser überwiegend im phänologischen Stadium des Ähren-Rispschiebens (V1 und V5) bzw. der Blüte (V2 und V6). Entsprechend rohfasernarm war der Aufwuchs zu diesen Zeitpunkten (siehe Tabelle 8). Bei den zweiten Beweidungsterminen waren die Bestände phänologisch wesentlich weiter entwickelt (Samenreife der bestandsbildenden Gräser). Das lag zum einen an der Beweidungspause von etwa acht Wochen, zum anderen ließen die Schafe bereits bei der ersten Beweidung die faserreichen und weniger wertvollen Pflanzenteile stehen, wodurch die „Überalterung“ der Bestände zu Beginn der zweiten Beweidungen noch verstärkt wurde. Die negative Beziehung zwischen Alter des Pflanzenbestandes und der Verdaulichkeit kamen in den geringeren Verdaulichkeitsquotienten der zweiten Beweidungen zum Ausdruck. Auf die selektive Futteraufnahme der Schafe soll in Kapitel 6.5.1 noch näher eingegangen werden.

6.3 Tierbezogene Nährstoffbilanzen

Die für die Untersuchung ausgewählten Schafe waren ausgewachsen. Eine Leistung in Form von Zuwachs an Lebendmasse war daher nicht zu erwarten. Im Gegensatz zu Mutterschafen lag keine Leistung in Form von Milchbildung vor. Die im Anhang (Tabelle A 1) aufgeführte Entwicklung der Lebendmassen der Schafe während der Versuchszeiträume bestätigen diese Annahme. Zwar bestehen zwischen den Wägungen Unterschiede der Lebendmassen, die aber auf die Wägebedingungen zu Beginn und am Ende jedes Versuchs und den dadurch bestehenden unterschiedlichen Sättigungs- bzw. Nüchternheitsgrad der Tiere zurückzuführen sind. Eine Ausnahme bildeten die eingesetzten Zuchtböcke. Bei beiden war zu Beginn der letzten Versuche (V4 und V8) eine Abnahme der Lebendmassen festzustellen. Das war wahrscheinlich auf die Deckaktivität der Tiere in den Phasen zwischen den Versuchen zurückzuführen, die sie bei der übrigen Herde verbrachten.

Durch die Gegenüberstellung von Aufnahmen zu Ausscheidungen der einzelnen Nährstoffe ließen sich Bilanzen für die untersuchten Tiere erstellen. Die Aufnahme abzüglich der Kot und Harn-Ausscheidungen ergaben die Bilanzwerte, die in Tabelle 14 dargestellt sind.

Geht man davon aus, dass die Tiere an Lebendmasse weder zu- noch abnehmen, müssten sich Bilanzwerte von Null errechnen. Wie bereits oben näher erläutert, ist auch für diese Werte eine statistische Auswertung nicht sinnvoll. Es lässt sich daher nicht gesichert sagen, inwiefern die berechneten Ergebnisse signifikant von Null verschieden sind.

Die N-Bilanzen der Versuche V1, V2 und V5 ergaben positive Werte. Werden hier tatsächlich von Null abweichende Werte unterstellt, haben die Tiere mehr N mit dem Futter aufgenommen als sie ausgeschieden haben.

In diesem Zusammenhang muss das Wollwachstum der Schafe berücksichtigt werden. Wolle besteht hauptsächlich aus schwefelhaltigen Proteinen, den Keratinen. Der durchschnittliche Stickstoffgehalt von reiner Wolle liegt bei ungefähr 7% (KÖNIG et al. 1968). Nach Angaben der Schäfer und aus der Literatur ergibt sich ein Wollertrag von 4 kg/Tier und Jahr (HARING 1975). Bei einem Gehalt von rund 60% Reinwolle werden je Tier durchschnittlich 0,46 g N am Tag in der Wolle festgelegt. Die benötigte N-Menge wird nicht ausgeschieden und führt somit bei einer Bilanzierung zu einer Erhöhung der Bilanzwerte um den errechneten Betrag von durchschnittlich 0,46 g N.

Tabelle 14: Tierbezogene Bilanzen (g/Tier u. Tag) als Differenz der Aufnahme abzüglich der Kot- und Harnausscheidungen.

	1998				1999			
Versuch	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Fläche	A	B	A	B	C	D	C	D
	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai	Juni	Juli	Aug.
N	4,6	6,8	-0,9	-1,7	6,5	-5,2	-5,0	-9,3
P	-0,71	-0,15	-0,45	-0,58	-0,02	-0,59	-1,04	-1,26
Ca	-1,7	0,7	-3,8	-1,8	0,02	-4,2	-2,2	-3,9
Mg	0,92	0,88	-0,37	0,61	0,63	-0,13	0,47	-0,23
K	-3,35	1,80	13,61	6,13	9,86	-0,24	2,42	-6,24

Es fällt auf, dass sich insbesondere bei den Mineralstoffen häufig negative Bilanzen ergaben. Im folgenden soll die Möglichkeit betrachtet werden, dass eine Aufnahme von mineralstoffhaltiger Bodensubstanz, die bei der Ermittlung der Futtermittelaufnahme unberücksichtigt blieb, die Bilanzierung beeinflusste. Eine Aufnahme an Bodensubstanz durch die Schafe, ob beabsichtigt oder unbeabsichtigt über das Fressen von Wurzeln o.ä., hätte eine Unterschätzung der Mineralstoffaufnahme zur Folge. In diesem Fall übersteigen die in den Kot- und Harnausscheidungen erscheinenden Mineralstoffmengen die ermittelten aufgenommenen Mengen. Das führt zu negativen Bilanzergebnissen.

Eine Kalkulation mit entsprechenden Mineralstoffgehalten im Boden würde tägliche Aufnahmen zwischen ca. 1 und 35 kg Boden je Tier und Tag bedeuten. Aufnahmen von Bodensubstanz in dieser Höhe sind völlig unrealistisch. Daher lassen sich die negativen Bilanzergebnisse nicht ausschließlich mit einer möglichen Aufnahme von Bodensubstanz erklären.

Bei der Interpretation der Bilanzen ist zu bedenken, dass die Daten aus Bilanzperioden von einer Woche Dauer stammen. In diesen relativ kurzen Zeiträumen können Schwankungen der Nährstoffausscheidungen die Ergebnisse in der einen oder anderen Richtung beeinflussen. Dafür spricht die Tatsache, dass mit Ausnahme von Phosphor bei allen Nährstoffen sowohl positive als auch negative Bilanzen ermittelt wurden.

6.4 Nährstoffaustrag aus Naturschutzgebieten

In diesem Kapitel soll zunächst auf die an den jeweils acht ausgewählten Schafen gemessenen Ergebnisse eingegangen werden. Anschließend erfolgt eine Übertragung der Ergebnisse auf einen Praxisbetrieb in Form einer Modellrechnung. Es wird ausschließlich auf die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium eingegangen, denen einerseits aus ökologischen Aspekten und andererseits aus Sicht der Pflanzenernährung die entscheidende Bedeutung zukommt (DIERSSEN 1989).

6.4.1 Im Beweidungsversuch gemessener Nährstoffaustrag

Die Untersuchung war so angelegt, dass die ausgewählten Tiere während der Pferchzeiten in den beschriebenen Stoffwechselläufigen untergebracht waren. Die in den Käfigen mit dem Kot und Harn ausgeschiedenen Nährstoffmengen entsprechen demnach den im Pferch anfallenden Nährstoffmengen.

In Tabelle 15 sind die im Pferch mit Kot und Harn ausgeschiedenen N-Mengen aufgeführt. Mit dem Kot fielen 1998 von Mai bis August zwischen 7,1 und 7,8 g N/Tier und Tag an. Im Versuchsjahr 1999 lagen die Schwankungen mit 7,0 bis 9,3 g N/Tier und Tag etwas höher. Ein direkter Zusammenhang zwischen den sinkenden N-Gehalten (Rohproteingehalten) im Futter (siehe Tabelle 8) und den weitgehend konstanten Kot-N-Ausscheidungen ist nicht zu erkennen. Das war auch nicht zu erwarten, da aus Untersuchungen mit Schafen und Rindern die Unabhängigkeit der Kot-N-Ausscheidung vom Rohproteingehalt beim Wiederkäuer bekannt ist. Mit sinkender Verdaulichkeit nimmt auch der N-Gehalt in der Kottrockensubstanz ab (SCHMIDT 1992). Damit lassen sich die im Laufe der Vegetationsperioden steigenden Kot-T-Mengen bei gleichzeitigem Rückgang der Rohproteingehalte im Kot erklären (siehe Tabelle 10).

Tabelle 15: N-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag

1998	V1	V2	V3	V4		
Fläche	A	B	A	B		
	Mai	Juni	Juli	August	ξ	%
Kot	7,7	7,8	7,1	7,2	7,5	56
Harn	8,1	5,1	5,3	4,9	5,9	44
gesamt	15,8	12,9	12,4	12,1	13,4	100
1999	V5	V6	V7	V8		
Fläche	C	D	C	D		
Kot	7,9	9,3	7,6	7,0	7,9	56
Harn	7,4	7,0	5,6	5,0	6,2	44
gesamt	15,3	16,3	13,2	12,0	14,1	100

Im Versuchsjahr 1998 wurden im ersten Versuch V1 höhere Harn-N-Ausscheidungen gemessen, 1999 ließ sich diese Tendenz für die beiden ersten Versuche V5 und V6 feststellen. In diesen Versuchen waren auch die höchsten Rohproteingehalte im aufgenommenen Futter ermittelt worden (siehe Tabelle 8). Es liegt nahe, dass die reduzierte N-Aufnahme im Laufe der Vegetationsperiode zu einer verminderten N-Exkretion über den Harn führte. Eine Reihe von Untersuchungen, in einer Übersicht von (BORNEMANN (1995) zusammengestellt, ergab, dass Wiederkäuer auf eine reduzierte N-Versorgung mit einer Einschränkung der renalen Harnstoffausscheidung reagieren.

Die mittleren täglichen Gesamt-N-Ausscheidungen je Tier können in beiden Jahren als weitgehend gleich hoch angesehen werden. Die Verteilung der N-Ausscheidungen auf Kot und Harn ergab mit 56% für Kot-N und 44% für Harn-N in beiden Jahren identische Werte.

Die Versuchsanstellung soll und kann hier nicht zum Vergleich der beiden Rassen dienen, doch deutet sich trotz unterschiedlicher Pflanzengesellschaften und unterschiedlicher Schafrassen kein Unterschied in der Größenordnung und Verteilung der N-Ausscheidungen an. Entscheidend ist, dass der Harn einen großen Anteil an den N-Ausscheidungen hat und bei

Untersuchungen zu horizontalen wie auch vertikalen N-Verlagerungen berücksichtigt werden muss.

Die Annahme von LAMPRECHT (1987), dass der N-Eintrag durch den Harn für den Stickstoffhaushalt beweideter Flächen von entscheidender Bedeutung ist, wird durch die eigenen Ergebnisse bekräftigt. Werden die Harnausscheidungen nicht erfasst, wie in der Untersuchung von Beweidung und Mahd in einem Hochmoor von GÖRSCHEN und MÜLLER (1985/1986), bleibt ein wesentlicher Teil der N-Ausscheidungen unberücksichtigt.

Ebenso erheblich ist der Anteil des Harns an den vertikalen N-Verlagerungen. Gegenüber dem Kotstickstoff, der aufgrund des weiten C:N-Verhältnisses sehr langsam freigesetzt wird, kommt es beim Harn zu einer raschen Umsetzung des Harnstoffs. In Abhängigkeit von der Jahreszeit kann kurz- bis mittelfristig unter Harnstellen eine Anreicherung von mineralischem Stickstoff auch in größerer Bodentiefe auftreten (ANGER 1993, ROTH 1997).

Eine entsprechende Betrachtung der P-Ausscheidungen erfolgt in Tabelle 16. Im ersten Versuchsjahr lagen die P-Ausscheidungen während der ersten beiden Versuche tendenziell höher als die der beiden letzten. Im zweiten Jahr auf den Heideflächen wurden insgesamt höhere tägliche P-Ausscheidungen je Tier ermittelt. Das kommt auch in den Mittelwerten der jeweils vier Versuche zum Ausdruck. Ein Vergleich mit dem aufgenommenen Futter ergibt, dass die P-Gehalte in den entsprechenden Aufwüchsen, insbesondere von Fläche D, höher lagen (siehe Tabelle 8).

Im Kot waren 99% des insgesamt ausgeschiedenen Phosphors enthalten. Dem Harn kommt bezüglich der P-Ausscheidungen keine Bedeutung zu. Das war zu erwarten, da dieser Sachverhalt aus verschiedenen Untersuchungen seit langem bekannt ist (WILDT 1874, HUFSTEDLER und GREENE 1995).

Tabelle 16: P-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag

1998	V1	V2	V3	V4		
Fläche	A	B	A	B		
	Mai	Juni	Juli	August	ξ	%
Kot	1,25	1,08	0,94	0,96	1,06	99
Harn	0,012	0,009	0,008	0,008	0,009	1
gesamt	1,26	1,09	0,95	0,97	1,07	100
1999	V5	V6	V7	V8		
Fläche	C	D	C	D		
Kot	1,25	1,82	1,30	1,26	1,41	99
Harn	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	1
gesamt	1,26	1,83	1,31	1,27	1,42	100

Tabelle 17: K-Ausscheidungen in g im Mittags- und Nachtpferch je Tier und Tag

1998	V1	V2	V3	V4		
Fläche	A	B	A	B		
	Mai	Juni	Juli	August	ξ	%
Kot	3,8	3,6	1,6	3,0	3,0	28
Harn	11,8	12,5	4,2	3,2	7,9	72
gesamt	15,6	16,1	5,8	6,2	10,9	100
1999	V5	V6	V7	V8		
Fläche	C	D	C	D		
Kot	5,7	3,0	4,0	2,4	3,8	39
Harn	6,4	5,3	7,1	4,7	5,9	61

gesamt	12,1	8,3	11,1	7,1	9,7	100
--------	------	-----	------	-----	-----	-----

Die Verteilung der Kalium-Ausscheidungen auf Kot und Harn während der Pferchzeiten ist in Tabelle 17 wiedergegeben. In beiden Jahren lagen die K-Ausscheidungen mit 10,9 bzw. 9,7 g/Tier und Tag auf gleichem Niveau. Im Gegensatz zu N und P erschien mit 72% bzw. 61% der größere Teil der Gesamt-K-Ausscheidungen im Harn. Es fallen besonders die mit dem Harn abgesetzten K-Mengen in den Versuchen V1 und V2 auf. Die Ursache dafür scheint nicht in der Futteraufnahme zu liegen, da eine entsprechend höhere K-Aufnahme mit dem Futter nicht festzustellen war (siehe Tabelle 8).

Der gezeigte Nährstoffaustrag kann nur einen Teil der insgesamt von den Schafen täglich ausgeschiedenen Nährstoffe ausmachen. Wie hoch der Anteil der im Pferch ausgeschiedenen und damit der Fläche entzogenen Nährstoffmengen an den Gesamtausscheidungen ist, wird in der Abbildung 5 verdeutlicht.

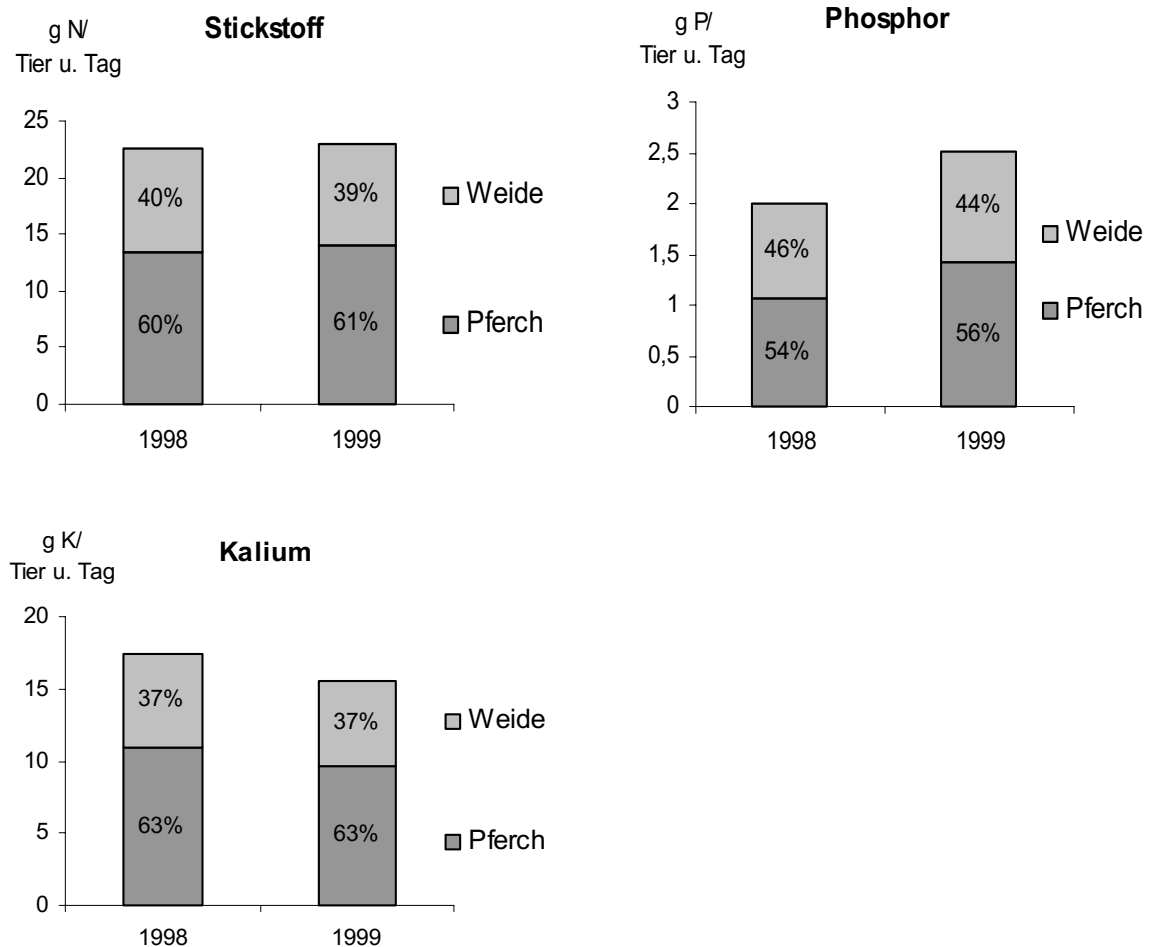


Abbildung 5: Höhe der täglichen N-, P- und K-Ausscheidungen je Tier und deren Verteilung auf Pferch und Weide in den Versuchsjahren 1998 und 1999

Die täglich mit dem Kot und dem Harn ausgeschiedenen N-Mengen lagen mit 23 g/Tier in beiden Jahren auf gleichem Niveau. Auch die Verteilung der N-Ausscheidungen war mit 40% bzw. 39% auf der Weide und 60% bzw. 61% in beiden Jahren nahezu identisch. WHITE et al. (1997) ermittelten in einer Untersuchung zum N-Kreislauf bei weidenden Schafen einen N-Austrag von 50% der N-Ausscheidungen. Berücksichtigt man die etwa zwei Stunden längere Weidezeit, so ist diese Verteilung durchaus mit den eigenen Ergebnissen vergleichbar.

Die bereits erwähnten höheren P-Ausscheidungen im zweiten Versuchsjahr auf den Heideflächen kommen in dem Diagramm, das die Gesamt-P-Ausscheidungen je Tier und Tag zeigt, deutlich zum Ausdruck. Die Anteile der auf der Weide angefallenen P-Mengen können aber auch hier mit 46% (1998) und 44% (1999) als annähernd gleich angesehen werden.

Bezüglich der Verteilung der K-Ausscheidungen auf Weide und Pferch war eine exakte Übereinstimmung in beiden Jahren festzustellen. Die täglichen Gesamt-K-Mengen in Kot und Harn entsprachen mit 17 g/Tier (1998) und 16 g/Tier (1999) in beiden Jahren der gleichen Größenordnung.

Wie bereits in Abschnitt 6.1.2 erläutert, wurde bei der Ermittlung der Nährstoffverteilung auf Weide und Pferch unterstellt, dass die Schafe den Harn bezogen auf die Zeit in gleicher Menge auf der Weide wie im Pferch absetzten. Daher wurde zur Ermittlung der nicht gemessenen Harnnährstoffmengen das Verhältnis von 8 Stunden täglicher Weidezeit zu 16 Stunden täglicher Pferchzeit auf die Harnausscheidungen übertragen. Die mit dem Harn auf der Weide ausgeschiedenen Nährstoffmengen betragen also stets die Hälfte der im Pferch abgesetzten Mengen. Es hatte sich gezeigt, dass die Schafe auf der Weide mehr Kot je Zeiteinheit ausgeschieden haben als im Pferch. Es ergab sich also ein Verhältnis von Weidekot zu Pferchkot von 1:1,3 gegenüber 1:2 (Weidezeit : Pferchzeit). Ein Übertragen dieses Verhältnisses auf den Harn hätte eine Veränderung der Verteilung der Ausscheidungen auf Weide und Pferch zugunsten der Weide zur Folge.

Das ist nur für die Stoffe relevant, die auch in entsprechenden Mengen mit dem Harn ausgeschieden werden. Wie gezeigt spielt Phosphor in diesem Zusammenhang keine Rolle. Für Stickstoff würde das 46% bzw. 43% N der Gesamt-N-Ausscheidung auf der Weide bedeuten gegenüber den gezeigten 40% bzw. 39%. Die K-Ausscheidungen auf der Weide würden 45% bzw. 42% der Gesamt-K-Ausscheidungen betragen gegenüber 37%.

Dem Ausscheidungsverhalten der Schafe und der damit verbundenen Verteilung der ausgeschiedenen Nährstoffe auf Weide und Pferch kommt in der Praxis der Hüteschafhaltung eine entscheidende Bedeutung zu. So ist bekannt, dass Schafe nach dem Pferchen und auf dem Triftweg vom Stall oder Pferch zu den Weideflächen verstärkt Kot absetzen (EIGNER und SCHMATZLER 1991, WOIKE und ZIMMERMANN 1992). Sollen Nährstoffe aus einer schutzwürdigen Weidefläche ausgetragen und eine lokale Eutrophierung vermieden werden, ist es die Aufgabe des Schäfers, durch geschickte Weideführung die Triftwege ausreichend lang zu wählen und zwischen dem Auftreiben der Schafe und der Beweidung genügend Zeit einzuplanen.

Die eigene Untersuchung sah keine Triftwege im praxisüblichen Sinn vor. Es konnte jedoch bei der Durchführung ein verstärktes Kotabsetzen der Tiere unmittelbar nach dem Auftreiben in den Käfigen festgestellt werden. Die notwendigen Arbeitsschritte vom Aufscheuchen/Aufstehen der Tiere bis zum Entleeren der Kotbeutel und Entlassen auf die Weide benötigten ca. 30 Minuten. Die in dieser Zeit anfallenden Nährstoffmengen entsprechen in etwa denen, die in der Praxis auf dem Triftweg verbleiben und der Fläche entzogen werden. Sie wurden dem im Käfig abgesetzten und damit ausgetragenen Kot zugeordnet, was den in der Praxis anzutreffenden Verhältnissen weitestgehend entspricht.

6.4.2 Nährstoffaustrag am Beispiel eines Praxisbetriebs

Der bis hierhin dargestellte horizontale Nährstofftransfer von der Weide in den Pferch gilt streng genommen nur für die in der Untersuchung eingesetzten 16 ausgewählten männlichen Schafe. Eine Verallgemeinerung der gewonnenen Erkenntnisse setzt einige weitere Überlegungen voraus. Im folgenden sollen die an den Hammeln ermittelten Daten auf einen praxisüblichen Schäfereibetrieb in Form einer Modellrechnung übertragen werden.

Für die Modellrechnung wurde die Weideperiode auf Naturschutzflächen in vier Abschnitte entsprechend der Aufteilung in vier Versuche je Vegetationsperiode unterteilt. Die Erfassung des Futtermittelfressens und der Kotalausscheidungen ermöglichte die Berechnung der im aufgenommenen Aufwuchs enthaltenen umsetzbaren Energie (ME) für jeden Weideabschnitt. Die umsetzbare Energie wurde nach der von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1995) veröffentlichten Regressionsgleichung berechnet:

$$\text{ME (MJ/kg T)} = 0,0312 \text{ g DXL/kg T} + 0,0136 \text{ g DXF/kg T}$$

$$+ 0,0147 \text{ g (DOS-DXL-DXF)} + 0,00234 \text{ g XP/kg T}$$

Die in Tabelle 18 aufgeführten Gehalte an umsetzbarer Energie weisen mit den ermittelten Verdaulichkeiten vergleichbare Schwankungen zwischen den Versuchen auf. Das war nicht anders zu erwarten, da die verdaulichen Rohnährstoffe DXL und DXF sowie der "Rest verdauliche Organische Substanz" (DOS-DXL-DXF) wesentliche Bestandteile der Formel sind. Die in 6.2 aufgezeigten Zusammenhänge zwischen der Höhe der Verdaulichkeit und der Jahreszeit, der Witterung und dem damit verbundenen Alter der Pflanzenbestände haben somit auch für die Energiegehalte Gültigkeit.

Um Verwechslungen zu vermeiden, sei hier daraufhingewiesen, dass die energetische Bewertung des Aufwuchses wie seit 1995 für Wiederkäuer mit Ausnahme der Milchkuh allgemein üblich auf der Stufe der umsetzbaren Energie erfolgte (GfE 1996). Die bei der Futterbewertung für Milchkühe angegebenen Energiegehalte auf Basis der Netto-Energie-Laktation betragen durchschnittlich 58% der Gehalte an umsetzbarer Energie, liegen also deutlich unter den hier angegebenen Werten.

Ein extrem niedriger Energiegehalt wurde auf Fläche D in Versuch 8 ermittelt. Der Aufwuchs bestand nach einer längeren Trockenphase fast ausschließlich aus vertrockneten und verholzten Pflanzen und war augenscheinlich von schlechter Qualität. Das Futter wurde von den Tieren schlecht angenommen und es ist nicht auszuschließen, dass ein Verbiss unterhalb der erfassten Schnitthöhe erfolgte, was jedoch nicht beobachtet werden konnte. Nach Aussage des Schäfers werden derartige Bestände kurzfristig gemieden und erst zu einem späteren Zeitpunkt beweidet. Trotzdem sollen die erzielten Ergebnisse hier in die Gesamtbetrachtung miteinbezogen werden.

Tabelle 18: Umsetzbare Energie (ME) im aufgenommenen Futter im Laufe der Vegetationsperioden auf den Kalkmagerrasen (1998) und den Heideflächen (1999)

1998	V1	V2	V3	V4
Fläche	A	B	A	B
	Mai	Juni	Juli	August
ME (MJ/kg T)	7,1	8,1	6,6	4,5
1999	V5	V6	V7	V8
Fläche	C	D	C	D

ME (MJ/kg T)	8,5	6,8	5,5	2,1
---------------------	------------	------------	------------	------------

Nach Angaben des Schäfers ergaben sich für die der Kalkulation zugrunde gelegte Schafherde folgende Kennzahlen:

- 650 Mutterschafe der Rasse Bentheimer Landschaf
- Reproduktionsrate: 100 bis 120%.
- Ablammung aller Muttertiere im Frühjahr
- 150 ha Landschaftspflege-Fläche, überwiegend Kalkmagerrasen
- ca. 150 Tage Beweidung der Landschaftspflege-Fläche von Mai bis Oktober

Ausgewachsene Hammel, wie sie in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt wurden, müssen abgesehen von dem Wollwachstum lediglich ihren Erhaltungsbedarf decken. Demgegenüber besteht bei Mutterschafen während der Trächtigkeit und der Laktation sowie bei Lämmern durch Zunahme an Lebendmasse zusätzlicher Leistungsbedarf.

Steht Tieren mit unterschiedlichem Energiebedarf dasselbe Weidefutter zur Verfügung, ist von einer unterschiedlichen Futteraufnahme als einer Möglichkeit zur Deckung des unterschiedlichen Bedarfs auszugehen.

Unterstellt man gleiches Verhalten bezüglich der Futterselektion, würden sich daraus für die Mutterschafe und die Lämmer andere Futteraufnahmen als die an den Hammeln ermittelten Futteraufnahmen ergeben.

Der Stand der Untersuchungen zum Energiebedarf von Schafen unterschiedlichen Gewichts und Leistungsniveaus wurde von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1996) zusammengefasst.

Aus dem Bedarf und den in den vier Weideperioden unterschiedlichen Energiegehalten im Weidefutter (s. Tabelle 18) lässt sich die notwendige Futteraufnahme errechnen. Es wurden die Energiegehalte der Kalkmagerrasen des ersten Versuchsjahres herangezogen, da der Beispielbetrieb entsprechende Flächen bewirtschaftet.

Energiebedarf und Futteraufnahme sind getrennt für die Mutterschafe und Lämmer in Tabelle 19 aufgeführt. Es wurde eine durchschnittliche Lebendmasse der Muttertiere von 60 kg und eine Milchleistung von 1 kg/Tier und Tag in den ersten beiden Weideperioden V1 und V2 zugrunde gelegt. Die Lebendmasse der Lämmer liegt nach Angaben des Schäfers Anfang Mai durchschnittlich bei 15 kg/Tier und Anfang Oktober bei 45 kg/Tier. Daraus ergibt sich in der Weidezeit von 150 Tagen ein mittlerer täglicher Zuwachs von durchschnittlich 200 g/Tier, der

aus dem Aufwuchs der Naturschutzflächen stammt. Das gilt auch für die aufgenommene Milch, für deren Bildung ebenfalls die Naturschutzflächen die Futtergrundlage darstellen.

Die unterschiedlichen Bedingungen im Verlauf der Vegetationsperiode werden berücksichtigt, indem im Mai und Juni, der Phase der Milchaufnahme und der hohen Energiegehalte im Aufwuchs, tägliche Zunahmen von 300 g/Tier angenommen werden. Für die Monate Juli und August wird mit 100 g/Tier und Tag kalkuliert.

Ein täglicher Zuwachs von 200 g/Tier erscheint bei den gegebenen geringen Energiegehalten relativ hoch. Dieser Aspekt soll an späterer Stelle näher betrachtet werden.

Tabelle 19: Bedarf an umsetzbarer Energie (GfE 1996) und unterstellte Futteraufnahme der Mutterschafe und Lämmer in Abhängigkeit von den Energiegehalten im aufgenommenen Futter

	V1 Mai	V2 Juni	V3 Juli	V4 August
Mutterschafe	laktierend		güst/niedertragend	
Energiebedarf (MJ ME/Tag)	17,3	17,3	9,3	9,3
Futteraufnahme (kg T/Tier u. Tag)	2,4	2,1	1,4	2,1
Lämmer	300 g Zuwachs/Tier u. Tag		100 g Zuwachs/Tier u. Tag	
Energiebedarf (MJ ME/Tag)	10,4*	12,3*	6,8	8,3
Futteraufnahme (kg T/Tier u. Tag)	0,8	1,0	1,0	1,8

* = davon 4,6 MJ ME aus einem Liter Milch

Die weitere Berechnung basiert auf dem Prinzip, dass die mit dem Futter aufgenommenen Nährstoffe, die nicht in der Milch oder dem Zuwachs an Lebendmasse eingebunden sind, mit dem Kot und dem Harn wieder ausgeschieden werden. Der gesamte Nährstoffaustrag setzt sich zusammen aus den Kot- und Harnausscheidungen im Pferch und dem Lebendmassezuwachs während der Weideperiode auf den Naturschutzflächen. Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass alle Lämmer im Herbst den Betrieb verlassen.

Diese Nährstoffdynamik ist beispielhaft für Stickstoff in Abbildung 6 dargestellt. Die 8 g N/Tier und Tag, die mit der Milch von den Lämmern aufgenommen werden, stammen aus dem aufgenommenen Aufwuchs, verbleiben aber zunächst im System. Der Anteil von 9 g N, der im Zuwachs enthalten ist, wird über den Verkauf der Lämmer im Herbst dem System

entzogen und ist für den Nährstoffaustrag voll anzurechnen. Demgegenüber verbleibt der N-Anteil, der mit Kot und Harn auf der Weide ausgeschieden wird, auf der Naturschutzfläche. Hier wird die mit den ausgewählten Schafen ermittelte Verteilung der Ausscheidungen auf Weide und Pferch zugrundegelegt (s. Abbildung 5). Bezogen auf N entfallen 60% auf die Ausscheidungen im Pferch, die beim N-Austrag zu berücksichtigen sind.

Für die Zusammensetzung der Schafmilch wurden die Ergebnisse aus der Arbeit von SAWAYA et al. (1985) herangezogen. Die Gehalte im Zuwachs richten sich nach verschiedenen Untersuchungen und Zusammenstellungen: EAST et al. (1984), THOMPSON et al. (1988), AFRC (1991), PAJAK (1992), GREENWOOD et al. (1998).

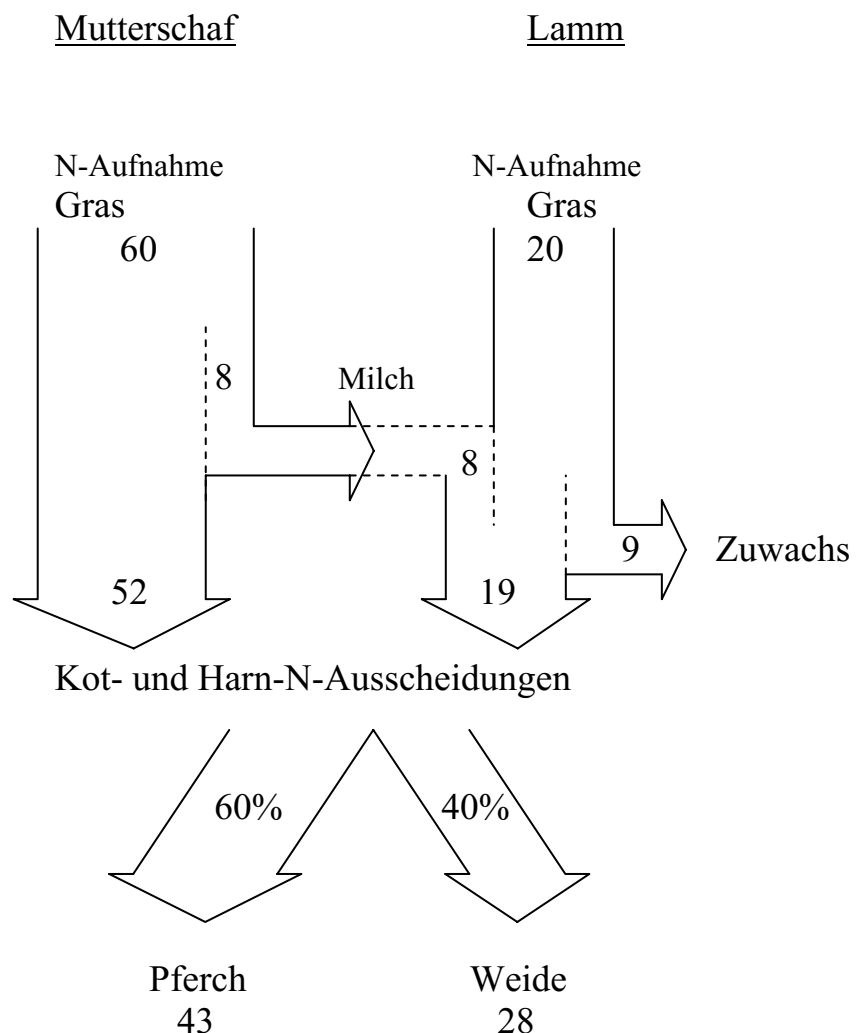


Abbildung 6: Nährstoffverlagerung am Beispiel Stickstoff (g N/Tier und Tag) in der ersten Weideperiode

Wie bereits angedeutet, erscheinen die täglichen Lebendmassezunahmen von 200 g/Tier unter den gegebenen Futterbedingungen fraglich. Die Lebendmasse-Entwicklung der Lämmer wurde in der eigenen Untersuchung nicht erfasst. Für sich anschließende Untersuchungen wird ein repräsentatives Erfassen der Lämmergewichte im Verlauf einer Vegetationsperiode für diese extensive Form der Schafhaltung als sinnvoll angesehen und würde die eigenen Ergebnisse ergänzen.

Grundlage der vorliegenden Untersuchung waren extrem magere Flächen. Das System der Hüteschafhaltung ermöglicht dem Schäfer, kurzfristig auf witterungsbedingte Futterengpässe flexibel zu reagieren. Es ist nicht auszuschließen, dass der Schafherde zwischenzeitlich auch „bessere“ Weideflächen zur Verfügung stehen.

Dieser Aspekt soll in der weiteren Modellrechnung berücksichtigt werden, indem mit drei Varianten tägliche Zunahmen von 200, 150 und 100 g/Tier angenommen werden.

In Tabelle 20 sind die von den Mutterschafen und den Lämmern erbrachten N-, P- und K-Austräge für die drei Varianten dargestellt. Die Austräge resultieren aus den im Pferch ausgeschiedenen Nährstoffmengen im Mittel der vier Weideperioden und dem Zuwachs über den gesamten Zeitraum.

Tabelle 20: Nährstoffaustrag in g/Tier und Tag der drei alternativ unterstellten Varianten mit unterschiedlichen Tageszunahmen der Lämmer

Mutterschafe		Variante I	Variante II	Variante III
Ausscheidungen	N	20	20	20
	P	0,88	0,88	0,88
	K	20	20	20
Lämmer mit Tageszunahmen von		200 g/Tier	150 g/Tier	100 g/Tier
Ausscheidungen	N	11	8,4	7,9
	P	0,43	0,39	0,45
	K	11	8,2	7,1
Zuwachs	N	5,8	4,3	2,9
	P	1,0	0,75	0,50
	K	0,56	0,42	0,28

Der jährliche horizontale Nährstofftransfer von der Naturschutzfläche auf die Pferchfläche ergibt sich aus den täglich ausgetragenen Nährstoffmengen bezogen auf die Herdengröße, Größe der Naturschutzfläche und Dauer der Beweidung dieser Fläche. In Tabelle 21 ist der Gesamtnährstoffaustrag je ha und Jahr für die drei Varianten aufgeführt. Wie zu erwarten war, wirkt sich eine geringere Zuwachsleistung der Lämmer in einem geringeren Nährstoffaustrag aus. Bemerkenswert ist allerdings das Ausmaß dieser Abhängigkeit. Die Halbierung des unterstellten Zuwachses mindert den Austrag von N, P und K um 17%, 20% und 10%. Die Ungenauigkeit in der Abschätzung des Zuwachses wird also nur teilweise auf das Ergebnis übertragen. Die Berechnung des K-Austrags ergab für die drei Varianten kontinuierlich sinkende K-Mengen von 20 auf 18 kg/ha. Bei den Varianten II und III ist mit 18,4 bzw. 17,6 kg/ha nicht ein Plateauwert von 18 kg/ha erreicht. Es wird hier jedoch bewusst auf die Angabe einer oder mehrerer Dezimalstellen verzichtet, da sonst eine Genauigkeit vorgetäuscht würde, die eine derartige Kalkulation nicht gewährleisten kann.

Tabelle 21: Gesamtnährstoffaustrag in kg/ha und Jahr der drei Varianten mit unterschiedlichen, unterstellten Tageszunahmen der Lämmer

	Variante I 200 g/Tier u. Tag	Variante II 150 g/Tier u. Tag	Variante III 100 g/Tier u. Tag
N	24	21	20
P	1,5	1,3	1,2
K	20	18	18

6.4.3 Bewertung des Nährstoffaustrags

Neben den Wäldern, die aufgrund ihrer großen Oberfläche besonders betroffen sind, stehen auch Offenlandflächen unter dem Einfluss von Immissionen luftgetragener Nährstoffe. Im Hinblick auf einen möglichen Eutrophierungstrend stellt auch hier der Stickstoff aufgrund des NO₂-Ausstoßes durch verschiedene Verbrennungsprozesse die entscheidende Größe dar. Die genaue Höhe der N-Einträge aus der Luft hängt von den jeweiligen standörtlichen

Bedingungen und der Entfernung zu den Emittenten ab. RUTHSATZ (1989) geht von mindestens 15 kg N/ha und Jahr aus, ELLENBERG jun. (1985) beziffert den jährlichen N-Eintrag pro Hektar auf 20 bis 30 kg und beruft sich hierbei auf Messungen von ULRICH (1982).

Der in der eigenen Untersuchung ermittelte Nährstoffaustrag von extensiven Weideflächen liegt mit 20 bis 24 kg N/ha und Jahr auf einem dem Eintrag aus der Luft vergleichbaren Niveau. Demnach lässt sich mit der Hüteschafhaltung, wie sie hier aufgezeigt wurde, ein N-Eintrag und damit eine mögliche Eutrophierung zumindest kompensieren. Inwieweit darüber hinaus mehr Nährstoffe aus- als eingetragen werden, hängt von den jeweiligen standörtlichen Bedingungen ab.

Im Rahmen der Regenerierung von schützenswerten Grünlandbiotopen spielt die Wiederherstellung von nährstoffarmen, standorttypischen Bodenverhältnissen häufig eine wichtige Rolle. Diese Aushagerung wird meist durch mehrmalige Mahd mit Abtransport des Aufwuchses durchgeführt (SCHUMACHER et al. 1995).

BRIEMLE et al. (1987) gibt für eine ein- bis zweischnittige Wiese jährliche Entzüge von 70-120 kg N, 30-45 kg P₂O₅ (13-20 kg P), und 120-180 kg K₂O (100-150 kg K) an. Trotz dieser vergleichsweise hohen Nährstoffentzüge stellten SCHIEFER (1983) und BRIEMLE (1994) in Langzeitstudien selbst nach 10 bzw. 15 Jahren aufgrund einer hohen natürlichen Produktivität der Böden keinen Ertragsabfall fest.

Die genannten Größenordnungen übersteigen die in den eigenen Versuchen ermittelten ausgetragenen Nährstoffmengen erheblich. Allerdings herrschten auf den eigenen Flächen die für Magerrasen und Heiden typischen mageren Bodenverhältnisse vor. Ein entsprechend höherer Nährstoffaustrag in Folge häufigerer Beweidung pro Jahr auf gedüngten Flächen wäre denkbar, wurde aber in der eigenen Untersuchung nicht überprüft. Aushagerungsversuche von WILLEMS (1983) auf gedüngten ehemaligen Kalkmagerrasen führten nach acht bis elf Beweidungsjahren zur Umwandlung von Wirtschaftsgrünland in Magerrasen. Eine Regenerierung in Form dieser Bewirtschaftung kann besonders aus naturhaushaltlicher Sicht durchaus als effektiv und erfolgreich bezeichnet werden.

6.5 Einfluss der Beweidung auf die Vegetation

6.5.1 Nahrungsaufnahmeverhalten und Selektion

Zur Erfassung des Nahrungsaufnahmeverhaltens wurden regelmäßige Beobachtungen der ausgewählten Schafe sowie der Schafe in der gesamten Herde im Hütebetrieb durchgeführt. Es wurden keine auffallenden Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt. Zu Beginn der Beweidung zogen die Schafe bis zum Ende der zur Verfügung stehenden Weidefläche. Hierbei wurden hauptsächlich Blüten und saftige Pflanzenteile verbissen. Der gleiche Vorgang wiederholte sich in entgegengesetzter Richtung, wodurch bereits nach kurzer Zeit der größte Teil der Blüten verschwunden war. Im weiteren Verlauf der Beweidung fraßen die Schafe in den unteren Schichten des Bestandes. Gebüsche wie Hasel, Wolliger Schneeball, Rotbuche u.ä. machten zeitlich und somit auch mengenmäßig nur einen geringen Anteil an der Futteraufnahme aus. Nach etwa ein bis zwei Stunden schien eine erste Sättigung einzutreten. In dieser Phase wurden auch vertrocknete Grasstängel, Fruchtstände und junge Triebe von Wachholdern verbissen.

Nach Auffassung von PORZIG und SAMBRAUS (1991) besteht die Nahrungsauswahl vor allem in einem Meiden, seltener in einem aktiven Bevorzugen bestimmter Pflanzen oder Pflanzenteile. Die Futterselektion der Schafe wurde in der eigenen Untersuchung an verschiedenen Parametern deutlich.

Die den einzelnen Untersuchungsquadraten entzogenen Aufwuchsmengen wiesen hohe Schwankungen auf (s. Tabelle A 2 und Tabelle A 3). Daraus ließ sich die kleinflächig unterschiedlich intensive Beweidung durch die Schafe ablesen. Ein Vergleich mit dem Angebot an Pflanzenmasse zu Beginn der Beweidung zeigte, dass mit hohem Futterangebot nicht automatisch eine hohe Futteraufnahme einherging. Das war zum einen auf bestimmte Pflanzen, meist Gräser, die stellenweise dominierend vorkamen und bereits überständig waren, zurückzuführen. Zum anderen zeichneten sich die wenig beweideten Quadrate häufig durch eine erhöhte Verfilzung (Auflage von abgestorbener Pflanzenmasse) aus.

Ein weiterer Hinweis auf die Selektion sind die deutlich unterschiedlichen Gehalte an Nährstoffen in den Aufwüchsen vor und nach jeder Beweidung. Die „Weidereste“ wiesen stets niedrigere Rohproteingehalte aber höhere Rohfasergehalte auf (s. Tabelle A 5 im Anhang).

In welchem Ausmaß die vorkommenden Pflanzen oder spezielle Pflanzenteile gemieden oder bevorzugt wurden, soll im folgenden näher betrachtet werden.

6.5.2 Bestandsveränderung durch Beweidung

Die aus der Quadratmethode resultierenden prozentualen Veränderungen der einzelnen Arten sind getrennt nach Untersuchungsfläche und Versuch in Tabelle 22 bis Tabelle 28 dargestellt. Als entscheidender Einflussfaktor auf die Veränderungen ist die Beweidung, also das Fressen durch die Schafe, zu sehen. Somit bestehen die Veränderungen in einem Rückgang der Arten bezüglich Individuenzahl und Deckungsgrad. Als Maß für die Häufigkeit der einzelnen Arten auf den Untersuchungsflächen ist die Stetigkeit aufgeführt. Sie gibt den Anteil der Untersuchungsquadrate in Prozent an, in denen die entsprechende Art vorkommt, unabhängig von ihrer Individuenzahl und ihrem Deckungsgrad.

Es ergibt sich eine Rangfolge für die vorkommenden Pflanzen nach dem Grad ihrer „Beliebtheit“ bei den Schafen.

Die Bedeutung der für jede Pflanze ausgewiesenen Zahlen soll an einigen Beispielen aus Tabelle 22 erläutert werden. Der kleine Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*) rangiert an erster Stelle und kam auf allen Untersuchungsquadraten vor (100% Stetigkeit). Sein Deckungsgrad sank im Lauf der Beweidung um 64%. Das heißt 64% des Anfangsbestandes dieser Art wurden gefressen, wenn vereinfachend Deckungsgrad mit Pflanzenmasse gleichgesetzt werden. Das Gewöhnliche Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*) kam dagegen mit 5% Stetigkeit nur sehr selten vor und wurde nicht von den Schafen aufgenommen. Am Beispiel des Blaugrases (*Sesleria albicans*) wird deutlich, dass Arten mit hoher Stetigkeit (100%) nicht unbedingt bevorzugt werden (17% Rückgang).

Es muss hier darauf hingewiesen werden, dass die gezeigten Futterpräferenz-Rangfolgen keine Aussage über die mengenmäßige Artenzusammensetzung des aufgenommen Futters erlauben. Die Analysen der Vegetationserhebungen ergaben, dass häufige Gräser mit hohen Massenanteilen trotz geringerer Aufnahmepräferenz bei den Schafen einen größeren Teil im Futter ausmachten als Arten, für die eine hohe Aufnahmepräferenz ermittelt wurde.

Die ermittelten Rangfolgen können streng genommen nur für die untersuchten Pflanzenbestände gelten. Ein Übertragen auf oder ein Vergleich mit anderen Flächen ist nur sinnvoll bei identischer oder zumindest ähnlicher Artenzusammensetzung.

Daher werden zunächst die Ergebnisse der Kalkmagerrasen des Versuchsjahres 1998 behandelt. Es soll nicht auf jede Art eingegangen werden. Vielmehr werden seltene und einige typische Arten näher betrachtet.

Kalkmagerrasen

Deutscher Enzian (*Gentianella germanica*), die beiden Unterarten der Großen Händelwurz (*Gymnadenia conopsea ssp. densiflora* und *G. conopsea ssp. conopsea*) und die Scheiden-Kronwicke (*Coronilla vaginalis*) zählen zu den seltenen und gefährdeten Arten in Nordrhein-Westfalen. Diese Arten kamen nur vereinzelt vor, wurden aber bevorzugt aufgenommen. Die Bevorzugung der Enzianarten war nicht zu erwarten, da diese im allgemeinen Bitterstoffe enthalten (ELLENBERG 1996).

Analog zu Beobachtungen verschiedener Autoren (SOUMARÈ 1981) wurde eine besondere Beliebtheit der Kleearten festgestellt. Das gilt insbesondere für den Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*) und den Bergklee (*Trifolium montanum*), für die ein hoher Rückgang während der Beweidung mit der „Vorher-Nachher“-Analyse der Untersuchungsquadrate ermittelt wurde.

Ein grundsätzliches Meiden der Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum*), die als Problem-Gras der Magerrasen gilt, konnte nicht festgestellt werden. Dagegen schreiben JANS und TROXLER (1990) dieser Art extrem schlechte Eigenschaften bezüglich der Akzeptanz durch Weidetiere zu.

Die Untersuchung machte deutlich, dass auch Pflanzen oder Pflanzenteile mit hohen Gehalten an ätherischen Ölen wie Thymian (*Thymus pulegioides*) oder bewehrte Arten wie Disteln (*Cirsium acaule*) zum Spektrum der von Schafen aufgenommenen Pflanzen gehören.

Tabelle 22: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche B (Hämmersberg) (Versuch 2)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Sanguisorba minor</i>	64	100	<i>Carex flacca</i>	26	95
<i>Gentianella germanica</i>	63	25	<i>Chrysanthemum leuc. agg.</i>	25	10
<i>Coronilla vaginalis</i>	59	20	<i>Juniperus communis</i>	25	10
<i>Gymnadenia conopsea ssp. den.</i>	56	20	<i>Pimpinella saxifraga</i>	25	75
<i>Gymnadenia conopsea ssp. con.</i>	55	25	<i>Quercus robur juv.</i>	25	10
<i>Anthyllis vulneraria</i>	53	60	<i>Lotus corniculatus</i>	24	95
<i>Carex caryophyllea</i>	50	5	<i>Briza media</i>	23	80
<i>Ononis repens</i>	50	9	<i>Bromus erectus</i>	22	75
<i>Hypericum perforatum</i>	50	5	<i>Antennaria dioica</i>	21	35
<i>Knautia arvensis</i>	50	5	<i>Koeleria pyramidata</i>	21	35
<i>Plantago lanceolata</i>	50	50	<i>Primula veris</i>	21	30
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	50	5	<i>Polygala amara</i>	20	100
<i>Fagus sylvatica juv.</i>	50	5	<i>Euphrasia officinalis</i>	19	60
<i>Hippocrepis comosa</i>	50	70	<i>Sesleria albicans</i>	17	100
<i>Helictotrichon pratense</i>	49	25	<i>Hieracium pilosella</i>	17	30
<i>Trifolium montanum</i>	46	50	<i>Pinus sylvestris juv.</i>	17	15
<i>Medicago lupulina</i>	46	30	<i>Prunella vulgaris</i>	15	45
<i>Rhinanthus minor</i>	42	80	<i>Linum catharticum</i>	14	95
<i>Cirsium acaule</i>	42	45	<i>Scabiosa columbaria</i>	14	55
<i>Listera ovata</i>	39	45	<i>Pulsatilla vulgaris</i>	13	40
<i>Leontodon hispidus</i>	34	55	<i>Asperula cynanchica</i>	12	65
<i>Plantago media</i>	31	65	<i>Viola hirta</i>	7	35
<i>Ranunculus nemorosus</i>	30	45	<i>Festuca ovina agg.</i>	6	100
<i>Taraxacum officinale</i>	30	75	<i>Campanula rotundifolia</i>	3	80
<i>Brachypodium pinnatum</i>	30	100	<i>Thymus pulegioides</i>	3	80
<i>Carex montana</i>	29	95	<i>Carlina vulgaris</i>	0	5
<i>Trifolium pratense</i>	27	75	<i>Helianthemum nummularium</i>	0	10

Tabelle 23: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche A (Erzberg) (Versuch 3)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Gentianella germanica</i>	68	72	<i>Koeleria pyramidata</i>	6	44
<i>Anthyllis vulneraria</i>	61	94	<i>Pulsatilla vulgaris</i>	4	72
<i>Rhinanthus minor</i>	59	22	<i>Asperula cynanchica</i>	3	83
<i>Hippocrepis comosa</i>	50	17	<i>Cirsium acaule</i>	3	83
<i>Ononis repens</i>	50	6	<i>Linum catharticum</i>	3	89
<i>Gymnadenia conopsea ssp. con.</i>	50	11	<i>Thymus pulegioides</i>	3	89
<i>Platanthera chlorantha</i>	50	6	<i>Carex flacca</i>	3	94
<i>Viola hirta</i>	32	17	<i>Festuca ovina agg.</i>	2	100
<i>Pimpinella saxifraga</i>	31	33	<i>Medicago lupulina</i>	0	17
<i>Trifolium montanum</i>	28	50	<i>Achillea millefolium</i>	0	11
<i>Bromus erectus</i>	27	89	<i>Antennaria dioica</i>	0	39
<i>Helictotrichon pratense</i>	22	50	<i>Campanula rotundifolia</i>	0	83
<i>Sanguisorba minor</i>	19	100	<i>Carlina vulgaris</i>	0	33
<i>Polygala amara</i>	18	61	<i>Centaurea jacea ssp. angustif.</i>	0	11
<i>Trifolium pratense</i>	17	50	<i>Chrysanthemum leuc. agg.</i>	0	33
<i>Sesleria albicans</i>	16	100	<i>Euphrasia officinalis</i>	0	33
<i>Leontodon hispidus</i>	15	72	<i>Helianthemum nummularium</i>	0	94
<i>Lotus corniculatus</i>	14	100	<i>Hieracium pilosella</i>	0	78
<i>Knautia arvensis</i>	14	50	<i>Plantago lanceolata</i>	0	50
<i>Briza media</i>	13	89	<i>Plantago media</i>	0	72
<i>Prunella grandiflora</i>	11	50	<i>Primula veris</i>	0	6
<i>Brachypodium pinnatum</i>	11	100	<i>Ranunculus bulbosus</i>	0	17
<i>Carex caryophyllea</i>	10	83	<i>Scabiosa columbaria</i>	0	50
<i>Galium verum</i>	7	39	<i>Taraxacum officinale</i>	0	33
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	7	39	<i>Dactylis glomerata</i>	0	6
<i>Prunella vulgaris</i>	7	39	<i>Agrostis spec.</i>	0	11
<i>Carex montana</i>	7	33	<i>Anthoxantum odoratum</i>	0	6

Tabelle 24: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche B (Hämmersberg) (Versuch 4)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Rhinanthus minor</i>	71	39	<i>Linum catharticum</i>	21	94
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	58	17	<i>Sesleria albicans</i>	19	100
<i>Euphrasia officinalis</i>	54	78	<i>Leontodon hispidus</i>	19	22
<i>Gentianella ciliata</i>	50	11	<i>Cirsium acaule</i>	18	39
<i>Gentianella germanica</i>	50	11	<i>Polygala amara</i>	17	33
<i>Pinus sylvestris juv.</i>	50	6	<i>Viola hirta</i>	17	50
<i>Anthyllis vulneraria</i>	49	61	<i>Plantago lanceolata</i>	15	56
<i>Hippocrepis comosa</i>	45	39	<i>Trifolium pratense</i>	13	89
<i>Sanguisorba minor</i>	40	100	<i>Prunella grandiflora</i>	11	50
<i>Asperula cynanchica</i>	36	39	<i>Ranunculus nemorosus</i>	10	56
<i>Plantago media</i>	33	28	<i>Carlina vulgaris</i>	8	33
<i>Brachypodium pinnatum</i>	31	100	<i>Thymus pulegioides</i>	8	67
<i>Coronilla vaginalis</i>	31	22	<i>Festuca ovina agg.</i>	7	100
<i>Lotus corniculatus</i>	31	100	<i>Scabiosa columbaria</i>	6	44
<i>Koeleria pyramidata</i>	29	39	<i>Campanula rotundifolia</i>	3	89
<i>Taraxacum officinale</i>	29	78	<i>Antennaria dioica</i>	0	17
<i>Carex flacca</i>	28	100	<i>Leucanthemum vulgare</i>	0	17
<i>Trifolium montanum</i>	27	67	<i>Helianthemum nummularium</i>	0	6
<i>Carex montana</i>	26	94	<i>Hieracium pilosella</i>	0	28
<i>Bromus erectus</i>	26	100	<i>Juniperus communis</i>	0	6
<i>Briza media</i>	25	72	<i>Leontodon autumnalis</i>	0	6
<i>Medicago lupulina</i>	25	17	<i>Prunella vulgaris</i>	0	6
<i>Pimpinella saxifraga</i>	22	94			

Heideflächen

Die Bestände auf den Heideflächen waren wesentlich stärker von Gräsern dominiert als die Kalkmagerrasen. Auch hier fiel auf, dass die Leguminosen zu den bevorzugten Pflanzen gehörten. Der Rot-Schwingel (*Festuca rubra*) als das auf allen vier Flächen bestandsbildende Gras unterlag stets nur einem geringen Rückgang während der Beweidung. Diese Art wird nach Angaben von TIEMANN und MÜLLER (1933) von Schafen schlecht oder gar nicht gefressen. Der anhand von Fraßspuren festgestellte, regelmäßige Verbiss des Rot-Schwingels auf nahezu allen Untersuchungsquadraten lässt jedoch annehmen, dass dieses Gras einen erheblichen Anteil an dem aufgenommenen Futter hatte.

Immer wieder wurde beobachtet, dass besonders verholzte und trockene Pflanzen und Pflanzenbestandteile gemieden wurden, während die Schafe die gleichen Arten als Jungpflanzen gern aufnahmen. SPATZ (1994) betont, dass die Jahreszeit und das phänologische Stadium eine wichtige Rolle bezüglich der Futterpräferenz spielen.

Einen weiteren, wesentlichen Einfluss auf die Futterselektion hat die Besatzdichte und die Weidedauer. Besteht ein reichliches Weideangebot, wird stärker selektiert. Bei entsprechender Dauer können anfangs verschmähte Pflanzen weitgehend verbissen werden (SPATZ 1994).

Tabelle 25: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche C (Versuch 5)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Potentilla reptans</i>	77	17	<i>Veronica officinalis</i>	21	33
<i>Festuca ovina agg.</i>	75	4	<i>Cerastium holosteoides</i>	21	63
<i>Lysimachia nummularia</i>	75	8	<i>Polygala serpyllifolia</i>	19	75
<i>Cynosurus cristatus</i>	74	8	<i>Stellaria graminea</i>	17	13
<i>Vicia angustifolia</i>	55	21	<i>Potentilla erecta</i>	14	29
<i>Poa pratensis</i>	50	8	<i>Carex caryophyllea</i>	8	38
<i>Bellis perennis</i>	50	4	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	8	96
<i>Teucrium scorodonia</i>	50	4	<i>Lotus uliginosus</i>	0	4
<i>Lotus corniculatus</i>	43	42	<i>Betula pendula juv.</i>	0	4
<i>Trifolium pratense</i>	43	17	<i>Calluna vulgaris</i>	0	13
<i>Holcus lanatus</i>	41	42	<i>Hypericum maculatum</i>	0	4
<i>Hypochaeris radicata</i>	33	13	<i>Hypericum perforatum</i>	0	4
<i>Trifolium dubium</i>	30	13	<i>Pinus sylvestris juv.</i>	0	4
<i>Luzula campestris</i>	27	42	<i>Prunella vulgaris</i>	0	13
<i>Agrostis capillaris</i>	27	100	<i>Ranunculus repens</i>	0	8
<i>Dactylis glomerata</i>	25	25	<i>Taraxacum officinale</i>	0	8
<i>Danthonia decumbens</i>	25	8	<i>Veronica serpyllifolia</i>	0	4
<i>Cirsium palustre</i>	22	38	<i>Viola riviniana</i>	0	13

Tabelle 26: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche D (Versuch 6)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Anthoxantum odoratum</i>	75	4	<i>Crepis capillaris</i>	30	75
<i>Trifolium dubium</i>	74	83	<i>Agrostis capillaris</i>	30	100
<i>Taraxacum officinale</i>	61	29	<i>Holcus lanatus</i>	22	71
<i>Plantago lanceolata</i>	56	33	<i>Cerastium holosteoides</i>	15	83
<i>Vicia angustifolia</i>	55	58	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	13	100
<i>Lotus corniculatus</i>	53	63	<i>Calluna vulgaris</i>	10	21
<i>Bromus hordeaceus</i>	51	42	<i>Hypochaeris radicata</i>	9	96
<i>Cynosurus cristatus</i>	50	4	<i>Vulpia bromoides</i>	6	63
<i>Vicia tetrasperma</i>	50	4	<i>Danthonia decumbens</i>	0	4
<i>Stellaria graminea</i>	50	8	<i>Festuca ovina agg.</i>	0	4
<i>Trifolium repens</i>	43	46	<i>Aira caryophyllea</i>	0	4
<i>Dactylis glomerata</i>	40	21	<i>Luzula campestris</i>	0	13
<i>Hypericum maculatum</i>	40	21	<i>Chrysanthemum leuc. agg.</i>	0	4
<i>Poa pratensis</i>	36	29	<i>Hieracium pilosella</i>	0	17
<i>Veronica officinalis</i>	33	13	<i>Senecio jacobaea</i>	0	8
<i>Rumex acetosella</i>	32	63	<i>Veronica serpyllifolia</i>	0	17

Tabelle 27: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche C (Versuch 7)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Vicia cracca</i>	97	4	<i>Ranunculus repens</i>	42	13
<i>Potentilla reptans</i>	90	9	<i>Cirsium palustre</i>	33	13
<i>Vicia tetrasperma</i>	88	4	<i>Arrhenatherum elatius</i>	25	9
<i>Stellaria graminea</i>	81	9	<i>Cynosurus cristatus</i>	25	9
<i>Hypericum perforatum</i>	69	9	<i>Poa pratensis ssp. pratensis</i>	25	35
<i>Lotus corniculatus</i>	57	39	<i>Carex caryophyllea</i>	20	22
<i>Veronica officinalis</i>	53	17	<i>Polygala serpyllifolia</i>	12	74
<i>Trifolium repens</i>	50	17	<i>Cerastium holosteoides</i>	10	22
<i>Campanula rapunculus</i>	50	9	<i>Luzula campestris</i>	8	26
<i>Potentilla erecta</i>	50	30	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	5	100
<i>Quercus petraea juv.</i>	50	4	<i>Holcus lanatus</i>	4	52
<i>Rumex acetosella</i>	50	4	<i>Dactylis glomerata</i>	0	4
<i>Taraxacum officinale</i>	50	4	<i>Danthonia decumbens</i>	0	4
<i>Fragaria vesca</i>	50	4	<i>Deschampsia cespitosa</i>	0	4
<i>Melampyrum pratense</i>	50	4	<i>Calluna vulgaris</i>	0	17
<i>Prunella vulgaris</i>	50	17	<i>Senecio jacobaea</i>	0	4
<i>Agrostis capillaris</i>	43	100	<i>Viola riviniana</i>	0	4

Tabelle 28: Rückgang der Pflanzenarten nach 3,5 Tagen Beweidung im Mittel der 24 Untersuchungsquadrate (ξ) und Stetigkeit der Pflanzenarten auf Fläche D (Versuch 8)

	ξ %	Stetigkeit %		ξ %	Stetigkeit %
<i>Lotus corniculatus</i>	69	92	<i>Calluna vulgaris</i>	30	21
<i>Lolium perenne</i>	50	8	<i>Chrysanthemum leuc. agg.</i>	25	0
<i>Bromus hordeaceus</i>	50	8	<i>Veronica officinalis</i>	25	8
<i>Achillea millefolium</i>	50	21	<i>Holcus lanatus</i>	22	83
<i>Hypericum perforatum</i>	50	17	<i>Leontodon spec.</i>	21	25
<i>Prunella vulgaris</i>	50	4	<i>Cerastium holosteoides</i>	15	83
<i>Rumex acetosa</i>	50	4	<i>Vulpia bromoides</i>	15	17
<i>Taraxacum officinale</i>	50	33	<i>Trifolium dubium</i>	14	67
<i>Daucus carota</i>	50	4	<i>Cynosurus cristatus</i>	13	46
<i>Centaurea jacea</i>	50	4	<i>Luzula campestris</i>	13	67
<i>Plantago lanceolata</i>	43	58	<i>Poa pratensis ssp. pratensis</i>	10	63
<i>Lysimachia nummularia</i>	42	13	<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	8	100
<i>Dactylis glomerata</i>	41	33	<i>Poa pratensis ssp. angustif.</i>	0	21
<i>Leontodon spec.</i>	40	21	<i>Campanula rapunculus</i>	0	8
<i>Rumex acetosella</i>	39	29	<i>Hieracium pilosella</i>	0	8
<i>Crepis capillaris</i>	39	46	<i>Leontodon autumnalis</i>	0	4
<i>Trifolium repens</i>	36	38	<i>Leontodon saxatilis</i>	0	8
<i>Stellaria graminea</i>	33	13	<i>Senecio jacobaea</i>	0	4
<i>Hypochaeris radicata</i>	31	96	<i>Leontodon hispidus</i>	0	4
<i>Agrostis capillaris</i>	30	100			

7 Schlussfolgerungen für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis

In der Landschaftspflege wird neben der Offenhaltung von seltenen Grünlandbiotopen das Ziel verfolgt, Nährstoffanreicherungen und damit auch eine punktuelle Eutrophierung zu vermeiden. Darüber hinaus strebt man im Zuge einer Regenerierung artenreicher und nährstoffarmer Bestände häufig eine Aushagerung durch Nährstoffausträge an.

Der Einfluss der Hüteschafhaltung auf den Nährstoffhaushalt in Naturschutzgebieten stand im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung. Basierend auf den ermittelten Ergebnissen ist die Hüteschafhaltung, verbunden mit dem Pferchen der Tiere außerhalb der zu schützenden Flächen, aus zwei Gründen zu empfehlen:

- Das Pferchen der Schafe auf engem Raum bedeutet eine punktuelle Nährstoffanreicherung. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass von den täglich ausgeschiedenen Nährstoffmengen 60% N, 55% P und 63% K im Pferch verbleiben. Bei einem Besatz von einem Schaf auf 2 m² im Pferch bedeutet dies Nährstoffmengen von 70-76 kg N, 3,3 kg P und 67-77 kg K je ha und Tag.
- Die Übertragung der gemessenen Ergebnisse auf einen praxisüblichen Schäfereibetrieb ergab einen jährlichen Nährstoffaustrag von 20-24 kg N, 1,2-1,5 kg P und 18-20 kg K je ha Naturschutzfläche. Im Rahmen von Regenerationsmaßnahmen in Grünlandbiotopen kann die Hüteschafhaltung unter den untersuchten Bedingungen einen Beitrag zur Aushagerung in dieser Größenordnung leisten. Einem möglichen Nährstoffeintrag aus der Luft kann entgegengewirkt werden bzw. kann dieser kompensiert werden.

8 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, in einem Beweidungsversuch über zwei Vegetationsperioden die mit der Hüteschafhaltung in Naturschutzgebieten verbundenen horizontalen Nährstoffbewegungen zu quantifizieren.

Den heute üblichen Naturschutzauflagen entsprechend erfolgt die Hüteschafhaltung nach dem Prinzip, dass die Schafe tagsüber auf den zu schützenden Flächen weiden und nachts außerhalb dieser Flächen gepfercht werden.

Die Untersuchung wurde auf zwei verschiedenen Grünlandbiotopen in der Eifel durchgeführt. Im ersten Versuchsjahr 1998 fand der Beweidungsversuch auf zwei Kalkmagerrasen-Standorten statt, im zweiten Versuchsjahr 1999 auf Flächen mit einer Rotschwingel-Rotstraußgras-Gesellschaft in einem Heidegebiet.

Während der täglich achtstündigen Weide wurde der Kot von acht ausgewählten Schafen mit Kotsammelgeschirren quantitativ erfasst. Im Pferch konnten mit Stoffwechsellkäfigen Kot- und Harnausscheidungen getrennt aufgefangen werden.

Die Futteraufnahme wurde bestimmt, indem die Pflanzenmasse vor und nach der Beweidung erfasst und die Differenz daraus als entzogene Pflanzenmasse dem Futterverzehr gleichgesetzt wurde. Bei der Ermittlung des Nährstoffaustrags über den Mittags- und Nachtpferch standen N, P und K im Vordergrund.

Die Verdaulichkeiten der Organischen Substanz im aufgenommenen Futter nahmen im Laufe der Vegetationsperiode ab und lagen zwischen 61 und 17%. Die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) wiesen die gleiche Tendenz auf und erreichten Werte von 8,5 bis 2,1 MJ/kg T.

Die von den ausgewählten Schafen im Pferch ausgeschiedenen N-Mengen betragen auf dem Kalkmagerrasen durchschnittlich 13,4 und auf den Heideflächen 14,1 g N/Tier und Tag. Davon entfielen 56% auf die Kot-N-Ausscheidungen. Phosphor wurde zu 99% mit dem Kot ausgeschieden. Die P-Ausscheidungen lagen durchschnittlich zwischen 1,06 g P/Tier und Tag (1998) und 1,42 g P/Tier und Tag (1999). Die K-Ausscheidungen erreichten mit 10,9 bzw. 9,7 g K/Tier und Tag in beiden Jahren das gleiche Niveau. Davon stammten 28% (1998) bzw. 39% (1999) aus dem Kot.

In einer Modellrechnung wurden die gemessenen Daten auf einen praxisüblichen Schäfereibetrieb übertragen. Der ermittelte Nährstoffaustrag berücksichtigte neben den Ausscheidungen im Pferch auch den Zuwachs an Lebendmasse der Lämmer. In drei Varianten wurde ein Zuwachs von 200, 150 und 100 g LM/Tier und Tag zugrunde gelegt. Demnach werden jährlich je ha 20-24 kg N, 1,2-1,5 kg P und 18-20 kg K von den Naturschutzflächen ausgetragen.

Anhand detaillierter Vegetationserhebungen vor und nach der Beweidung und Beobachtungen der Tiere bei der Futteraufnahme wurde die Futterselektion der Schafe untersucht und das Artenspektrum der aufgenommenen Pflanzen bestimmt. Für jeden Teilversuch wurde eine Rangfolge bezüglich der Aufnahmepräferenz der Schafe für die vorkommenden Pflanzenarten erstellt.

9 Literaturverzeichnis

- AFRC (1991): Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. - Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and Feeding, 61 (9), 573-612.
- ANGER, M. (1993): Zur Dynamik der N_{\min} -Werte unter Grünland unter besonderer Berücksichtigung von Urin- und Kotflecken. - Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 6, 321-324.
- BORNEMANN, S. (1995): Auswirkungen einer reduzierten Rohproteinversorgung auf die Stickstoffausscheidung und die intermediäre Umsetzung von ^{15}N -markiertem Harnstoff bei laktierenden Ziegen. - Diss. agr., Universität Bonn.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. - 3. Auflage, Springer-Verlag, Wien, New York.
- BRENNER, S. (1997): Energetischer Futterwert des Aufwuchses langjährig extensiv genutzter Grünlandgesellschaften im Einzugsbereich der oberen Ahr. - Unveröff. Diplomarbeit, Institut für Tierernährung, Universität Bonn.
- BREULMANN, T. (1995): Flora, Vegetation und ökologische Bewertung der Offenlandflächen in der Schavener Heide bei Mechernich (Eifel). - Unveröff. Diplomarbeit, Institut für Landwirtschaftliche Botanik, Abt. Naturschutz und Geobotanik, Universität Bonn.
- BRIEMLE, G. (1993): Grünlandextensivierung am besten über den Bauernhof. - Umwelt kommunal 8, (195/196), I-IV.
- BRIEMLE, G. (1994): Extensivierung einer Fettwiese und deren Auswirkung auf die Vegetation. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 68/69, 109-133.
- BRIEMLE, G. und ELSÄSSER, M. (1992): Die Grenzen der Grünlandextensivierung. - Naturschutz und Landschaftsplanung 5, 196-197.
- BRIEMLE, G. und JILG, T. (1997): Der Nachtpferch, landschaftsökologisch nicht bedenklich. - Deutsche Schafzucht 9, 208-211.
- BRIEMLE, G.; KUNZ, H.-G. und MÜLLER, A. (1987): Zur Mindestpflege der Kulturlandschaft insbesondere von Brachflächen aus ökologischer und ökonomischer Sicht. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 62, 141-160.
- COLE, M.L.; SMITH, J.A.W.; COLE, C.A. und HENRY, D.A. (1996): An improved harness to collect faeces from sheep. - Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 21, 476.
- DIERSSEN, K. (1989): Eutrophierungsbedingte Veränderungen der Vegetationszusammensetzung (Fallstudien aus Schleswig-Holstein) - NNA-Berichte (Norddeutsche Naturschutzakademie), Schneverdingen, 1, 27-30.

- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. - Universität Hohenheim - Dokumentationsstelle. - 7. erw. und überarb. Aufl. - Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- EAST, B.W.; PRESTON, T. und ROBERTSON, I. (1984): The potential of in vivo neutron activation analysis for body composition measurements in the agricultural sciences. - In vivo measurement of body composition in meat animals. Elsevier Applied Science Publishers, London, 134-138.
- EIGNER, J. und SCHMATZLER, E. (1991): Handbuch des Hochmoorschutzes, Greven, Kilda, 158 S.
- ELLENBERG, H. (1952): Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Band 2, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - 2. verbesserte und erw. Aufl. - Scripta geobotanica, 9, Verlag Erich Goltze, Göttingen, 122 S.
- ELLENBERG, H. (1985): Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluss von Düngung und Immissionen. - Schweiz. Z. Forstwes., 135, 19-39.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1095 S.
- ELLENBERG, H.; MAYER, R. und SCHAUERMANN, J. (1986): Ökosystemforschung - Ergebnisse des Sollingprojektes 1966 bis 1986. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 507 S.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLL, R.; WIRTH, V., WERNER, W. und PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta geobotanica, 18, Verlag Goltze KG, Göttingen, 258 S.
- ELLENBERG, H. jun. (1985): Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluss von Düngung und Immissionen. - Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 136, (1), 19-39.
- FEHSE (1974): Gedanken zum Einsatz des Schafes und der Ziege in der Landschaftspflege im Berggebiet. - Schweizer Landw. Monatshefte, 52, 337-349.
- FISCHER, S., POSCHLOD, P. und BEINLICH, B. (1995): Die Bedeutung der Wanderschäfererei für den Artenaustausch zwischen isolierten Schaftriften. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 229-256.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern. - J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 65, 229-234.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1995): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastriinder. - Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, 6, Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 85 S.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1996): Energiebedarf von Schafen. - Proc. Soc. Nutr. Physiol., 5, Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 149-152.

- GLAVAC, V. (1983): Über die Rotschwengel-Rotstraußgras-Pflanzengesellschaft (*Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft) im Landschafts- und Naturschutzgebiet "Dönche" in Kassel. *Tuexenia* 3, Göttingen, 389-407.
- GÖRSCHEN, M. und MÜLLER, K. (1985/1986): Vergleich der Wirkung von Mahd und Beweidung als Pflegemaßnahme im regenerierenden Hochmoor. - Gutachten erstellt im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Schleswig-Holstein, Teil 1 1985, Teil 2 1986.
- GREENWOOD, P. L.; HUNT, A. S.; HERMANSON, J. W. und BELL, A. W. (1998): Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: I. Body growth and composition and some aspects of energetic efficiency. - *J. Anim. Sci.*, 76, 2354 - 2367.
- HAFEZ, E. S. E. (1969): The behaviour of domestic animals. - 2. Auflage, Balliere, Tindall and Cassell, London, 647 S.
- HARING, F. (1975): Schafzucht. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 368 S.
- HUFSTEDTLER, G.D. und GREENE, L.W. (1995): Mineral and nitrogen balance in lambs with zeranol. - *Journal of Animal Science*, 73, 3785-3788.
- JANS, F. und TROXLER, J. (1990): Weidenutzung und Landschaftspflege an Trockenstandorten mit Mutterkühen oder Schafen; Teil I: Tierische Leistung. - *Landwirtschaft Schweiz* 3, 311-314.
- KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland. - 1. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 384 S.
- KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden. - Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg
- KLAPP, E. UND OPITZ VON BOBERFELD, W. (1990): Taschenbuch der Gräser. - 12. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 282 S.
- KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistungen des Grünlandes am Beispiel thüringischer Wiesen. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KLOSKOWSKI, J.; KÜHBAUCH, W. und VOIGTLÄNDER, G. (1986): Verdaulichkeit von Wiesenschwengel und Rotklee unter besonderer Berücksichtigung der Gerüstsubstanzen in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). - *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch*, 63 (3), 289-297.
- KNAUER, N. (1987): Beurteilung der Extensivierung aus ökologischer Sicht. - In: Dachverband Wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs- Veterinär- und Umweltforschung e.V. (Hrsg.) - *Agrarspektrum (Schriftenreihe)* 13, Verlagsunion Agrar, 115-116.
- KÖHNE, M. (1987): Beurteilung der Extensivierung aus betriebswirtschaftlicher Sicht. - In: Dachverband Wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs- Veterinär- und Umweltforschung e.V. (Hrsg.) - *Agrarspektrum (Schriftenreihe)* 13, Verlagsunion Agrar, 127-140.

- KÖNIG, K.-H.; GUTSCHE, H.-J.; HEURICH, H. und KUPATZ, B.(1968): Schafe - Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 544 S.
- KRAHL, W. (1995): Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb. - Geleitwort. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 5-8.
- KÜHBAUCH, W. und VOIGTLÄNDER (1979): Veränderungen des Zellinhaltes, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knaulgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago sativa x varia* Martyn) während des Wachstums. - Z. Acker- und Pflanzenbau, 148, 455- 466.
- LAMPRECHT, H. (1987): Gutachten über den Einfluss von verrottendem, gehäckseltem und verbranntem Gehölz sowie der Schafbeweidung auf den Stickstoffkreislauf in Mooren. - Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen, 149 S.
- LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1975): Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung. - Deutsche Grundkarte, ²⁵44 Rechts ⁵⁵80 Hoch, Alendorf, 1:5000. - Bonn-Bad Godesberg.
- LINDEN, K. J. (2000): Wetterdaten im Kreis Euskirchen, Persönliche Mitteilung.- Karl Josef Linden, Kreiswetterbeobachter, Linzenicher Str. 22, 53909 Zülpich.
- LONDO, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. - Vegetatio, 33, 61-64.
- LUTZ, J. (1990): Eignung verschiedener Nutztierassen zur Landschaftspflege auf gefährdeten Grünlandstandorten. - Mitteilungen aus dem Ergänzungsstudium Ökologische Umweltsicherung, Gesamthochschule Kassel (Hrsg.), 16, 143 S.
- MATZNER, E. (1980): Untersuchungen zum Elementhaushalt eines Heide-Ökosystems (*Calluna vulgaris*) in Nordwestdeutschland. - Göttinger Bodenkundliche Berichte, 63, 120 S.
- MEYER, W. (1994): Geologie der Eifel. - 3. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 618 S.
- MICHELS, C. und WOIKE, M. (1994): Schafbeweidung und Naturschutz. - LÖBF-Mitteilungen, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung (Hrsg.), Recklinghausen, 4/1994, 16-25.
- MÖSELER, B.M. (1989): Die Kalkmagerrasen der Eifel. - Decheniana Beiheft, 29, 1-79.
- MÜLLER-MINY, H. (1962a): Mechernicher Voreifel. - In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (Hrsg.: Meynen, E.; Schmithüsen, J.; Gellert, J.; Neef, E.; Müller-Miny, H. und Schultze, J.H.) Band I, Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Selbstverlag, Bad Godesberg, 398-400.
- MÜLLER-MINY, H. (1962b): Kalkeifel. - In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (Hrsg.: Meynen, E.; Schmithüsen, J.; Gellert, J.; Neef, E.; Müller-Miny, H. und Schultze, J.H.) Band I, Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Selbstverlag, Bad Godesberg, 400- 403.

- MÜNZEL, M. und SCHUMACHER, W. (1991): Regeneration und Erhaltung von Kalkmagerrasen durch Schafbeweidung am Beispiel der Alendorfer Kalktriften bei Blankenheim/Eifel. - Forschung und Beratung, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen, 41, 27-42.
- MURL (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW) (1989): Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen. - Düsseldorf, 65 S.
- MURRAY, P. J. (1994): The effect on feed intake of harnessing sheep for faecal collection. - Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 20, 424.
- NAUMANN, C. und BASSLER, R. (1976): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch, Band III mit Ergänzungslieferungen 1983, 1988 und 1993 (Loseblatt-Sammlung). - Darmstadt (VDLUFA-Verlag).
- NIETHAMMER, J. (1979): Säugetiere. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 288 S.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - 7. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1050 S.
- PAJAK, J.; ZEBROWSKA, T. und ZEBROWSKA, H. (1992): Protein content in the diet for fattening lambs. 2. The chemical and amino acid composition of the body and utilization of amino acids apparently absorbed in the small intestine. - J. Anim. F. Sci., 1, 27 - 36.
- PLACHTER, H. und BEINLICH, B. (1995): Strategien zum Erhalt und zur Entwicklung der Kalkmagerweiden und der mageren Wiesen der Schwäbischen Alb. - Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 441-467.
- PLACHTER, H. und SCHMIDT, M. (1995): Die Kalkmagerrasen Südwestdeutschlands als Modell für den Schutz und die Entwicklung anthropo-zoogener Lebensräume. - Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 13-30.
- PORZIG, E. (1969): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. - Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 404 S.
- PORZIG, E. und SAMBRAUS, H.H. (1991): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. - Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 404 S.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - 2. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 622 S.
- POTT, R. und HÜPPE, J. (1994): Weidetiere im Naturschutz. - LÖBF-Mitteilungen, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung (Hrsg.), Recklinghausen, 4/1994, 10-16.
- RODEHUTSCORD, M.; HANSEN, H.; SAAKEL, M.; SCHRIEVER, O. und PFEFFER, E. (1994): Untersuchungen zum Energiegehalt des Heus von langfristig extensiv genutzten Flächen. - Das Wirtschaftseigene Futter, 40, (2,3), 266-276.

- ROTH, M. (1997): Wirkung von Exkrementstellen auf die Nitratverlagerung unter beweidetem Grünland in Abhängigkeit vom Nutzungstermin und Standort. - Forschungsbericht des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft", 54, Universität Bonn, Selbstverlag, 176 S.
- ROTHMALER, W. (1994): Exkursionsflora von Deutschland, Band 3 Gefäßpflanzen, Atlasband. - 8. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, 752 S.
- RUTHSATZ, B. (1989): Anthropogen verursachte Eutrophierung bedroht die schutzwürdigen Lebensgemeinschaften und ihre Biotope in der Agrarlandschaft unserer Mittelgebirge. - NNA-Berichte (Norddeutsche Naturschutzakademie), Schneverdingen, 1, 30-35.
- SANKHYAN, S.K.; SHINDE, A.K.; BHATTA, R. und KARIM, S.A. (1999): Comparison of diet and faecal collection methods for assessment of seasonal variation in dry matter intake by sheep maintained on a *Cenchrus ciliaris* pasture. - Animal Feed Science and Technology, 82, 261-269.
- SAWAYA, W. N. KHALIL, J.K.; AL-SHALHAT, A.F. und AL-MOHAMMAD, M.M. (1985): Mineral and vitamin contents of sheep milk. - Milchwissenschaft, 40 (2), 81-83.
- SCHARNHÖLZ, A. und SCHARNHÖLZ, R. (1983): Landschaftsrassen in der Bundesrepublik. - Deutsche Schafzucht, 21, 412-417.
- SCHIEFER, J. (1983): Möglichkeiten der Aushagerung von nährstoffreichen Grünlandflächen. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Ludwigsburg (u.a.), 57/58, 33-62.
- SCHLOLAUT, W. (1987): Schafhaltung und Naturschutz. - Deutsche Schafzucht, 23, 494-501.
- SCHMEIL, O. und FITSCHEN, J. (1988): Flora von Deutschland. - 88. Auflage, Quelle und Meyer, Heidelberg, Wiesbaden, 608 S.
- SCHMIDT, L. (1992): Eine Möglichkeit zur Schätzung der Verdaulichkeit von selektiv aufgenommenem Weidefutter. - Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau 1991 in Bad Hersfeld, Referate und Poster, Hessische Landwirtschaftliche Lehr- und Forschungsanstalt Eichhof, 91-106.
- SCHMIDT, L.; WEISSBACH, F.; HOPPE, T. und KUHLA, S. (1999): Futter- und Kotuntersuchungen zur Schätzung des Futterwertes von Weidegras. - Proc. Soc. Nutr. Physiol., 8, 62.
- SCHUMACHER, W. (1977): Flora und Vegetation der Sötenicher Kalkmulde (Eifel). - Decheniana Beiheft, 19, 1-199.
- SCHUMACHER, W.; MÜNZEL, M. und RIEMER, S. (1995): Die Pflege der Kalkmagerrasen. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 37-63.
- SIMON, U. (1974): Zur Beliebtheit von Zuchtsorten verschiedener Futterpflanzenarten beim Weidetier. - Tagungsbericht der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Kleve-Kellen, 10, 94-105.

- SOUMARÈ, A. (1981): Futterraufnahme von Ziegen auf unterschiedlicher Weide, sowie Untersuchungen zum Nahrungsaufnahmeverhalten. - Dissertation agr., Universität Hohenheim
- SPATZ, G. (1994): Freiflächenpflege. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 296 S.
- SPATZ, G.; ABEL, H.J.; FRICKE, T. und DEBALQUE, A. (1991): Untersuchungen zur Ermittlung des Futterwertes spät geschnittener Grünlandaufwüchse mit unterschiedlichen Methoden. - Das Wirtschaftseigene Futter, 37, (1/2), 218-231.
- STRUVE, W. (1961): Das Eifeler Korallenmeer. Der Aufschluss. - Sonderheft 10, 81-107.
- TAMPE (1995): Ökonomische Aspekte von Naturschutzmaßnahmen auf Kalkmagerrasen und magerem Wirtschaftsgrünland. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., Karlsruhe, 83, 349-360.
- THIELE-WITTIG, H.CH. (1974): Landschaftspflege durch Schafe. - Deutsche Schäfereizeitung., 22, 201-203.
- THOMPSON, J. K.; GELMAN, A. L. und WEDDELL, J. R. (1988): Mineral retentions and body composition of grazing lambs. - Anim. Prod., 46, 53-62.
- TIEMANN, A. und MÜLLER, G. (1933): Beobachtungen über die Schmackhaftigkeit verschiedener Gräser- und Kleearten bei freiem Weidegang. - Arch. Tierernähr. Tierz., 9, 253-265.
- TISCHLER, W. (1980): Biologie der Kulturlandschaft. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 253 S.
- TRIBE, D.E. (1950): The composition of a sheep's natural diet. - J. Br. Grassl. Soc., 5, 81-91.
- ULRICH, B. (1982): Gefahren für das Waldökosystem durch saure Niederschläge. - Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW, Sonderheft.
- VDL (1995): Schafe 94/95. Fakten, Zahlen und agrarpolitische Entscheidungen zur Schafhaltung in Deutschland. - Vereinigung Deutscher Landesschafzuchtverbände e.V. (VDL) (Hrsg.), Bonn, 64 S.
- VERBÜCHELN, G. (1992): Entstehung, Differenzierung und Verarmung von Grünlandgesellschaften in Nordrhein-Westfalen. - LÖLF-Mitteilungen, Recklinghausen, 17(3), 38-41.
- VERCH, G. und KÜHBAUCH, W. (1994): Veränderung der botanischen Zusammensetzung und der Futterqualität einer Feuchtwiese unter dem Einfluss extensiver Wiesennutzung. - Das Wirtschaftseigene Futter, 40, (2/3), 242-251.
- VOIGTLÄNDER, G. UND VOSS, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. - Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 207 S.

- VOISIN, A. (1961): Lebendige Grasnarbe. - BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien, 245 S.
- VON KORN, S. (1992): Schafe in Koppel- und Hütelhaltung. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 198 S.
- WALTER, R. (1992): Geologie von Mitteleuropa. - 5.Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 561 S.
- WAYNE COOK, C; STODDART, L.A. and LORIN E.H. (1952): Determining the digestibility and metabolizable energy of winter range plants by sheep. - Journal of Animal Science, 11, 578-590.
- WHITE, P.F.; TREACHER, T.T. und TERMANINI, A. (1997): Nitrogen cycling in semi-arid Mediterranean zones: removal and return of nitrogen to pastures by grazing sheep.- Aust. J. Agric. Res.; 48, 317-322.
- WILDT, E. (1874): Über die Resorption und Sekretion der Nahrungsbestandteile im Verdauungskanal des Schafes. - Journal für Landwirtschaft, 22, 1-25.
- WILKE, E.; NIENHOFF, H.-J. und WEISS, J. (1988): Schafe aktuell in Landwirtschaft und Landschaftspflege. - 6. Auflage, Deutscher Agrarverlag, Bonn, 88 S.
- WILLEMS, J.H. (1983): Species composition and above ground phytomass in chalk grassland with different management. - Vegetatio, 52, 171-180.
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. - Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. - 5. Auflage, Quelle und Meyer, Heidelberg, 479 S.
- WISSKIRCHEN, R. und HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. - Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 765 S.
- WOIKE, M. (1996): Kulturlandschaftspflege mit Schafen. - Schriftenreihe Angewandter Naturschutz der Naturlandstiftung Hessen e.V., 13, 25-35.
- WOIKE, M. und ZIMMERMANN, P. (1992): Biotope pflegen mit Schafen. - AID-Heft 1197, Bonn, 40 S.

10 Anhang

Tabelle A 1: Lebendmassen (kg) der ausgewählten Schafe an den verschiedenen Wägeterminen in den beiden Versuchsjahren 1998 und 1999 (In Versuch 1 und Versuch 7 wurden keine Wägungen durchgeführt)

1998 Bentheimer Landschaft

Tier Nr.	Versuch 2		Versuch 3		Versuch 4		ξ
	zu Beginn	am Ende	zu Beginn	am Ende	zu Beginn	am Ende	
	19.06.98	02.07.98	15.07.98	28.07.98	13.08.98	24.08.98	
1*	91	94	93	92	81	90	90
2	48	50	51	53	49	53	51
3	48	48	51	50	48	50	49
4	51	50	54	52	50	55	52
5	49	50	50	53	52	55	51
6	51	55	52	56	52	57	54
7	57	57	58	58	56	60	57
8	47	53	52	54	51	56	52
ξ ohne Nr.1	50	52	52	53	51	55	52

* Zuchtbock

1999 Bergschafe

Tier Nr.	Versuch 5	Versuch 6	Versuch 8	ξ
	zu Beginn	zu Beginn	am Ende	
	18.05.99	14.06.99	27.08.99	
1*	85	82,5	74	81
2	58	59,5	58	59
3	54		54	54
4	63	64	61	63
5	62	63	60	62
6	66	67	60,5	65
7	62	63	62	62
8**	56 ausgef.	65	60	63
ξ ohne Nr.1	61	64	59	61

* Zuchtbock

** ab Versuch 6 durch einen anderen Hammel ersetzt

Tabelle A 2: Pflanzenmassen (g T/m²) auf den Untersuchungsquadraten vor und nach der Beweidung und die aus der Differenz resultierenden, aufgenommenen Futtermengen in der Vegetationsperiode 1998

Untersuchungs- quadrat Nr.	Versuch 1			Versuch 2		
	vor	nach	Differenz	vor	nach	Differenz
1	39,1	11,1	28,0	85,1	43,8	41,3
2	43,7	36,9	6,8	76,8	9,1	67,7
3	47,6	25,6	22,0	86,1	30,9	55,2
4	52,2	9,6	42,6	158,5	63,2	95,3
5	46,8	18,9	27,9	125,4	40,6	84,7
6	98,3	13,7	84,6	122,9	32,9	90,0
7	96,3	62,2	34,1	89,4	49,5	39,9
8	57,0	25,2	31,9	120,8	76,4	44,4
9	60,2	24,1	36,1	107,9	86,2	21,7
10	67,2	31,9	35,3	204,8	143,9	60,9
11	47,0	18,3	28,7	194,0	89,8	104,1
12	81,4	67,0	14,3	83,1	22,9	60,2
13	31,6	13,3	18,4	110,2	45,8	64,4
14	66,8	37,8	29,0	92,4	40,8	51,7
15	50,1	37,8	12,3	51,9	15,1	36,8
16	28,3	8,5	19,8	62,0	6,2	55,8
17	36,0	13,1	22,9	87,9	61,3	26,7
18	53,7	30,6	23,0	47,4	15,1	32,3
19	103,9	111,6	0,0	139,1	19,2	119,9
20	71,8	22,0	49,7	98,3	26,1	72,2
21	28,1	43,6	0,0	94,2	43,6	50,6
22	61,6	31,8	29,8	109,1	42,6	66,5
23	78,6	73,2	5,4	110,9	50,9	60,0
24	45,1	52,4	0,0	89,5	14,1	75,4
ξ	58,0	34,2	25,1	106,2	44,6	61,6
s	21,6	24,5	18,5	38,5	31,3	24,5
Min - Max	28,1 - 103,9	8,5 - 111,6	0 - 84,6	47,4 - 204,8	6,2 - 143,9	21,7 - 119,9

Untersuchungs- quadrat Nr.	Versuch 3			Versuch 4		
	vor	nach	Differenz	vor	nach	Differenz
1	130,0	102,6	27,4	111,7	54,8	57,0
2	90,7	102,8	0,0	54,3	27,1	27,2
3	120,8	64,1	56,7	96,0	20,6	75,4
4	119,3	79,8	39,5	139,6	58,5	81,1
5	68,3	55,9	12,3	37,4	18,8	18,7
6	82,5	34,6	47,9	67,2	57,6	9,6
7	111,2	60,6	50,6	89,6	30,8	58,8
8	102,8	58,8	44,0	67,2	15,0	52,2
9	104,2	28,2	76,0	138,6	95,5	43,0
10	105,6	13,3	92,3	55,1	59,5	0,0
11	93,8	30,9	62,9	102,2	62,2	40,0
12	166,8	144,9	21,9	50,5	11,3	39,2
13	33,4	15,1	18,3	111,0	50,3	60,8
14	65,6	35,5	30,1	69,4	18,7	50,7
15	57,6	59,5	0,0	125,3	69,3	56,0
16	50,0	29,9	20,1	86,3	54,8	31,5
17	59,2	41,9	17,3	41,7	14,1	27,6
18	35,3	22,5	12,8	47,1	15,8	31,2
19	53,3	26,2	27,1	75,8	19,7	56,1
20	181,8	169,1	12,7	91,5	5,7	85,8
21	28,0	19,7	8,3	53,6	27,9	25,7
22	51,8	66,6	0,0	46,1	16,8	29,3
23	119,6	83,0	36,6	120,1	54,0	66,2
24	97,6	74,6	23,0	54,5	29,0	25,4
ξ	88,7	59,2	30,7	80,5	37,0	43,7
s	40,3	39,9	24,2	31,7	23,4	22,1
Min - Max	28,0 - 181,8	13,3 - 169,1	0 - 92,3	37,4 - 139,6	5,7 - 95,5	0 - 85,8

Tabelle A 3: Pflanzenmassen (g T/m²) auf den Untersuchungsquadraten vor und nach der Beweidung und die aus der Differenz resultierenden, aufgenommenen Futtermengen in der Vegetationsperiode 1999

Untersuchungs- quadrat Nr.	Versuch 5			Versuch 6		
	vor	nach	Differenz	vor	nach	Differenz
1	145,2	108,8	36,4	240,7	85,6	155,0
2	124,3	27,9	96,5	133,1	74,2	58,8
3	97,6	61,9	35,7	54,4	41,5	12,9
4	89,8	64,8	25,0	85,6	51,7	33,9
5	72,1	53,6	18,4	144,6	79,6	65,0
6	111,5	75,3	36,2	70,4	45,6	24,8
7	118,8	55,2	63,6	129,0	42,6	86,3
8	90,5	65,7	24,8	130,4	14,8	115,6
9	73,2	51,7	21,5	85,4	60,1	25,4
10	109,5	119,3	0,0	107,9	71,5	36,4
11	78,9	65,8	13,1	112,5	42,7	69,9
12	147,6	15,1	132,5	63,3	29,7	33,6
13	121,6	60,9	60,7	118,2	68,1	50,1
14	101,4	66,5	34,9	107,9	75,4	32,5
15	186,1	113,5	72,6	129,9	53,8	76,1
16	79,4	85,5	0,0	74,8	39,1	35,7
17	122,3	29,8	92,6	118,2	58,7	59,4
18	112,8	53,1	59,7	138,3	38,2	100,1
19	68,0	68,1	0,0	64,7	49,4	15,2
20	98,6	60,6	38,0	159,5	82,8	76,7
21	99,9	29,8	70,1	90,0	59,1	30,8
22	45,8	23,3	22,5	144,0	60,6	83,4
23	90,6	37,3	53,4	95,4	50,4	45,1
24	162,1	68,2	93,9	187,5	121,2	66,3
ξ	106,1	60,9	45,9	116,1	58,2	57,9
s	32,0	27,0	34,4	42,5	22,1	34,1
Min - Max	45,8 – 186,1	15,1 – 119,3	0 – 132,5	54,4 – 240,7	14,8 – 121,2	12,9 – 155,0

Untersuchungs- quadrat Nr.	Versuch 7			Versuch 8		
	vor	nach	Differenz	vor	nach	Differenz
1	82,6	61,2	21,4	59,6	30,1	29,5
2	88,1	88,7	0,0	42,9	43,2	0,0
3	114,6	25,0	89,6	58,5	53,5	4,9
4	103,5	56,6	47,0	56,6	32,8	23,8
5	96,3	69,7	26,6	87,5	31,1	56,4
6	111,3	72,0	39,2	95,5	28,2	67,4
7	93,5	86,3	7,2	63,4	23,6	39,8
8	148,3	92,5	55,8	69,7	42,2	27,4
9	55,8	57,6	0,0	49,6	50,8	0,0
10	128,7	88,3	40,4	91,4	83,9	7,5
11	75,2	43,5	31,7	97,7	73,5	24,2
12	91,8	n. a.	n. a.	112,7	64,9	47,7
13	126,2	95,6	30,6	90,5	28,8	61,7
14	88,7	37,1	51,5	73,2	22,3	50,9
15	132,2	75,2	57,0	118,4	50,1	68,3
16	183,3	25,0	158,4	63,2	51,9	11,2
17	63,3	44,5	18,8	70,3	32,5	37,8
18	107,2	47,3	59,9	61,2	38,1	23,1
19	86,7	77,7	9,1	67,9	36,2	31,7
20	74,5	45,2	29,3	102,1	97,3	4,8
21	119,2	63,1	56,1	73,2	93,6	0,0
22	170,1	104,9	65,3	70,5	26,9	43,6
23	83,0	40,7	42,3	90,2	43,7	46,4
24	106,6	16,6	90,1	62,4	72,6	0,0
ξ	105,4	61,5	44,7	76,2	48,0	29,5
s	31,3	24,8	35,0	19,9	22,1	22,6
Min - Max	55,8 – 183,3	16,6 – 104,9	0 – 158,4	42,9 – 118,4	22,3 – 97,3	0 – 68,3

Tabelle A 4: Gehalte an Trockensubstanz, an Weender Rohnährstoffen und an Mineralstoffen im Kot der Einzeltiere in den Versuchen 1998 in g/kg T

Versuch 1								
Tier	1	2	3*	4	5	6	7	8
T (g/kg)	244	236		261	309	247	276	279
XA	127	137		111	107	119	105	117
XP	131	150		124	136	135	131	137
N	21,0	24,0		19,8	21,8	21,6	21,0	21,9
XF	267	264		284	285	263	281	278
Fett	58,1	66,5		60,4	60,7	48,5	58,3	50,3
P	3,27	3,65		3,12	3,83	3,83	3,12	3,70
K	13,41	11,49		9,71	5,77	12,96	10,67	7,50
Ca	18,04	22,98		16,04	15,47	16,95	14,15	17,04
Mg	5,73	6,83		5,76	5,47	5,91	5,61	6,32
Versuch 2								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8
T (g/kg)	245	300	242	319	211	290	296	352
XA	123	121	109	112	113	114	118	120
XP	121	124	117	112	117	126	127	122
N	19,4	19,8	18,7	17,9	18,7	20,2	20,3	19,5
XF	278	287	295	297	307	285	273	285
Fett	49,8	52,8	42,7	47,6	53,1	47,3	48,3	51,1
P	2,63	2,54	2,42	2,25	2,56	3,10	2,68	3,11
K	12,10	4,63	11,35	4,09	14,12	8,01	8,44	4,02
Ca	16,36	20,47	15,75	15,74	16,46	17,97	18,25	19,41
Mg	5,78	5,88	5,58	5,34	5,61	5,99	6,06	5,73
Versuch 3								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8
T (g/kg)	313	284	264	303	262	296	307	339
XA	123	152	122	137	133	139	139	139
XP	113	134	123	121	123	126	130	127
N	18,1	21,4	19,7	19,4	19,7	20,2	20,8	20,3
XF	290	264	286	280	271	269	284	269
Fett	50,6	59,3	55,0	50,4	49,0	50,2	51,1	52,8
P	2,48	2,67	2,57	2,57	2,41	3,01	2,8	2,69
K	4,41	3,23	8,05	3,37	4,33	4,24	4,49	2,66
Ca	21,44	33,94	22,84	26,05	27,03	26,01	26,76	27,3
Mg	6,35	8,92	6,55	7,63	7,99	7,76	8,38	8,38
Versuch 4								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8
T (g/kg)	316	255	269	320	268	338	329	309
XA	124	124	115	115	111	120	122	115
XP	99	98	97	92	91	101	98	93
N	15,8	15,7	15,5	14,7	14,6	16,2	15,7	14,9
XF	273	267	278	280	298	281	280	280
Fett	40,5	42,8	40,9	44,6	39,0	40,1	39,1	34,3
P	2,43	2,00	1,99	1,86	1,80	2,46	2,13	1,81
K	6,49	4,69	8,59	3,60	9,51	5,68	7,04	5,32
Ca	14,23	15,37	13,92	12,82	12,84	14,46	15,13	12,27
Mg	2,19	2,39	2,32	2,17	2,14	2,57	2,71	2,16

*ausgefallen

Tabelle A 5: Gehalte an Trockensubstanz, an Weender Rohrnährstoffen und an Mineralstoffen im Kot der Einzeltiere in den Versuchen 1999 in g/kg T

Versuch 5								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8*
T (g/kg)	231	244	189	202	207	209	180	
XA	89,9	81,4	97,8	84,9	84,6	82,1	87,4	
XP	146	153	155	156	148	137	132	
N	23,4	24,5	24,8	25,0	23,7	21,9	21,1	
XF	294	299	267	289	289	297	300	
Fett	49,5	49,6	53,2	50,0	39,4	34,8	36,1	
P	4,51	3,70	4,13	3,56	3,73	3,56	3,15	
K	14,40	13,45	21,45	17,56	16,89	14,59	21,28	
Ca	10,44	8,50	8,85	8,13	7,10	7,47	7,19	
Mg	1,26	1,26	1,30	1,21	1,07	1,33	1,20	
Versuch 6								
Tier	1	2*	3*	4	5	6	7	8*
T (g/kg)	300			237	219	233	222	
XA	88,2			84,8	103,8	88,9	103,7	
XP	141			141	158	148	143	
N	22,6			22,6	25,3	23,7	22,9	
XF	302			310	288	305	305	
Fett	43,2			40,4	45,5	36,0	40,5	
P	5,62			4,28	4,58	4,44	4,62	
K	4,98			12,09	6,29	4,95	6,26	
Ca	17,12			15,48	20,42	15,61	19,80	
Mg	1,43			1,39	1,51	1,29	1,46	
Versuch 7								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8
T (g/kg)	308	303	288	310	271	284	284	292
XA	87,9	91,8	101,4	94,5	94,7	94,4	101,9	101,0
XP	108	111	122	115	116	119	110	116
N	17,3	17,8	19,5	18,4	18,6	19,0	17,6	18,6
XF	291	299	268	283	292	294	292	291
Fett	39,9	38,6	51,4	45,6	65,2	63,1	66,5	67,2
P	3,47	3,06	3,50	3,12	2,90	2,79	3,08	3,47
K	7,21	9,86	11,36	8,57	10,95	8,57	11,63	10,25
Ca	9,58	10,02	10,53	10,63	8,92	10,36	10,60	11,12
Mg	0,93	0,97	1,06	1,00	0,93	1,04	1,06	1,11
Versuch 8								
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8
T (g/kg)	351	291	325	361	276	304	285	342
XA	86,4	102,9	104,8	83,4	124,6	99,7	110,3	100,9
XP	106	109	124	108	120	106	99,4	101
N	17,0	17,4	19,8	17,3	19,2	17,0	15,9	16,2
XF	302	317	254	293	250	284	263	273
Fett	52,3	62,1	59,0	46,2	52,1	49,3	48,1	49,7
P	3,34	3,19	3,87	3,14	3,62	2,90	3,41	3,55
K	2,32	9,09	6,76	4,15	8,48	5,62	6,94	6,88
Ca	12,50	16,97	15,61	13,06	17,50	14,94	17,24	14,73
Mg	1,21	1,09	1,46	1,31	1,40	1,35	1,60	1,37

*ausgefallen

Tabelle A 6: Trockensubstanz und Weender Rohnährstoffe im Aufwuchs zu Beginn und am Ende der Beweidung im Mittel (ξ) der jeweils 24 Untersuchungsquadrate mit den Standardabweichungen ($\pm s$)

		T	XA	XP	N	XF	Ges.Fett
		g/kg FM	g/kg T	g/kg T	g/kg T	g/kg T	g/kg T
Versuch 1							
zu Beginn	ξ	346	74	118	18,9	248	28,2
	$\pm s$	27	13	9	1,4	16	7,1
am Ende	ξ	387	69	90	14,3	261	24,5
	$\pm s$	19	18	5	0,8	21	3,3
Versuch 2							
zu Beginn	ξ	362	75	96	15,4	268	21,8
	$\pm s$	36	7	11	1,8	16	15,2
am Ende	ξ	441	75	78	12,5	292	18,3
	$\pm s$	26	15	6	0,9	11	10,3
Versuch 3							
zu Beginn	ξ	377	71	91	14,5	245	14,1
	$\pm s$	31	9	8	1,3	13	7,6
am Ende	ξ	360	71	83	13,3	287	25,8
	$\pm s$	67	10	7	1,1	91	5,3
Versuch 4							
zu Beginn	ξ	503	79	91	14,5	277	32,9
	$\pm s$	36	7	9	1,5	16	4,8
am Ende	ξ	395	73	76	12,2	325	28,6
	$\pm s$	165	8	4	0,6	15	10,3
Versuch 5							
zu Beginn	ξ	339	51	109	17,4	278	19,2
	$\pm s$	46	13	13	2,1	18	5,3
am Ende	ξ	408	46	90	14,4	285	20,1
	$\pm s$	36	8	7	1,1	21	5,9
Versuch 6							
zu Beginn	ξ	374	40	83	13,2	286	24,2
	$\pm s$	30	6	14	2,3	17	6,4
am Ende	ξ	479	35	59	9,4	313	18,7
	$\pm s$	25	5	6	0,9	19	4,4
Versuch 7							
zu Beginn	ξ	508	49	74	11,8	324	22,1
	$\pm s$	93	14	17	2,8	39	8,8
am Ende	ξ	663	44	66	10,1	348	16,1
	$\pm s$	74	13	7	2,4	27	10,8
Versuch 8							
zu Beginn	ξ	664	37	63	10,1	385	21,1
	$\pm s$	52	7	9	1,5	17	8
am Ende	ξ	773	32	51	8,1	416	21,8
	$\pm s$	78	7	8	1,3	27	4,3

Tabelle A 7: Mineralstoffgehalte im Aufwuchs zu Beginn und am Ende der Beweidung im Mittel (ξ) der jeweils 24 Untersuchungsquadrate mit den Standardabweichungen ($\pm s$)

		P	Ca	Mg	Na	K
		g/kg T	g/kg T	g/kg T	g/kg T	g/kg T
Versuch 1						
zu Beginn	ξ	1,11	7	3,44	0,13	15,72
	$\pm s$	0,11	1,55	1,02	0,04	1,59
am Ende	ξ	1	6,01	2,35	0,3	14,61
	$\pm s$	0,07	1,26	0,58	0,14	1,12
Versuch 2						
zu Beginn	ξ	1	7,48	3,32	0,11	15,33
	$\pm s$	0,07	2,24	0,68	0,03	1,18
am Ende	ξ	0,87	5,97	2,62	0,14	12,88
	$\pm s$	0,15	1,2	0,7	0,07	1,34
Versuch 3						
zu Beginn	ξ	0,92	8,79	3,59	0,1	14,04
	$\pm s$	0,09	1,43	0,63	0,02	1,17
am Ende	ξ	0,81	7,45	3,22	0,1	12,33
	$\pm s$	0,09	1,28	0,42	0,02	1,24
Versuch 4						
zu Beginn	ξ	0,86	7,22	3,36	0,1	11,71
	$\pm s$	0,1	1,08	0,64	0,02	1,22
am Ende	ξ	0,69	5,41	2,26	0,14	8,69
	$\pm s$	0,07	0,7	0,32	0,04	1,1
Versuch 5						
zu Beginn	ξ	1,19	2,64	1,04	0,15	16,76
	$\pm s$	0,32	1,87	0,33	0,05	2,97
am Ende	ξ	1,04	2	0,92	0,17	14,54
	$\pm s$	0,19	0,76	0,2	0,07	1,75
Versuch 6						
zu Beginn	ξ	1,61	5,04	1,24	0,54	10,46
	$\pm s$	0,39	2,08	0,23	0,22	1,51
am Ende	ξ	1,18	3,25	0,92	0,4	9,88
	$\pm s$	0,32	0,83	0,13	0,15	0,79
Versuch 7						
zu Beginn	ξ	0,79	3,24	0,95	0,13	11,75
	$\pm s$	0,24	2,72	0,53	0,05	3,39
am Ende	ξ	0,66	2,53	0,69	0,15	9,03
	$\pm s$	0,22	1,93	0,28	0,08	2,91
Versuch 8						
zu Beginn	ξ	1,01	6,62	1,31	0,43	4,83
	$\pm s$	0,35	1,98	0,3	0,17	0,89
am Ende	ξ	0,71	4,63	0,9	0,39	3,55
	$\pm s$	0,21	1,55	0,19	0,15	0,77

Tabelle A 8: Gesamtartenliste aller in der Untersuchung behandelten Pflanzenarten mit wissenschaftlichen und deutschen Namen nach WISSKIRCHEN und HAEUPLER (1998)

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Achillea millefolium</i>	Wiesen-Schafgarbe
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras
<i>Agrostis vinealis</i>	Sand-Straußgras
<i>Aira caryophylla</i>	Nelken-Haferschmiele
<i>Antennaria dioica</i>	Gewöhnliches Katzenpfötchen
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gewöhnliches Ruchgras
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Wundklee
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Gewöhnlicher Glatthafer
<i>Asperula cynanchica</i>	Hügel-Meier
<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen
<i>Betonica officinalis</i>	Heil-Ziest
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Fieder-Zwenke
<i>Briza media</i>	Mittleres Zittergras
<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe
<i>Bromus hordeaceus</i>	Weiche Trespe
<i>Calluna vulgaris</i>	Heidekraut, Besenheide
<i>Campanula rapunculus</i>	Rapunzel-Glockenblume
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume
<i>Carex caryophylla</i>	Frühlings-Segge
<i>Carex flacca</i>	Blaugrüne Segge
<i>Carex montana</i>	Berg-Segge
<i>Carlina vulgaris</i>	Gewöhnliche Golddistel, Kleine Eberwurz
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume
<i>Centaurea jacea ssp. angustifolia</i>	Schmalblättrige Wiesen-Flockenblume
<i>Cerastium holosteoides</i>	Gewöhnliches Hornkraut
<i>Cirsium acaule</i>	Stengellose Kratzdistel
<i>Cirsium palustre</i>	Sumpf-Kratzdistel
<i>Cirsium vulgare</i>	Gewöhnliche Kratzdistel
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel
<i>Coronilla vaginalis</i>	Scheiden-Kronwicke
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingriffeliger Weißdorn
<i>Crepis capillaris</i>	Kleinköpfiger Pippau
<i>Cynosurus cristatus</i>	Wiesen-Kammgras
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras
<i>Danthonia decumbens</i>	Dreizahn
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Rasen-Schmiele
<i>Euphrasia officinalis</i>	Großer Augentrost
<i>Fagus sylvatica</i>	Rot-Buche
<i>Festuca ovina agg.</i>	Schaf-Schwingel
<i>Festuca rubra ssp. rubra</i>	Gewöhnlicher Rot-Schwingel
<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere

<i>Galium saxatile</i>	Harzer Labkraut
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut
<i>Gentianella ciliata</i>	Gewöhnlicher Fransenezian
<i>Gentianella germanica</i>	Deutscher Fransenezian
<i>Globularia punctata</i>	Gewöhnliche Kugelblume
<i>Gymnadenia conopsea ssp. conopsea</i>	Gewöhnliche Mücken-Händelwurz
<i>Gymnadenia conopsea ssp. densiflora</i>	Dichtblütige Mücken-Händelwurz
<i>Helianthemum nummularium</i>	Gewöhnliches Sonnenröschen
<i>Helictotrichon pratense</i>	Gewöhnlicher Wiesenhafer, Trift-Wiesenhafer
<i>Hieracium pilosella</i>	Kleines Habichtskraut, Mausohr-Habichtskraut
<i>Hippocrepis comosa</i>	Gewöhnlicher Hufeisenklee
<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras
<i>Hypericum maculatum</i>	Geflecktes Johanniskraut
<i>Hypericum perforatum</i>	Tüpfel-Johanniskraut, Tüpfel-Hartheu
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewöhnliches Ferkelkraut
<i>Juniperus communis</i>	Heide-Wacholder
<i>Knautia arvensis</i>	Wiesen-Witwenblume
<i>Koeleria pyramidata</i>	Großes Schillergras
<i>Leontodon autumnalis</i>	Herbst-Löwenzahn
<i>Leontodon hispidus</i>	Rauher Löwenzahn
<i>Leontodon saxatilis</i>	Nickender Löwenzahn
<i>Leucanthemum vulgare agg.</i>	Wiesen-Margerite
<i>Linum catharticum</i>	Purgier-Lein
<i>Listera ovata</i>	Großes Zweiblatt
<i>Lolium perenne</i>	Ausdauerndes Weidelgras, Englisches Raygras
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewöhnlicher Hornklee
<i>Lotus pedunculatus</i>	Sumpf-Hornklee
<i>Luzula campestris</i>	Feld-Hainsimse
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee, Hopfen-Schneckenklee
<i>Melampyrum pratense</i>	Wiesen-Wachtelweizen
<i>Ononis repens</i>	Kriechende Hauhechel
<i>Ophrys insectifera</i>	Fliegen-Ragwurz
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Bibernelle
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer, Föhre
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitz-Wegerich
<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich
<i>Platanthera chlorantha</i>	Berg-Waldhyazinthe, Grünliche Kuckucksblume
<i>Poa pratensis</i>	Wiesen-Rispengras
<i>Poa pratensis ssp. angustif.</i>	Schmalblättriges Wiesen-Rispengras
<i>Poa pratensis ssp. pratensis</i>	Gewöhnliches Wiesen-Rispengras
<i>Polygala amara</i>	Bitteres Kreuzblümchen
<i>Polygala serpyllifolia</i>	Thymianblättriges Kreuzblümchen
<i>Potentilla erecta</i>	Blutwurz
<i>Potentilla reptans</i>	Kriechendes Fingerkraut
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	Gewöhnliches Frühlings-Fingerkraut
<i>Primula veris</i>	Wiesen-Schlüsselblume, Echte Schlüsselblume
<i>Prunella grandiflora</i>	Großblütige Braunelle
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Braunelle

<i>Pulsatilla vulgaris</i>	Gewöhnliche Kuhschelle
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolliger Hahnenfuß
<i>Ranunculus nemorosus</i>	Gewöhnlicher Hain-Hahnenfuß
<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß
<i>Rhinanthus minor</i>	Kleiner Klappertopf
<i>Rosa spec.</i>	Rose
<i>Rumex acetosa</i>	Großer Sauerampfer
<i>Rumex acetosella</i>	Kleiner Sauerampfer
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf
<i>Scabiosa columbaria</i>	Tauben-Skabiose
<i>Senecio jacobaea</i>	Gewöhnliches Jakobs-Greiskraut
<i>Sesleria albicans</i>	Kalk-Blaugras
<i>Stellaria graminea</i>	Gras-Sternmiere
<i>Taraxacum officinale</i>	Wiesen-Löwenzahn
<i>Teucrium scorodonia</i>	Salbei-Gamander
<i>Thymus pulegioides</i>	Arznei-Tymian, Feld-Thymian
<i>Trifolium dubium</i>	Kleiner Klee
<i>Trifolium montanum</i>	Berg-Klee
<i>Trifolium pratense</i>	Gewöhnlicher Wiesen-Klee
<i>Trifolium repens</i>	Weiß-Klee
<i>Veronica officinalis</i>	Wald-Ehrenpreis
<i>Veronica serpyllifolia</i>	Thymian-Ehrenpreis
<i>Viburnum lantana juv.</i>	Wolliger Schneeball
<i>Vicia sativa agg.</i>	Futter-Wicke
<i>Vicia cracca</i>	Vogel-Wicke
<i>Vicia tetrasperma</i>	Viersamige Wicke
<i>Viola hirta</i>	Rauhhaariges Veilchen
<i>Viola riviniana</i>	Hain-Veilchen
<i>Vulpia bromoides</i>	Trespen-Federschwingel

