

Zur Bedeutung von Pilzbefall für die Futterqualität von Weidefutter im Herbst und Winter in Abhängigkeit von Pflanzengesellschaft, Witterung und Standort

W. Opitz v. Boberfeld, K. Wöhler und H. Laser

Importance of Fungi Infections for Quality of Herbage from Autumn and Winter Grazed Pastures Depending on Plant Community, Weather and Site Conditions

1. Einleitung

Die ganzjährige Außenhaltung von Mutterkühen stellt eine kostengünstige Tierhaltungsform dar, da hier die mit der Stallhaltung verbundenen hohen Gebäudekosten entfallen (BOEKER, 1957; DEBLITZ et al., 1993; BAUER, 1996). Zusätzlich können Arbeits- (VAN KEUREN, 1970) und Winterfutterkosten (VAN KEUREN, 1970; BARTHOLOMEW et al., 1997; HALL et al., 1998; FREEZE et al., 1999) durch eine verlängerte Weideperiode reduziert werden, was zusätzlich zur Wirtschaftlichkeit dieser Landnutzungsform für periphere Regionen Mitteleuropas beitragen kann (BAUER, 1996; MÖLLER et al., 2002; JACOB, 2003). Auf die Herstellung von Futterkonserven für die Winterfütterung kann zwar nicht gänzlich verzichtet, jedoch können die notwendigen Mengen reduziert werden, wenn ein Teil des Bedarfs der Wiederkäuer durch Aufnahme der auf der Fläche verbleibenden Vegetation gedeckt wird. Voraussetzung dafür ist, dass die Qualität der Aufwüchse den Qualitätsan-

sprüchen der Weidetiere genügt. In Verbindung mit Masse- und Qualitätsverlusten mit zunehmendem Alter der Pflanzen in der Vegetationsperiode und fortschreitender Seneszenz im Herbst und Winter nimmt das Risiko von pilzlichen Infektionen der Bestände und damit die Gefahr der Mykotoxinbildung zu (OPITZ v. BOBERFELD, 1996). Zu den weit verbreiteten Mykotoxinen gehören das von Pilzen der Gattung *Microdochium* (= *Fusarium*) gebildete Zearalenon mit östrogenen sowie anabolischer Wirkung und Ochratoxin A mit nieren- und leberschädigender sowie kanzerogener Wirkung, das von Pilzen der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* gebildet wird (BAUMANN und ZIMMERLI, 1988; OPITZ v. BOBERFELD, 1994). Rinder gelten als vergleichsweise unempfindlich gegen Mykotoxine. Allerdings konnten nach 48-stündiger Inkubation von Ochratoxin A mit Pansensaft noch 70 % der ursprünglichen Menge wiedergefunden werden (ÖZPINAR et al., 1999). Zu den klinischen Symptomen bei Mykotoxikosen von Rindern gehören geringe Fresslust, schlechte Lebend-

Summary

When the vegetation period is over, the majority of plant tissue is dead and exposed to decomposition by fungi and other micro organisms. It is possible to use residual herbage for winter grazing provided that the decrease of biomass and forage quality is limited. The requirements of undemanding ruminants, e.g. in year-round grazing systems, can be fulfilled until the end of the year by an adequate pasture management. Depending on pre-utilization and year, DM yield can exceed 20 dt ha⁻¹. The energy concentration is negatively correlated with the Ergosterol concentration. Ergosterol is an indicator for fungi infections. The concentrations are varying considerably depending on weather and site conditions, but no general differences are evident between *Lolium-Cynosuretum* and *Festuco-Cynosuretum* plant communities. Sporadically, ochratoxine A can be found in swards of both communities, whereas zearalenone only occurs in *Lolium-Cynosuretum* swards. However, the Ergosterol concentration is not a suitable measure to predict the extent of mycotoxin contaminations in herbage.

Key words: Winter grazing, Ergosterol, Yield, Energy value, Mycotoxins.

Zusammenfassung

Nach Ende der Vegetationsperiode sind auf Weiden große Teile der Vegetation abgestorben und Abbauprozessen unterlegen, an denen auch Pilze beteiligt sind. Sollen die Aufwüchse, wie in Systemen mit ganzjähriger Außenhaltung, noch im Winter genutzt werden, muss gewährleistet sein, dass die damit verbundenen Qualitäts- und Masseverluste begrenzt werden. Dies ist mit einem geeigneten Management bis Jahresende zu gewährleisten. Jahr- und vornutzungsabhängig kann der TM-Ertrag im Dezember noch über 20 dt ha⁻¹ betragen. Energiedichte und Verpilzungsgrad stehen in einer engen Beziehung. Das Ausmaß pilzlicher Infektionen, ermittelt anhand der Ergosterol-Konzentrationen, kann witterungs- und standortabhängig erheblich variieren, allgemeine Unterschiede zwischen *Lolio-Cynosuretum*- und *Festuco-Cynosuretum*-Gesellschaften bestehen aber nicht. Sporadisch können in allen Winterweideaufwüchsen Ochratoxin A und in *Lolio-Cynosuretum*-Aufwüchsen Zearalenon nachgewiesen werden, die Höhe der Ergosterol-Konzentrationen lässt allerdings keine sicheren Rückschlüsse auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Mykotoxine zu.

Schlagerworte: Winterweide, Ergosterol, Ertrag, Energiedichte, Mykotoxine.

masse-Entwicklung, Leistungsrückgang, Fruchtbarkeitsstörungen, erhöhtes Krankheitsrisiko bis hin zu Abmagerung, Durchfall, struppigem Haarkleid und Teilnahmslosigkeit (HÖLTERSINKEN et al., 1996a). Neben direkten Auswirkungen auf den Wiederkäuer beeinträchtigt verschimmelter Raufutter auch die Fermentation im Pansen (MAIWORM et al., 1995; HÖLTERSINKEN et al., 1996b, 2000). Deswegen kommen *in vitro*-Pansensaft-Methoden bei einer Bewertung der Energiedichte von Futter mit starkem Pilzbefall den tatsächlichen Verhältnissen offenbar am nächsten (OPITZ V. BOBERFELD et al., 2003).

OPITZ V. BOBERFELD und WOLF (2002) weisen anhand von Ansaaten mit *Lolium perenne* und *Festuca arundinacea* an einem einzelnen Standort über mehrere Jahre nach, dass der Verpilzungsgrad, die Dekomposition des Weidefutters nach Ende der Vegetationsperiode und das Auftreten von Mykotoxinen durch das Weidemanagement beeinflusst werden können. Eine frühe Beendigung der Nutzungsperiode (Schonung) im Juni wirkt sich zwar dabei günstig auf die TM-Erträge im Winter aus, hat aber bei den getesteten Beständen gleichzeitig deutlich stärkere Qualitätsverluste im Herbst und Winter zur Folge als bei einer Schonung erst ab Juli oder August. Die Ergebnisse deuten an, dass auch der Witterungsverlauf im Herbst und Winter einen wesentlichen Einfluss auf die Verwertbarkeit der Aufwüchse haben kann. Die Nutzung zu Futterzwecken ist offenbar selbst in maritim beeinflussten Mittelgebirgslagen bis Jahresende möglich, eine Verfütterung der *Lolium perenne*- und *Festuca arundinacea*-Bestände im Januar und Februar ist nur in einzelnen klimatisch begünstigten Lagen empfehlenswert (OPITZ V. BOBERFELD und WOLF, 2002). In extensiven Wei-

desystemen Mitteleuropas sind *Lolio*- und *Festuco-Cynosuretum*-Pflanzengesellschaften am weitesten verbreitet. Beide sind gekennzeichnet durch Weidenutzung; die Unterschiede entstehen durch eine standortabhängig unterschiedliche Intensität der Bewirtschaftung (OPITZ V. BOBERFELD, 1994). Während sich *Lolio-Cynosuretum*-Gesellschaften in der Regel als Ergebnis einer höheren Intensitätsstufe entwickeln, ist das *Festuco-Cynosuretum* vor allem dort anzutreffen, wo aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten eine extensive Grünlandbewirtschaftung angezeigt ist (KLAPP, 1965; ELLENBERG, 1986). Zur Eignung dieser Pflanzengesellschaften als Winterweide liegen bislang keine Daten vor.

Ziel dieser Arbeit ist, die Bewertung der Einflüsse der Faktoren Pflanzengesellschaft, Standort und Witterung auf das Ausmaß des Pilzbefalls der im Winter genutzten Aufwüchse vorzunehmen, wobei unterschiedliche Managementstrategien – bezogen auf die Nutzung in der Vegetationszeit sowie Erntetermin im Winter – einbezogen werden. Im Vordergrund stehen dabei die Einflüsse der Verpilzung auf die Futterqualität. Als zuverlässiger Indikator des Ausmaßes des Pilzbefalls hat sich die Bestimmung der Ergosterol-Konzentration erwiesen, da Ergosterol Zellwandbestandteil von Pilzen ist und im Gewebe höherer Pflanzen in der Regel nicht in relevanten Konzentrationen vorkommt (SEITZ et al., 1977). Infolge des Abbaus des Pflanzenmaterials nach Beendigung der Vegetationsperiode ist neben Masse- und Energieverlusten auch die mögliche Bildung von Mykotoxinen von pflanzenbaulichem Interesse. Ergänzend wurde der TM-Ertrag erfasst und die umsetzbare Energie (= ME) geschätzt.

2. Material und Methoden

2.1 Standorte und Witterung

Die Freilandversuche wurden an zehn verschiedenen Standorten in deutschen Mittelgebirgslagen (Lahn-Dill-Bergland und Westerwald), in den Höhenlagen von 320 bis 475 m über NN, angelegt. Als Vegetationseinheiten wurden die beiden Weidegesellschaften *Lolio-Cynosuretum* (= Weidelgrasweide) und *Festuco-Cynosuretum* (= Rotschwingel-Straußgrasweide) untersucht. Zur Charakterisierung der Unterschiede des Witterungsverlaufes in den Wintermonaten sind Witterungsdaten der Wetterstationen Holzhausen (Lahn-Dill-Bergland, 368 m über NN) und Bad Marienberg (Westerwald, 484 m über NN) in Tabelle 1 dargestellt. Die an diesen beiden Stationen registrierten Tage mit Schneebedeckung sind in Tabelle 2 angegeben.

2.2 Versuchsanlage

Die Faktoren mit den zugehörigen Stufen sind in Tabelle 3 dargestellt. Beide Weidegesellschaften waren mit jeweils

fünf Flächen in unterschiedlichen Höhenlagen vertreten. Die erste Nutzung in der Vegetationszeit erfolgte einheitlich auf allen Parzellen Anfang Juni. Ein Drittel der Anfang Juni gemähten Parzellen wurde bis zur Winterernte geschont, Anfang Juli wurde ein Drittel wiederholt gemäht und Anfang August das letzte Drittel der vorhandenen Parzellen. Die Nutzung im Winter erfolgte, entsprechend Tabelle 3, Anfang November, Mitte Dezember oder Ende Januar. Einheitlich wurde allen Varianten Anfang August 50 kg N ha⁻¹ als Kalkammonsalpeter appliziert, um den Nährstoffrückfluss der Tiere zu simulieren.

Die Varianten der Versuchsflächen einzelner Standorte waren einheitlich als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 20 m². Es wurden die Winter 1999/2000, 2000/2001 und 2001/2002 berücksichtigt, im Juni 1999 wurde mit der Vornutzung begonnen.

2.3 Methoden

Die Parzellen wurden mit einem Einachsmäher, dessen Arbeitsbreite 1,40 m betrug, in einer Schnitthöhe von 6 cm

Tabelle 1: Witterungsdaten der Stationen Holzhausen und Marienberg
Table 1: Data from the weather stations Holzhausen and Marienberg

Winter	Monat	Temperaturmittel °C		Niederschlagsmenge mm	
		Holzhausen	Marienberg	Holzhausen	Marienberg
Stationshöhe in m über NN		385	484	385	484
1999/2000	November	3,1	2,8	35,9	86,5
	Dezember	1,8	1,0	192,3	152,1
	Januar	1,0	0,3	63,8	70,9
	Februar	3,3	2,5	113,9	120,7
2000/2001	November	5,1	5,1	83,2	74,4
	Dezember	2,0	2,6	65,4	77,5
	Januar	-0,1	0,5	137,7	100,9
	Februar	2,4	2,1	64,9	83,5
2001/2002	November	3,5	3,1	92,4	148,7
	Dezember	-0,1	-0,8	91,1	139,6
	Januar	0,5	0,2	88,2	86,9
	Februar	4,6	3,9	202,9	201,5

Tabelle 2: Summierte Schneetage der Beobachtungsjahre
Table 2: Summarized days with snow cover during the research years

Winter	Bis Novemberernte		Bis Dezemberernte		Bis Januarernte	
	Holzhausen	Marienberg	Holzhausen	Marienberg	Holzhausen	Marienberg
Schneetage						
1999/2000	0	0	6	9	20	32
2000/2001	0	0	0	0	22	20
2001/2002	0	0	1	2	32	41

Tabelle 3: Versuchsvarianten

Table 3: Treatments

Faktoren	Stufen
1. Assoziation	1.1 <i>Festuco-Cynosuretum</i> 1.2 <i>Lolio-Cynosuretum</i>
2. Standort	<i>Lolio-Cynosureten</i> <i>Festuco-Cynosureten</i> 2.1 320 m über NN bzw. 2.6 335 m über NN 2.2 345 m über NN bzw. 2.7 365 m über NN 2.3 390 m über NN bzw. 2.8 370 m über NN 2.4 420 m über NN bzw. 2.9 415 m über NN 2.5 475 m über NN bzw. 2.10 460 m über NN
3. Vornutzung	3.1 Anfang Juni 3.2 Anfang Juni + Anfang Juli 3.3 Anfang Juni + Anfang August
4. Winter- Erntetermin	4.1 Anfang November 4.2 Mitte Dezember 4.3 Ende Januar

gemäht. Um Randeffekte auszuschließen, wurden für die Probenahme und Ertragsermittlung nur die Kernparzellen mit einer Größe von 14 m² berücksichtigt. Das geerntete Material dieser Teilstücke wurde gewogen, homogenisiert und ein aliquoter Teil als Probe genommen, der für Analysen bis zur Gewichtskonstanz bei 60 °C getrocknet wurde. Um den absoluten TM-Gehalt zu ermitteln, wurde ein Teil zusätzlich bei 103 °C getrocknet. Von einer Ernte bei Schneebedeckung wurde Abstand genommen, deswegen erfolgte die Ernte Januar 2001 auf drei Standorten Anfang Februar 2001 unmittelbar nach Abschluss der Schneeschmelze.

Die Energiedichte wurde mit dem Hohenheimer Futterwerttest (ANONYMUS, 1997) nach der Formel 16e (STEINGASS und MENKE, 1986; MENKE und STEINGASS, 1987) über die Variablen Gasbildung, Rohprotein und Rohfett als umsetzbare Energie (= MJ ME kg⁻¹ TM) geschätzt. Der Rohproteingehalt des Materials wurde nach KJELDAHL, der Rohfettgehalt im Petroletherauszug (ANONYMUS, 1997) bestimmt. Die Ergosterol-Konzentration wurde nach Verseifung und Extraktion in Petrolether mit HPLC am UV-Detektor erfasst (SCHWADORF und MÜLLER, 1989; ANONYMUS, 1997). Von den Varianten mit der Vornutzung Juni und der Hauptnutzung Dezember wurden die weit verbreiteten Mykotoxine Ochratoxin A und Zearalenon in einem Chloroformauszug mit HPLC unter Einsatz von Immunoaffinitätsäulen am Fluoreszenzdetektor untersucht (ANONYMUS, 1997).

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte über mehrfaktorielle Varianzanalysen sowie Korrelationsanalysen unter Verwendung des Programms SPSS für Windows, Version 9.0 (ANONYMUS, 1999). Die Verrechnung

erfolgte zunächst jahrweise getrennt nach Standorten. Nachdem sichergestellt wurde, dass sich die Restvarianzen nicht unterschieden, erfolgte eine Verrechnung unter Einbeziehung des Faktors Standort. Um den Umfang von Wechselwirkungen höherer Ordnung zu begrenzen, erfolgte die Auswertung für die Jahre getrennt.

3. Ergebnisse

Die Umsetzbare Energie (ME) des von November bis Januar genutzten Weideaufwuchses ist in allen Untersuchungsjahren und in beiden Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vornutzungs- und Winternutzungsterminen durch einen weiten Wertebereich gekennzeichnet (Abbildung 1 und Tabelle 4). Der höchste Einzelwert mit 10,5 MJ ME kg⁻¹ TM wird im November 2001 bei einer *Lolio-Cynosuretum*-Gesellschaft ermittelt, der niedrigste Wert mit 3,4 MJ ME kg⁻¹ TM tritt im Dezember 1999 auf. Die Energiedichten aller untersuchten Aufwüchse nehmen von dem Erntetermin November bis zum Erntetermin Januar signifikant ab, jedoch sind die Maximalwerte im November und das Ausmaß der Abnahmen bis Januar auf den Standorten unterschiedlich, weshalb die Varianzanalyse die Wechselwirkung Winter-Erntetermin x Standort als gesichert ausweist allerdings mit einem geringen Anteil an der Gesamtvarianz (Tabelle 4). Auf den meisten Standorten kommt es durch eine spätere Vornutzung zu einer signifikanten Zunahme der Energiedichte. Allerdings treten nur auf wenigen Standorten Unterschiede zwischen der Vornutzung im Juni und im Juli auf; die Wechselwirkung Vornutzung x Standort ist gesichert. Im vorletzten und letzten Winter ist die Interaktion Vornutzung x Winter-Erntetermin gesichert, denn auf einigen Flächen nehmen die Differenzen der Energiedichten zwischen den drei Vornutzungen bei späterer Winternutzung im Vergleich zur Nutzung im November ab. Mit Abstand der größte Einflussfaktor ist der Termin der Winternutzung (Tabelle 4). Mit späterer Nutzung im Winter nehmen die Energiedichten ab. Im Winter 2000/2001 wird bei den meisten Flächen ein signifikanter Abfall der Energiedichten erst bei der Nutzung im Januar festgestellt (Daten nicht dargestellt). Die Stärke der Abnahme der Energiedichte ist sowohl jahr- als auch standortbezogen unterschiedlich, so dass keine Rangfolge bezogen auf die Abnahme der Energiedichte und der Höhe der Energiedichte im Verlauf des Winters aufgestellt werden kann. Beim Erntetermin Januar werden mehrfach Energiedich-

Tabelle 5: Korrelationen (r) zwischen Ergosterol-Konzentrationen und Energiedichte in Abhängigkeit von Jahr und Standort (n = 27)

Table 5: Correlations (r) between ergosterol concentrations and energy value depending on year and site (n = 27)

Pflanzengesellschaft/ Höhenlage	Winter 99/00	Winter 00/01	Winter 01/02
<i>Lolio-Cynosuretum</i>	r	r	r
320 m über NN	-0,83	-0,87	-0,85
345 m über NN	-0,55	-0,78	-0,88
390 m über NN	-0,88	-0,92	-0,85
420 m über NN	-0,63	-0,66	-0,84
475 m über NN	-0,41	-0,71	-0,87
<i>Festuco-Cynosuretum</i>			
335 m über NN	-0,85	-0,84	-0,75
365 m über NN	-0,93	-0,59	-0,93
370 m über NN	-0,93	-0,69	-0,80
415 m über NN	-0,92	-0,53	-0,95
460 m über NN	-0,78	-0,69	-0,91

Flächen wesentliche Unterschiede. Die Varianzanalyse (Tabelle 4), stellt den Faktor Standort stets als wichtige Varianzursache heraus. Generelle Unterschiede in den Ergosterol-Konzentrationen zwischen *Lolio-* und *Festuco-Cynosureten* sind jedoch nicht vorhanden. Abbildung 1 und die Korrelationskoeffizienten in Tabelle 5 verdeutlichen, dass in allen drei Winterperioden auf der überwiegenden Zahl der Flächen ein enger Zusammenhang zwischen Energiedichte und Ergosterol-Konzentration be-

steht. Den abnehmenden Energiedichten durch Vorverlegung der Vornutzung in der Vegetationsperiode sowie durch Verschieben der Winternutzung stehen jeweils zunehmende Ergosterol-Konzentrationen gegenüber, wobei wiederum der Winternutzungstermin die dominierende Varianzursache darstellt (Tabelle 4). Eine Interaktion Vornutzung x Winter-Erntetermin, bezogen auf die Ergosterol-Konzentrationen, besteht nicht. Die Bedeutung des Vornutzungs- und Winternutzungstermins kann standortabhängig variieren; die Interaktionen Vornutzung x Standort und Winter-Erntetermin x Standort sind in allen Jahren hoch signifikant. Die Verschiebung der Vornutzung, vor allem aber der Nutzung im Winter bewirken eine wesentliche Reduzierung der Erträge (Tabelle 6). Unterschiede zwischen den Standorten sind dagegen weit weniger bedeutsam (Tabelle 4).

Abbildung 2 zeigt die Häufigkeiten und die jeweiligen Maximalkonzentrationen der Mykotoxine Ochratoxin A und Zearalenon. Im Vergleich der erfassten Winter lassen sich bezogen auf die Häufigkeiten und maximalen Konzentrationen keine Regelmäßigkeiten einzelner Standorte feststellen; Standorte mit hohen Konzentrationen in einem Jahr sind nicht zwangsläufig in anderen Jahren betroffen. Zearalenon wird nur in *Lolio-Cynosureten* nachgewiesen, Ochratoxin A wird in beiden Gesellschaften gefunden. Im Dezember 2001 sind weniger Flächen belastet als im gleichen Monat der Jahre 1999 und 2000.

Tabelle 6: TM-Erträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit von Vornutzung, Winternutzung, Gesellschaft und JahrTable 6: DM yield (dt ha⁻¹) depending on pre-utilization, winter utilization, plant community and year

Winternutzung Vornutzung	November			Dezember			Januar			x Ernte
	Juni	Juli	Aug.	Juni	Juli	Aug.	Juni	Juli	Aug.	
Winternutzung 1999/2000										
x <i>Lolio-Cynosureten</i>	20,9	15,8	10,3	11,9	8,9	6,1	5,5	4,2	3,0	9,6
x <i>Festuco-Cynosureten</i>	17,5	12,0	6,5	9,8	7,3	4,5	7,8	5,8	2,3	8,2
x Standort und Gesellschaft	19,2	13,9	8,4	10,9	8,1	5,3	6,6	5,0	2,7	8,9
GD (5%) Vornutzung/Winternutzung/Standort = 3,13										
Winternutzung 2000/2001										
x <i>Lolio-Cynosureten</i>	25,3	21,5	15,6	19,7	14,5	8,7	8,5	6,9	3,4	13,8
x <i>Festuco-Cynosureten</i>	27,0	23,4	14,7	20,8	17,9	10,4	11,2	10,2	4,8	15,6
x Standort und Gesellschaft	26,2	22,4	15,2	20,3	16,2	9,5	9,8	8,5	4,1	14,7
GD (5%) Vornutzung/Winternutzung/Standort = 6,79										
Winternutzung 2001/2002										
x <i>Lolio-Cynosureten</i>	22,4	17,8	10,5	15,1	11,9	6,3	6,1	3,8	1,5	10,6
x <i>Festuco-Cynosureten</i>	18,2	14,3	9,0	11,8	9,4	6,7	5,6	4,7	3,0	9,2
x Standort und Gesellschaft	20,3	16,0	9,8	13,5	10,6	6,5	5,9	4,3	2,3	9,9
GD (5%) Vornutzung/Winternutzung/Standort = 2,80										

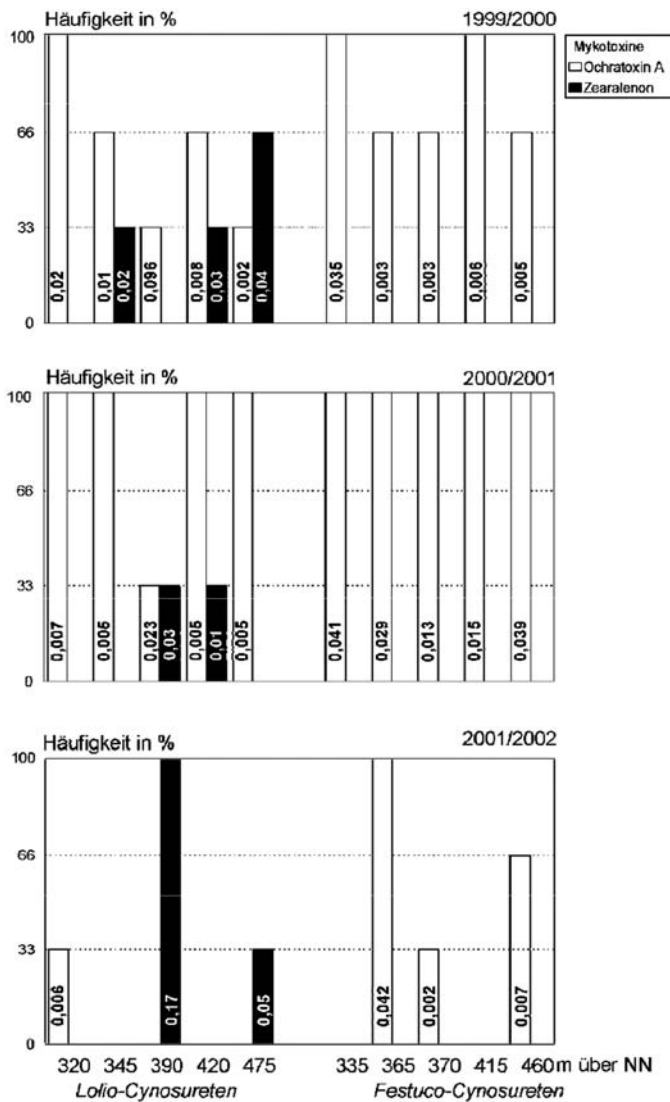


Abbildung 2: Häufigkeiten des Auftretens von Ochratoxin A- und Zearalenon der Vornutzung Juni und der Hauptnutzung Dezember sowie Maximalkonzentrationen [mg kg⁻¹ TM]
 Figure 2: Incidence and maximum concentrations [mg kg⁻¹ DM] of ochratoxin A and zearalenone in herbage pre-utilized in June and harvested in December

4. Diskussion

Die Ergosterol-Konzentration als Maß für die Verpilzung des Pflanzenmaterials nimmt mit fortschreitendem physiologischem Alter der Bestände zu. OPITZ v. BOBERFELD (1996) beschreibt diese Zunahme für eine *Arrhenatherion elatioris*-Gesellschaft in der Vegetationsperiode und OPITZ v. BOBERFELD und WOLF (2002) für *Festuca arundinacea*, *Festulolium* und *Lolium perenne* im Winter. *Lolio-Cynosureten*

und *Festuco-Cynosureten* weisen im Winter annähernd gleich hohe Konzentrationen auf. Je später die Bestände im Winter genutzt werden, desto höher ist die Konzentration an Ergosterol. Durch fortgeschrittene physiologische Alterung sind die Pflanzen anfälliger für eine Besiedelung durch Pilze. Besonders im zweiten Jahr, als im Herbst bis in den Dezember Temperaturen herrschten, die ein anhaltendes geringes Wachstum der Bestände ermöglichten, stieg die Konzentration bei den *Festuco-Cynosureten* erst zu der Ernte im Januar an. Das bestätigt die Aussagen von HOFFMANN et al. (1994) und SCHLÖSSER et al. (1997), nach denen vitale, im Wachstum begriffene Bestände widerstandsfähiger gegen die Besiedelung durch Pilze sind. Eine späte letzte Nutzung in der Vegetationsperiode führt zu physiologisch jüngeren Beständen als bei einer letzten Nutzung im Juni, wodurch die Ergosterol-Konzentrationen in diesen Varianten niedriger sind. Neben der größeren Vitalität sind die Wuchshöhen der Bestände durch die geringere Wachstumszeit niedriger, wodurch sie schneller abtrocknen, weniger stark zum Lagern neigen und deshalb nicht so schnell verrotten. Das Niveau der Ergosterol-Konzentration ist auf den Standorten unterschiedlich. Die höchsten Werte weist in allen drei Jahren die Fläche 390 m über NN (= *Lolio-Cynosuretum*) auf. Dieser Standort hat in der Vegetationsperiode mit 98 % den größten Gräseranteil, dominiert von dem Obergras *Alopecurus pratensis*, das durch hohe Biomasse und Horstbildung einen noch im Herbst dichten Bestand mit einem für die Pilzentwicklung offenbar förderlichem Mikroklima bildet. Kräuterreiche Bestände, wie das *Festuco-Cynosuretum* in 335 m ü. NN (= 48 % Kräuter in der Vegetationsperiode), sind im Winter aufgrund des anscheinend rascheren Abbaus vieler Kräuterarten in der Regel stärker von Vegetationslücken durchsetzt und trocknen infolgedessen nach Feuchteperioden rascher ab. Bedingungen, die den Luftaustausch im Bestand hemmen, begünstigen offenbar das Pilzwachstum. Im dritten Jahr stiegen die Ergosterol-Konzentrationen aufgrund der langen Schneedecke vor der Nutzung im Januar generell überdurchschnittlich an. Unter der Schneedecke bildet sich unabhängig vom Pflanzenbestand ein für die Pilze günstiges Mikroklima, das die Pflanzen anfälliger für Saprophyten macht (SCHLÖSSER, 1997). Der im Vergleich zum Jahr 1999 deutlich feuchtere Spätsommer und Herbst in den Jahren 2000 und 2001 dürfte die Wachstumsbedingungen für Pilze ebenfalls begünstigt haben. Es deutet sich überdies ein Trend an, demzufolge die Ergosterolkonzentration von Jahr zu Jahr zunimmt; dieser Trend ist auch bei WOLF (2002) für *Festuca arundinacea*-Aufwüchse erkennbar.

Durch den Verzicht auf eine oder mehrere Nutzungen im Sommer und Herbst werden bei Winterweidesystemen die Lebensbedingungen von Pilzen möglicherweise gefördert. Überproportional zunehmende Ergosterol-Konzentrationen im Verlauf der Untersuchungswinter ergeben sich dabei bei den Flächen, die zu Versuchsbeginn die geringsten Konzentrationen aufweisen. So gleichen sich die vergleichsweise niedrigen Ausgangswerte der Flächen 345 und 475 m über NN (*Lolio-Cynosureten*) bzw. 415 und 460 m über NN (*Lolio-Cynosureten*) in den folgenden Wintern – insbesondere im Januar – dem Niveau der übrigen Standorte an.

Im Verlauf des Sekundärstoffwechsels werden von vielen Pilzen Mykotoxine gebildet, offenbar hauptsächlich, wenn suboptimale Bedingungen vorherrschen (BOYENS, 2001). Für die Mykotoxine sind keine Varianzanalysen erstellt, sondern nur das Auftreten in den drei Wiederholungen jedes Standortes festgehalten worden. Die häufig vorkommenden Mykotoxine Zearalenon und Ochratoxin A wurden in den Varianten mit der Vornutzung Juni und dem Erntetermin Dezember untersucht. Zearalenon wird von einigen *Fusarium*-Arten gebildet, die als Feldpilze zu charakterisieren sind, sich von lebenden Pflanzen ernähren und eine höhere Feuchtigkeit als Lagerpilze, wie *Aspergillus* oder *Penicillium*, vertragen, die an trockenere Bedingungen angepasst sind (z. B. trockenes Erntegut). Eine erhöhte Toxinbildung von Zearalenon tritt nach THALMANN (1986) bei kühler und feuchter Witterung in der Vegetationsperiode auf. Zearalenon wurde während der ganzen Untersuchungszeit nur in *Lolio-Cynosureten* nachgewiesen. Der höchste Wert trat im letzten Jahr auf, in dem es kalt und feucht war, auf dem *Lolio-Cynosureten* 390 m über NN. Die geringsten Häufigkeiten des Auftretens von Zearalenon ergaben sich im Herbst des zweiten Untersuchungsjahres, in dem es warm und feucht war. OPITZ V. BOBERFELD und WOLF (2002) weisen Zearalenon häufiger in *Lolium perenne* als in *Festuca arundinacea* nach. Neben den Möglichkeiten einer leichteren Infektion kann auch ebenso das Mikroklima im Bestand für die Mykotoxinbildung verantwortlich sein. *Lolium perenne* bzw. *Lolio-Cynosureten* bilden im Vergleich zu *Festuca arundinacea* bzw. *Festuco-Cynosureten* meist dichtere Bestände mit planophilem Wuchs, die schlechter abtrocknen und somit die für die Bildung der Mykotoxine notwendige Feuchtigkeit länger vorhalten. Für die Bildung von Ochratoxin A, ein Mykotoxin der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, die zu den Lagerpilzen gehören, müssen offenbar andere Witterungsbedingungen vorherrschen. So tritt Ochratoxin A offenbar nach warmen, feuchten Phasen

häufiger in Erscheinung als nach einem kalten, feuchten Spätsommer. Ochratoxin A wird in beiden Pflanzengesellschaften nachgewiesen, dabei aber häufiger in den *Festuco-Cynosureten*. Der höchste Wert wurde im ersten Jahr, mit trockenen und kalten Phasen, analysiert. Die höchsten Werte sowohl von Zearalenon und Ochratoxin A wurden beide in einer Parzelle 390 m über NN gemessen. Die Mykotoxinbildner kommen meist nur nesterweise vor, denn es sind häufig nicht alle Wiederholungen eines Standortes mit Mykotoxinen befallen. Da es sich bei den untersuchten Proben um Mischproben des Aufwuchses der Gesamtparzellen handelt, ist nicht auszuschließen, dass punktuell deutlich höhere Mykotoxin-Konzentrationen auftreten können. Auch eine Zunahme der Mykotoxinbelastung im Januar und Februar ist wahrscheinlich, insbesondere nach der Schmelze einer längerfristigen Schneebedeckung. Ein direkter Zusammenhang zwischen Ergosterol und Mykotoxinen lässt sich, ebenso wie bei OPITZ V. BOBERFELD (1996), nicht belegen, denn besonders im letzten Jahr sind die Ergosterol-Konzentrationen im Dezember höher als in den anderen Jahren, aber das Auftreten von Mykotoxinen ist nur ganz vereinzelt nachweisbar. Darüber hinaus schlagen sich standortbedingte Unterschiede zwischen den Ergosterol-Konzentrationen, die in einigen Fällen über den gesamten Untersuchungszeitraum auftreten, nicht zwangsläufig in vergleichbaren Abstufungen in den Mykotoxin-Konzentrationen nieder. Auf Flächen, die in einzelnen Jahren die höchste Belastung aufweisen, sind oft im Folgejahr keine Mykotoxine mehr nachweisbar. Die Bewertung des Risikos toxischer Wirkungen beim Weidetier im Winter erweist sich folglich als schwer prognostizierbar. Das sporadische Vorkommen der Toxine erfolgt letztlich nach keinen erkennbaren Gesetzmäßigkeiten, jedoch muss davon ausgegangen werden, dass Bedingungen, die allgemein der Vermehrung von Pilzen förderlich sind, auch zu einer Zunahme potentieller Toxinbildner führen. In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass eine zu lange Schonung der Bestände – beginnend im Juni – das Aufkommen von Pilzen begünstigt und zu einer erheblichen Verringerung der Energiedichte beiträgt.

Die Zusammenhänge zwischen Verpilzungsgrad und Energiedichte sind, entsprechend Abbildung 1 und Tabelle 5, offensichtlich. Allerdings vermischen sich bei dieser Betrachtung verschiedene Ursachen: Zum einen wird jüngeres Futter, das in der Regel höhere Energiedichten aufweist, in geringerem Maße von Pilzen besiedelt, zum anderen tragen Pilze nach einer Infektion ihrerseits zum Abbau von Biomasse und vor allem leicht verdaulicher – und damit wertvoller – Bestandteile bei und führen zusätzlich zu

einem deutlichen Rückgang der Energiedichten. Der Winter 1999/2000 zeigt jedoch, dass auch in Jahren mit vergleichsweise niedrigem Pilzinfektionsdruck keine höheren Energiedichten im Winter vorhanden waren. In diesem Winter zeigte sich, dass andere Effekte, wie die Verlagerung von energiereichen Bestandteilen in Reserveorgane der Pflanzen, bakterieller Abbau und mechanisch verursachte Verluste (Bröckelverluste) einen erheblichen Einfluss auf die Futterqualitätsentwicklung im Winter haben können.

5. Schlussfolgerungen

Wenn auch die Prozesse, die nach der Vegetationsperiode zur Abnahme der Qualität des „Futters auf dem Halm“ führen, weiterer Untersuchungen bedürfen, so zeigt der enge Zusammenhang zwischen Ergosterol-Konzentration und Energiedichte, dass pflanzenbauliche Management-Maßnahmen, die akzeptable Energiedichten im Winter sicherstellen, auch das massenhafte Auftreten von Pilzen limitieren. In diesem Zusammenhang spielt hier, wie auch in Untersuchungen von OPITZ v. BOBERFELD und WOLF (2002), der Termin der letzten Vornutzung eine zentrale Rolle. Eine Schonung der Bestände ab Juni hat dabei im Vergleich zur letzten Nutzung im Juli oder August zwar deutlich höhere TS-Erträge aber gleichzeitig markante Abnahmen der Futterqualität (niedrige Energiedichte, starke Verpilzung) zur Folge. Da bei einer Vornutzung im August mit zu niedrigen Erträgen zu rechnen ist, bietet sich dabei der Juli weitgehend standortunabhängig als Kompromiss an, da dem Bestand auf diese Weise noch ausreichend Zeit zum Wachstum bis zur Nutzung im Winter bleibt.

Das Auftreten von Mykotoxinen ab Dezember unterstreicht die Notwendigkeit der nicht zu knappen Bemessung der Futterration, die das Ausselektieren von stark verdorbenem Futter ermöglichen sollte. Eine Futternutzung nach Dezember ist aufgrund niedriger Energie-, hoher Pilzdichten und stark zurückgehender Erträge in der Regel nicht angemessen. Hier müssen im vollen Umfang Konserven zum Einsatz kommen.

Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sei für die finanzielle Förderung der Arbeiten im Rahmen des SFB 299, Landnutzungskonzepte für periphere Regionen, gedankt.

Literatur

- ANONYMUS (1997): Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung. Verl. VDLUFA Darmstadt.
- ANONYMUS (1999): SPSS für Windows – Version 9.0.1. SPSS-Software, München.
- BARTHOLOMEW, H. M., S. L. BOYLES, B. CARTER, E. VOLLBORN, D. MILLER and R.M. SULC (1997): Experiences of eight Ohio beef and sheep producers with year-round grazing. Proc. 18th Intern. Grasl. Congr., Saskatoon, 29, 127–128.
- BAUER, U. (1996): Winterweide hilft Kosten sparen. Fleischrinder Journal 3, H (9), 18–20.
- BAUMANN, U. und B. ZIMMERLI (1988): Einfache Ochratoxin-A-Bestimmung in Lebensmitteln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 79, 151–158.
- BOEKER, P. (1957): Ganzjähriger Weidegang in Großbritannien durch Winterweide nach dem Foggage-System. Landw. Angew. Wiss. 67, 85–123.
- BOYENS, B. (2001): Zu den Effekten einer Zearalenonbelastung bei präpubertären Schweinen auf Uterusgewicht und renale Zearalenonausscheidung sowie protektiven Kapazitäten eines Zeolithzusatzes. Dissertation Universität Hannover.
- DEBLITZ, C., M. RUMP, S. KREBS und U. BALLIET (1993): Beispiele für eine standortangepasste Mutterkuhhaltung in Ostdeutschland. Tierzüchter 45 (9), 179–201.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 4. Aufl., Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FREEZE, B. S., W. D. WILLMS and L. RODE (1999): Economics of maintaining cow condition on fescue prairie in winter. J. Range Manage 52, 113–119.
- HALL, M. H., P. J. LEVAN, E. H. CASH, H. W. HARPSTER and S. L. FALES (1998): Fall-grazing management effects on production and persistence of tall fescue, perennial ryegrass, and prairie grass. J. Prod. Agric. 11, 487–491.
- HOFFMANN, G. M., F. NIENHAUS, H.-M. POEHLING, F. SCHÖNBECK, H. C. WELTZIEN und H. WILBERT (1994): Lehrbuch der Phytomedizin. 3. Aufl. Verl. Blackwell Wiss., Berlin.
- HÖLTERSINKEN, M., K. MAIWORM und H. SCHOLZ (1996a): Mykotoxikosen beim Rind – Probleme auch in Norddeutschland? Praktische Tierarzt 77, 26 (= Col. vet.), 9–14.
- HÖLTERSINKEN, M., U. PLITT, F. C. TAMMEN, P. HOFFMANN, M. STÖBER und H. SCHOLZ (1996b): Verände-

- rungen der Thiaminkonzentration im Pansensaft während der in vitro Fermentation von verschimmeltem Gras. Proc. Soc. Nutr., Göttingen, 5, 117.
- HÖLTERSINKEN, M., A. HÖHLING, D. BRUNKLAUS, P. HOFFMANN und H. SCHOLZ (2000): Einfluß von *Epicoccum nigrum* und *Alternaria alternata* auf die Pansenfermentation des Rindes (in vitro). Proc. 22nd Mykotoxin Workshop, Bonn, Mycotoxin Res. 16A (2), 187.
- JACOB, M. (2003): Ökonomische Analyse extensiver Verfahren der Mutterkuh- und Schafhaltung auf der Basis von Plankostenleistungsrechnungen. Dissertation Universität Gießen.
- KEUREN, R. W. VAN (1970): All-season grazing for beef cow. Ohio Agri. Res. Dev. Center. Research Summary No. 43, 1–13.
- KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort. Verl. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- MAIWORM, K., M. HÖLTERSINKEN und H. SCHOLZ (1995): Auswirkungen verdorbener Maissilage auf Fermentationsvorgänge im Pansensaft des Rindes (in vitro). Tierärztl. Umschau 50, 283–290.
- MENKE, K. H. und H. STEINGASS (1987): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 2. Mitteilung: Regressionsgleichungen. Übers. Tierern., 59–94.
- MÖLLER, D., F. KUHLMANN, W. OPITZ V. BOBERFELD, H. LASER und M. STERZENBACH (2002): Year-round outdoor stock keeping of suckler cows as a management strategy to conserve varied open landscapes. Grassl. Sci. Europe 7, 934–935.
- ÖZPINAR, H., G. AUGONYTE and W. DROCHNER (1999): Inactivation of ochratoxin in ruminal fluid with variation of pH-value and fermentation parameters in an in vitro system. Environment. Toxic. Pharmac. 7, 1–9.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1996): Qualitätsveränderungen einschließlich Mykotoxinproblematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*). Agribiol. Res. 49, 52–62.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. und D. WOLF (2002): Zum Effekt pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Qualität und Ertrag von Winterweidefutter. German J. Agron. 6, 9–16.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., P. C. THEOBALD and H. LASER (2003): Estimation of energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – a comparison of methods. Arch. Anim. Nutr. 57, 167–176.
- SCHLÖSSER, E. (1997): Allgemeine Phytopathologie. 2. Aufl. Verl. Georg Thieme, Stuttgart, New York.
- SCHWADOREF, K. and H.-M. MÜLLER (1989): Determination of Ergosterol in Cereals, Feed Components and Mixed Feed by Liquid Chromatography. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 72, 457–462.
- SEITZ, L. M., H. E. MOHR, R. BURRONGHS and S. SAUER (1977): Ergosterol as an indicator of fungal invasion in grains. Cereal Chem. 54, 1207–1217.
- STEINGASS, H. und K. H. MENKE (1986): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Mitteilung: Untersuchungen zur Methode. Übers. Tierernährung 14, 251–270.
- THALMANN, A. (1986): Fusarientoxine in Futtermitteln und Lebensmittelrohstoffen. Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg 14, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WOLF, D. (2002): Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. Dissertation Universität Gießen.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Opitz von Boberfeld, Dr. Katrin Wöhler und Privatdozent Dr. Harald Laser, Institut für Grünlandwirtschaft und Futterbau, Universität Gießen, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen; e-mail: wilhelm.opitz-von-boberfeld@agrar.uni-giessen.de

Eingelangt am 29. November 2004

Angenommen am 18. Juli 2005