

Aus dem  
Institut für Tierernährung  
des Fachbereiches Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

**Untersuchungen zur  
Nähr- und Mineralstoffversorgung  
von  
Mutterkuhherden  
auf ausgesuchten Standorten in  
Mecklenburg-Vorpommern**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Hildegard Terörde  
Tierärztin aus Wesel

Berlin 1997

Journal-Nr. 2057

GEDRUCKT MIT GENEHMIGUNG  
DES FACHBEREICHES VETERINÄRMEDIZIN  
DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

Dekan: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung

Erster Gutachter: Priv.-Doz. Dr. K. Männer

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. W. Hofmann

Tag der Promotion: 31.10.1997

# INHALTSVERZEICHNIS

Seite

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>7</b>
<b>2 SCHRIFTTUM</b>	<b>9</b>
2.1 Mutterkuhhaltung	9
2.2 Extensive Weiden	12
2.3 Mineralstoffe	16
<u>2.3.1 Allgemeine Darstellung der Mineralstoffe</u>	16
<u>2.3.2 Physiologie und Bedarf</u>	20
2.3.2.1 Mengenelemente:	20
2.3.2.1.1 Natrium	20
2.3.2.1.2 Kalium	23
2.3.2.1.3 Magnesium	26
2.3.2.1.4 Kalzium	30
2.3.2.1.5 Phosphor	33
2.3.2.1.6 Schwefel	36
2.3.2.2 Essentielle Spurenelemente	39
2.3.2.2.1 Kupfer	39
2.3.2.2.2 Eisen	44
2.3.2.2.3 Zink	48
2.3.2.2.4 Mangan	51
2.3.2.2.5 Selen	54
2.3.2.2.6 Molybdän	59
2.3.2.3 Akzidentelle Spurenelemente	63
2.3.2.3.1 Cadmium	63
2.3.2.3.2 Blei	65
2.3.2.3.3 Kobalt	66
2.4 Energie und organische Nährstoffe	69

<b>3 EIGENE UNTERSUCHUNG</b>	<b>75</b>
3.1 Material	75
<u>3.1.1 Tiere</u>	75
<u>3.1.2 Weidestandorte</u>	77
<u>3.1.3 Probenmaterial</u>	77
3.2 Methoden	78
<u>3.2.1 Botanische Zusammensetzung und Weideertrag</u>	78
<u>3.2.2 Zootechnische Leistungen</u>	78
<u>3.2.3 Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte im Weideaufwuchs</u>	79
<u>3.2.4 Mineralfutter: Aufnahme und Mineralstoffgehalte</u>	79
<u>3.2.5 Tränkewasser: Aufnahme und Mineralstoffgehalte</u>	80
<u>3.2.6 Bilanzierung der täglichen Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen</u>	80
<u>3.2.7 Blut- und Speichelanalysen</u>	81
<u>3.2.8 Statistik</u>	81
3.3 Ergebnisse	82
<u>3.3.1 Weideertrag und botanische Zusammensetzung</u>	82
<u>3.3.2 Mineralfutteraufnahme</u>	84
<u>3.3.3 Trockensubstanz-, Wasseraufnahme und Milchleistung</u>	84
<u>3.3.4 Lebendmasse und Lebendmassezuwachs der Kälber</u>	87
<u>3.3.5 Lebendmasse der Mutterkühe</u>	88
<u>3.3.6 Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte im Weideaufwuchs</u>	89
<u>3.3.7 Mineralstoffgehalte im Mineralfutter</u>	106
<u>3.3.8 Mineralstoffgehalte im Tränkewasser</u>	106
<u>3.3.9 Tägliche Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen</u>	107
<u>3.3.10 Blut- und Speichelproben</u>	116

<b>4 DISKUSSION</b>	<b>125</b>
4.1 Kritik der Methoden	125
4.2 Weidestandorte	127
4.3 Zootechnische Leistungen	128
4.4 Energie- und Nährstoffversorgung	131
4.5 Mineralstoffversorgung	135
<u>4.5.1 Mengenelemente</u>	135
<u>4.5.2 Spurenelemente</u>	142
<u>4.5.3 Akzidentelle Spurenelemente</u>	152
<b>5 SCHLUßFOLGERUNGEN</b>	<b>155</b>
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>157</b>
<b>7 SUMMARY</b>	<b>160</b>
<b>8 LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>163</b>
<b>9 ANHANG</b>	<b>206</b>

## Verzeichnis Häufig Verwendeter Abkürzungen

a.p.	ante partum
Ca	Kalzium
Cd	Kadmium
Co	Kobalt
Cu	Kupfer
dt	Dezitonnen
Fe	Eisen
ha	Hektar
K	Kalium
$k_{p+f}$	Teilwirkungsgrad für Protein- und Fettansatz
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezuwachs
ME	Umsetzbare Energie
Mg	Magnesium
MJ	Megajoule
Mn	Mangan
Mo	Molybdän
Na	Natrium
NEL	Nettoenergie Laktation
NfE	N-Freie Extraktstoffe
oS	organische Substanz
P	Phosphor
Pb	Blei
ppb	$\mu\text{g}/\text{kg}$
ppm	$\text{mg}/\text{kg}$
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
S	Schwefel
Se	Selen
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
Zn	Zink

# 1 Einleitung

Die extensive Mutterkuhhaltung gewinnt in Deutschland trotz rückläufigen Viehbestandes zunehmend an Bedeutung (WEIHER 1994).

Sie ist hierzulande ein relativ junges landwirtschaftliches Produktionsverfahren und steht im Zusammenhang mit der 1984 einsetzenden Milchquotenregelung, der fortschreitenden Verringerung der Viehbestände und damit freiwerdenden Futter- und Grünlandflächen (GOLZE 1995b).

Aufgrund ihres vergleichsweise geringen Leistungsniveaus kann durch Mutterkühe extensiv bewirtschaftetes Grünland hervorragend verwertet und dabei gleichzeitig ein wichtiger Beitrag zur Landschaftspflege geleistet werden. Im Vergleich zur Intensivweide zeichnet sich die extensiv bewirtschaftete Weide durch Verringerung oder Auslassung von Grünlandpflege und Düngung sowie einer Rücknahme der Schnitthäufigkeit mit verspäteter erster Nutzung aus. Dies hat negative Auswirkungen auf die Höhe des Weideertrages und aufgrund der veränderten botanischen Zusammensetzung auch auf die Futterqualität (WOLF u. BRIEMLE 1989). Aus ökologischen wie wirtschaftlichen Gründen steht den Mutterkühen und Kälbern häufig ausschließlich der Grünlandaufwuchs als Futterquelle zur Verfügung. Deshalb muß geklärt werden, inwieweit diese eine bedarfsdeckende Versorgung mit Nähr- und Mineralstoffen gewährleisten kann. Ein Mangel bzw. eine Unterversorgung kann Herdenfruchtbarkeit und Leistung beeinträchtigen und somit die Wirtschaftlichkeit dieser Haltungsform in Frage stellen (THOMAS et al. 1981a; PHILLIPPO et al. 1985).

Über die Versorgungslage von Mutterkühen und deren Kälbern bei Beweidung extensiv bewirtschafteten Grünlandes liegen nur wenige Untersuchungsergebnisse vor.

Extensivweiden weisen, je nach Ursprung des bodenbildenden Materials, dem Grad der Extensivierung und dem natürlichen Nährstoffgehalt des Bodens erhebliche Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung und damit auch in der Futterqualität auf. Bei großer floristischer Artenvielfalt mit einem hohen Anteil an Kräutern und Leguminosen wurde tendenziell eine größere Nutzungselastizität mit höheren Gehalten an Kalzium und Magnesium sowie geringeren Protein- und Energiegehalten festgestellt (JILG u. BRIEMLE 1993; RODEHUTSCORD et al. 1994).

ANKE et al. (1994c) untersuchte die Bedeutung der Spurenelemente für extensiv gehaltene Weiderinder. Nach seinen Ergebnissen ist eine Zufütterung von Mineralfutter nötig, da die Weiden den Bedarf an Kupfer, Mangan, Zink und Kobalt nicht decken können.

Eine allgemeingültige Empfehlung für die Mineralstoffsupplementierung bei Mutterkühen liegt in der Literatur nicht vor. Vielmehr sollte nach KÄDING et al. (1993) und KÜHBAUCH et al. (1994) gerade bei extensiviertem Grünland der Aufwuchs analysiert werden, um dann ein betriebsspezifisches, besser noch ein weidespezifisches Mineralfutter einsetzen zu können.

Mit der vorliegenden Arbeit sollen weitere Erkenntnisse darüber gewonnen werden, mit welchen Gehalten an Energie, Mineral- und Nährstoffen im Aufwuchs von extensiv bewirtschafteten Weiden gerechnet werden kann und wie sich diese Gehalte während der Weidesaison verändern. Dazu wurden fünf verschiedene Grünflächen eines Niedermoorstandortes mit unterschiedlichen Schwemmsandanteilen im Naturschutzpark Mecklenburg-Vorpommern, die als Mähstandweiden genutzt wurden und seit sechs Jahren extensiv bewirtschaftet werden, auf Ertragsleistung, botanische Zusammensetzung und Inhaltsstoffe sowie hieraus abgeleitet der Versorgungsstatus der Mutterkühe untersucht.

## 2 Schrifttum

### 2.1 Mutterkuhhaltung

Unter Mutterkuhhaltung versteht man eine Art der Fleischrinderhaltung zur Kälbererzeugung ohne Milchgewinn (STOCKINGER et al. 1994). Die Kälber werden nicht von den Muttertieren getrennt und zehn bis elf Monate, bis zum Ende der Laktation, gesäugt (HAMPEL 1994).

Nach STOCKINGER et al. (1994) bestimmen Betriebsstruktur, Standortbedingung, Futtergrundlage und Absatzmöglichkeit das Produktionsverfahren:

- Produktion von Absetzern bzw. Fressern, die im Alter von ca. neun Monaten an Rindermastbetriebe verkauft werden.
- Ausmast aller nicht zur Bestandsergänzung benötigten Absetzer.
- Produktion von zehn Monate alten Milchmastrindern (Naturabeef) oder ausgemästeten Rindern, in Verbindung mit der Direktvermarktung.
- Produktion von Zuchtvieh.
- Eine Kombination der oben aufgeführten Möglichkeiten.

*Tab. 2-1: Produktionsverfahren der Mutterkuhhaltung  
(STOCKINGER 1994)*

Hierbei macht man sich die Vorteile der Mutterkuhhaltung zunutze. Es kommt zu einer Entlastung des Milchmarktes, Rindfleischimporte können ersetzt werden, Grünlandflächen umweltverträglich und sinnvoll genutzt werden bis hin zur Landschaftspflege (GOLZE 1995b; JENTER u. EGER 1995). Weiterhin besteht ein geringerer Arbeitsaufwand als in der Milchviehhaltung (BUCHWALD 1995).

Nach WITTEMANN (1994) wird die positive Entwicklung in den letzten Jahren durch die steigende Nachfrage der Verbraucher nach qualitativ hochwertigen und naturnah erzeugten Produkten forciert.

Folgende Zahlen spiegeln diesen Trend wieder: Während 1989 der Anteil der Mutterkühe noch 0,4% des Gesamtrinderbestandes ausmachte (Ostdeutschland <0,1%), waren es 1995 schon 10% (Ostdeutschland bis zu 18%) (GOLZE 1995b).

Ein ähnlicher Anstieg wurde von WEIHER (1994) auch für Mecklenburg-Vorpommern dargelegt:

<b>Anzahl Mutterkühe (1000 Stück)</b>				
Region	1990	1993	1990/1993 %	% vom Gesamtkuhbestand 1993
Deutschland	<b>209,6</b>	<b>441,5</b>	<b>210,6</b>	<b>7,6</b>
alte Bundesländer	165,8	321,7	194,0	6,9
neue Bundesländer	43,8	119,8	273,5	10,2
Schleswig-Holstein	19,4	37,9	195,4	8,1
Nordrhein-Westfalen	34,1	57,2	167,7	10,2
Bayern	18,9	49,1	259,8	3,0
Brandenburg	11,3	34,5	300,0	12,7
Mecklenburg-Vorpommern	9,5	36,7	386,3	12,7

*Tab. 2-2: Mutterkuhbestände in Deutschland und ausgewählten Bundesländern (WEIHER 1994)*

Die Mutterkuhhaltung stellt geringe Ansprüche an Arbeitskräfte und Maschinen (HAMPEL 1994). Voraussetzung sind allerdings große zusammenhängende Grünflächen, wobei auch extensive, ertragsarme Flächen bei entsprechender Anpassung von Tierbesatz und Rasse genutzt werden können (WOLF et al. 1989; ZIEBARTH 1995). Für die Winterstallhaltung eignen sich vorhandene Gebäude, die nur geringer Modifikationen bedürfen.

Aufgrund der in den letzten Jahren spürbar gesunkenen Preise für Schlachtrinder und Absetzer bei gleichzeitig steigenden Kosten für die meisten Betriebsmittel ist die Verdienstspanne in der Mutterkuhhaltung sehr eng geworden und das Produktionsverfahren ohne Subventionen kaum wirtschaftlich. In diesem Zusammenhang sind vor allem die EU-Mutterkuhprämie einschließlich Ergänzungsbeiträgen für extensive Viehhaltung, Prämien für männliche Rinder sowie weitere flankierende, z.T. landesspezifische Unterstützungen, wie das Landesprogramm zur Förderung einer extensiven Grünlandbewirtschaftung, zu nennen (MÜLLER 1992; HAMPEL 1994; DAHMEN 1994).

Die Wirtschaftlichkeit der Mutterkuhhaltung ist im wesentlichen davon abhängig, daß der Arbeitsaufwand minimiert, die Kosten reduziert und das Produktionsverfahren so exakt wie möglich gestaltet wird.

Da das abgesetzte Kalb das Hauptprodukt der Mutterkuhhaltung darstellt, bestimmen nach GOLZE (1995c) vor allem eine gute Herdenfruchtbarkeit,

kompliationslose Geburten, eine verlustlose Aufzucht und hohe Absatzgewichte das wirtschaftliche Ergebnis.

Der Einfluß von Aufzucht- und Abkalberate auf den Deckungsbeitrag ist so gravierend (s. Tabelle 2-3), daß nur bei einer Abkalberate von 100% und einer Aufzuchttrate von 95% ausreichend rentabel produziert werden kann (GOLZE 1995b).

Abkalberate	Aufzuchttrate	Leistungen je Kuh des Jahresdurchschnittbestandes		
		Ertrag %	Kosten %	Deckungsbeitrag %
100	95	100	100	100
95	95	96,3	100	89
90	95	92,6	99	80

Tab. 2-3: Auswirkungen der Abkalbe- und Aufzuchttrate auf ökonomische Kennziffern der Mutterkuhhaltung (GOLZE 1995b)

Als Faustregel gilt in der Mutterkuhhaltung also die Forderung: ein Kalb pro Kuh und Jahr (GOLZE 1996a). Dementsprechend sollten auch Mutterkühe, die bei Weideabtrieb nicht tragend sind, ausgemerzt werden. Die Stall- und Futterkosten sind zu hoch, sie leer durch den Winter zu füttern. Für die Auswahl der Bullen bedeutet dies, daß besonderer Wert auf Vererbung von Leichtkalbigkeit, kleinen Kälbern und guter Fruchtbarkeit zu legen ist (DEBLITZ u. RUMPF 1993; WINTERSPERGER 1994).

Die entscheidenden Produktionsfaktoren in der Mutterkuhhaltung sind also eine gute Herdenfruchtbarkeit, hohe Aufzuchttraten und Lebendmasseentwicklung der Kälber (GOLZE 1996a). Einen entscheidenden Einfluß auf diese Parameter hat die qualitativ und quantitativ bedarfsdeckende Fütterung (THOMAS et al. 1981a; PHILLIPPO et al. 1985; ANKE et al. 1994c). Je besser der Futterbedarf mit dem jeweiligen Futterangebot übereinstimmt, um so günstiger fallen auch die reproduktiven und produktiven Merkmale aus (GOLZE 1995d). Da Fütterungs- und Haltungsbedingungen arbeits- und kostenintensiv gestaltet werden müssen, ist eine Mutterkuhhaltung jedoch nur auf extensivem Grünland sinnvoll, für dessen Nutzung und Pflege der Landwirt entlohnt wird (GOLZE 1996b). Dies sind nach HAMPEL (1994) meist ertragsärmere, für die pflanzliche Produktion weniger geeignete Flächen, wie etwa Moor- oder Sandböden, die oft nur eine marginale oder mangelhafte Versorgung mit bestimmten Mineralstoffen sicherstellen, wie etwa Kupfer und Selen (ANKE et al. 1994c).

Durch fehlende Düngerausbringung - häufig eine Auflage des Landschaftschutzes - wird dieser Mangel noch verschärft. Hieraus wird ersichtlich, daß für

ein erfolgreiches Herdenmanagement Kenntnisse über die Höhe des Weideertrages und die Qualität des Futters unerlässlich sind. Nur unter Berücksichtigung der weidespezifischen Gegebenheiten können nutritiv bedingte Beeinträchtigungen und damit wirtschaftliche Einbußen vermieden werden.

## **2.2 Extensive Weiden**

Für eine effektive Nutzung extensiv bewirtschafteten Grünlandes sind Detailkenntnisse der Extensivierungsursachen sowie deren Auswirkungen unerlässlich: Einerseits sind die Folgen der intensiven, industriell betriebenen Grünlandwirtschaft der letzten Jahre, wie Trinkwasserbelastung mit Nitrat bzw. Pflanzenschutzmittelrückständen und die Abnahme der Artenvielfalt (WOLF u. BRIEMLE 1989; MÜLLER 1992), andererseits ist die ökologische Funktion des Grünlandes für den Naturhaushalt wie für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt (SCHWÖPPE u. SCHWÖPPE 1992), die Bodenfruchtbarkeit und den Trinkwasserschutz sowie sein Erholungswert für die Bevölkerung (JILG u. BRIEMLE 1993) zu berücksichtigen. So werden die Forderungen nach einer Extensivierung von Grünland im Sinne einer Rücknahme des Aufwandes an Düngemitteln und Grünlandpflege sowie einer verminderten Nutzungshäufigkeit immer dringender (WOLF u. BRIEMLE 1989; KÄDING et al. 1993; RODEHUTSCORD et al. 1994; KÜHBAUCH et al. 1994). Auf einer verarmten Intensivweide wachsen heutzutage nur noch ungefähr ein Drittel der Pflanzenarten der Ausgangsform (KÜHBAUCH et al. 1994). Meist überwiegen dabei drei bis fünf Wirtschaftsgräser (ZIEBARTH 1995). Ursache für diesen Rückgang botanisch wertvoller Grünlandgesellschaften und Vereinheitlichung der Pflanzenbestände sind vor allem Entwässerungsmaßnahmen, Nutzungsintensivierung und Boden-Eutrophierung durch Düngung (WOLF u. BRIEMLE 1989; JILG u. BRIEMLE 1993; KÜHBAUCH et al. 1994). Von den 1000 im Grünland vorkommenden Pflanzenarten in Deutschland sind nach WOLF und BRIEMLE (1989) 28%, nach JILG und BRIEMLE (1993) bzw. LÖLF (1986) sogar schon 34% in ihrem Bestand gefährdet.

Den Zusammenhang zwischen Bewirtschaftungsintensität, Anzahl der Schnittnutzungen, den durchschnittlichen Erträgen und der Pflanzenvielfalt gibt Abbildung 2-1 nach WOLF und BRIEMLE (1989) wieder:

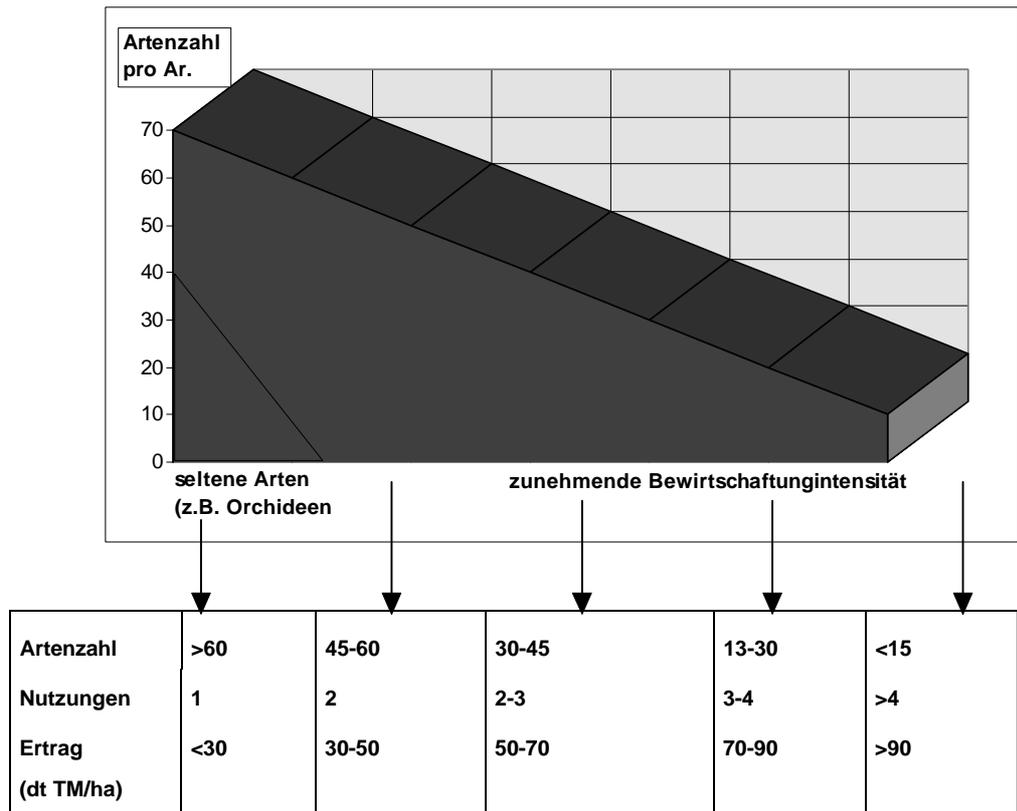


Abb. 2-1: Zahl der Pflanzenarten einer Wiese in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität (WOLF und BRIEMLE 1989)

Inzwischen sind in verschiedenen Bundesländern Modelle zur Extensivierung von geeignetem Grünland angelaufen, wie etwa in NRW das Feuchtwiesenschutzprogramm (MURL 1987) oder das Mittelgebirgsprogramm (MURL 1986). Solche Programme schreiben vor allem eine Rücknahme oder sogar einen vollständigen Verzicht auf Düngemittel und eine eingeschränkte, meist verspätete erste Schnittnutzung vor (DAHMEN u. KÜHBAUCH 1990; RODEHUTSCORD et al. 1994; VERCH u. KÜHBAUCH 1994).

Es gibt jedoch vielfältige extensive Bewirtschaftungsformen und Intensitätsstufen, die nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten für den jeweiligen Standort abzuwägen sind. Mehrere Jahre müssen angesetzt werden, bis sich ein neues Gleichgewicht in der Zusammensetzung der Grünlandnarbe und somit auch der Ertragsfähigkeit und Futterqualität einstellt (WOLF u. BRIEMLE 1989; KÄDING 1991; KÜHBAUCH et al. 1994). Nach KÜHBAUCH et al. (1994) ist die Reaktion des Grünlandes auf die Extensivierung jeweils unterschiedlich und nicht vorherzubestimmen. Dies hängt von komplexen Wechselwirkungen zwischen noch vorhandenem Samenpotential, Art und Zeitpunkt der Nutzung, Grundwasserspiegel, Witterung usw. ab.

Die Nutzungsumstellung hat zu einem Folgen für die Ertragsleistung des Grünlandes (KÄDING 1991; RODEHUTSCORD et al. 1994). Bei einer extensiv bewirtschafteten Weide ist nur noch mit ca. 50% (ANKE et al. 1994c) bis 60% (RODEHUTSCORD et al. 1994) der Erträge einer konventionellen intensiv bewirtschafteten Weide zu rechnen (s. Abbildung 2-1). Dies ist aber wiederum stark standortspezifisch und läßt sich nicht verallgemeinern. So kann der Humusanteil des Bodens mit einer entsprechend hohen N-Nachlieferung und natürlichen Nährstoffversorgung die Höhe des Weideertrages gravierend beeinflussen (ROSENTHAL et al. 1985).

Zum anderen führt die Nutzungsumstellung zu einer Veränderung der botanischen Zusammensetzung bzw. Artenvielfalt des Grünlandes (KÜHBAUCH 1987; KLAPP 1971; KÜHBAUCH et al. 1994). Infolge der verminderten Schnitthäufigkeit werden Pflanzen, die sonst zwischen zwei Schnitten nicht zur Samenreife kamen und dadurch immer mehr verdrängt wurden, gefördert (JILG u. BRIEMLE 1993; ZIEBARTH 1995). So zeigten Versuche von VERCH und KÜHBAUCH (1994), daß auf feuchten Weidelgras-Weißkleeweidern (*Lolium-Cynosuretum*) bei extensiver Bewirtschaftung der Anteil von Weißklee stark zunahm, während der bisherige Hauptbestandbildner, das Deutsche Weidelgras, zurückgedrängt wurde. Ähnliche Ergebnisse erbrachten auch die Untersuchungen von DAHMEN und KÜHBAUCH (1990), SPATZ und BAUMGARTNER (1990), MÜLLER (1992), TILLMANN (1992) sowie KÜHBAUCH et al. (1994).

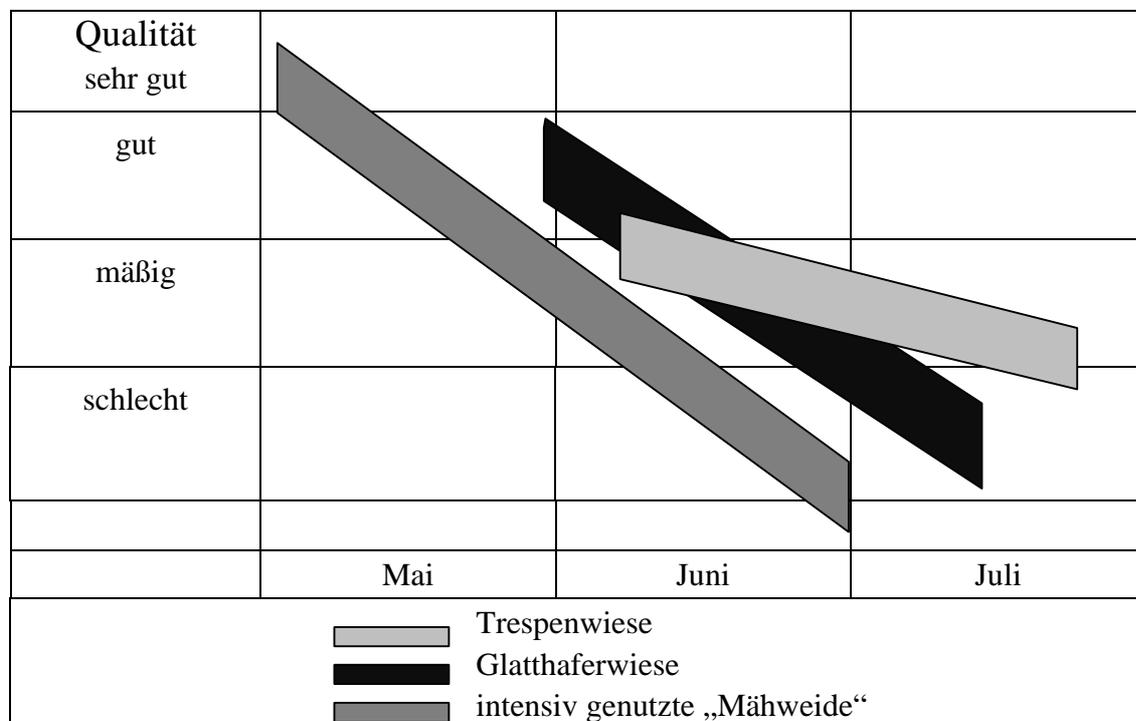


Abb. 2-2: Abnahme der Heuqualität verschiedener Wiesentypen mit zunehmender Alterung (WOLF und BRIEMLE 1989)

Bei höherer Artenvielfalt mit steigendem Anteil an Kräutern und Leguminosen sind die Bestände nutzungselastischer, d.h. sie weisen auch im älteren Stadium noch einen guten Futterwert auf (SPATZ u. BAUMGARTNER 1990). Das Ausmaß der botanischen Veränderung wird jedoch auch wiederum von der natürlichen Produktivität eines Standortes beeinflusst. Bei hoher natürlicher Nährstoffversorgung kommt es nicht zur erwünschten Umstellung der botanischen Zusammensetzung (ROSENTHAL et al. 1985), und der weiterhin sehr grasreiche Bestand liefert bei verspäteter erster Schnittnutzung ein rohfaserreiches, überständiges Futter (OPITZ VON BOBERFELD 1989; MÜLLER 1992).

So günstig die Folgen einer Extensivierung aus ökologischer Sicht sind, so kritisch müssen sie jedoch aus ernährungsphysiologischer Sicht betrachtet werden, da die veränderte Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft auch die Qualitätsparameter des Aufwuchses beeinflusst (SPATZ u. BAUMGARTNER 1990; TILLMANN 1992; VERCH u. KÜHBAUCH 1994).

Besonders bei verspäteter erster Nutzung sinken die Energie-, Protein- und Mineralstoffgehalte des Aufwuchses. Die Verdaulichkeit nimmt ab und die Verwendung ist nur noch mit Einschränkungen möglich (WOLF u. BRIEMLE 1989; JILG u. BRIEMLE 1993).

Die Qualitätseinbußen des Aufwuchses sind jedoch in starkem Maße weidespezifisch. So kann es je nach Standortbedingung und Grad der Extensivierung zur Förderung von wertvollen Kräutern wie Spitzwegerich, Schafgarbe, Bibernelle und Wiesenkopf oder aber zur Förderung von Arten mit geringem Futterwert oder gar toxischen Inhaltsstoffen wie Seggen- und Binsenarten, Schachtelhalmen, Kratzdisteln und Storchenschnabel kommen (WOLF u. BRIEMLE 1989).

Für die Mutterkuhhaltung ist besonders die damit verbundene Veränderung des Mineralstoffgehaltes bedeutsam. So weisen Kräuter teilweise einen erhöhten Kalzium-, Magnesium- oder auch Kalium- und Phosphorgehalt auf (SPATZ u. BAUMGARTNER 1990).

Diese Ausführungen machen deutlich, wie komplex die Wechselwirkungen sind, die bei einer Extensivierung den Futterwert des Aufwuchses bestimmen. Ernährungsseitig ist besonders der Mineralstoffgehalt betroffen. Deshalb wird im nachfolgenden kurz auf die Bedeutung der einzelnen Mineralstoffe eingegangen.

## 2.3 Mineralstoffe

### 2.3.1 Allgemeine Darstellung der Mineralstoffe

Für die Sicherstellung einer optimalen Fruchtbarkeitsleistung spielt die Mineralstoffversorgung eine besondere Rolle. GÜNTHER (1991) bezeichnet Fertilitätsstörungen als Frühwarnsystem des weiblichen Organismus. Die physiologisch-endokrinen Prozesse im Genitalbereich erfordern eine optimale Nährstoffversorgung hinsichtlich Qualität und Quantität und jede mineralische Imbalanz wirkt sich zuerst auf die Fruchtbarkeit aus.

Die für Wiederkäuer essentiellen Mineralstoffe sind in folgender Tabelle aufgelistet, wobei Elemente mit besonderer Bedeutung für die Fruchtbarkeit unterstrichen und die mit toxikologischer Bedeutung eingeklammert sind:

Mengenelemente				Spurenelemente				
<u>Na</u>	<u>P</u>	<u>Mg</u>	Cl	Fe	Co	Mo	J	(F)
K	Ca	S		<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	Se	<u>Zn</u>	(Pb)

Tab. 2-4: Essentielle Mineralstoffe in der Wiederkäuerernährung (GÜNTHER 1991)

Eine mineralische Fehlernährung besteht nicht nur in einer Unter- oder Überversorgung, sondern auch in einer Imbalanz zwischen den Elementen. Diese vielfältigen Interaktionen sind in folgender Abbildung dargestellt:

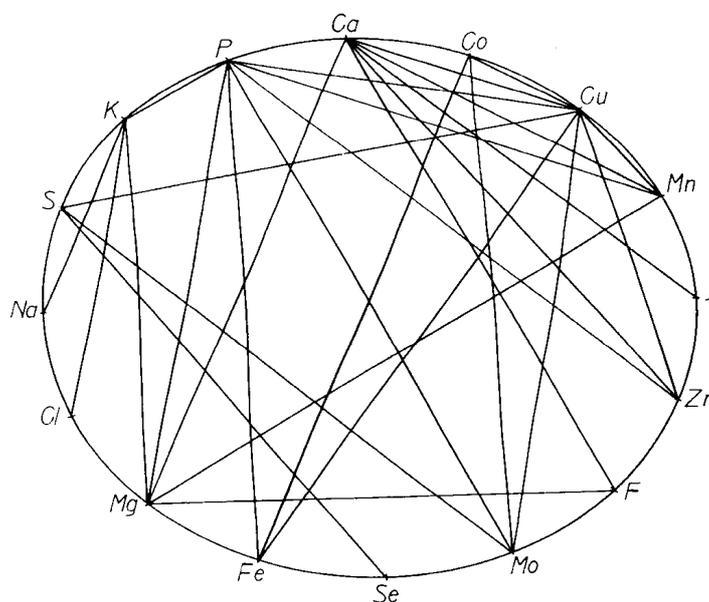


Abb. 2-3: Mineralstoff- und Spurenelementinteraktionen (WIESNER 1970)

Ein kurzzeitiges Defizit bleibt oft unbemerkt, da der Körper zur Aufrechterhaltung der Homöostase kurzzeitig in der Lage ist, die Exkretion einzuschränken und Reserven zu mobilisieren. Bleibt dieses Defizit jedoch länger bestehen, so kann es zunächst zu unspezifischen Leistungsdepressionen und Gesundheitsstörungen, später dann zu typischen klinischen Mangelsymptomen kommen, wobei häufig Fortpflanzungsfähigkeit und Wachstum negativ beeinflusst werden.

Je nach Zufuhr unterscheidet KIRCHGESSNER (1987a) zwischen folgenden Versorgungslagen:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. Mangelhafte Versorgung: | gekennzeichnet durch klinische Symptome   |
| 2. Suboptimale Versorgung: | biochemische Veränderungen im Stoffwechsel gegenüber dem Optimalzustand, jedoch ohne klinische Symptome |
| 3. Optimale Versorgung:    | gewährleistet volle Gesundheit und Leistungsfähigkeit   |
| 4. Subtoxische Versorgung: | gekennzeichnet durch biochemische Veränderungen im Stoffwechsel; noch ohne klinische Symptome           |
| 5. Toxische Zufuhr:        | gekennzeichnet durch klinische Symptome   |

Tab. 2-5: Klassifizierung der Versorgungslagen (KIRCHGESSNER 1987a)

Eine Besonderheit stellt bei den Spurenelementen der Bereich der pharmakodynamischen Wirkung dar:

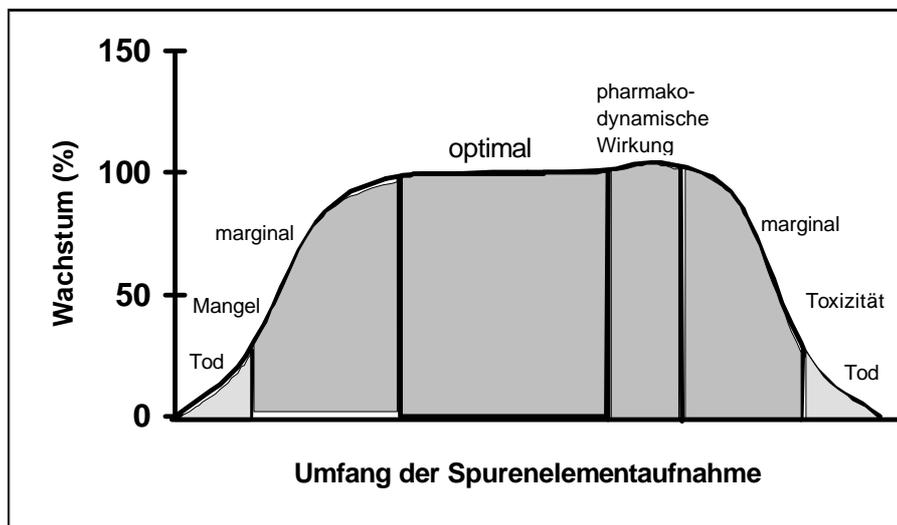


Abb. 2-4: Abhängigkeit des Wachstums vom Spurenelementangebot (ANKE 1993)

Bei den Mangelversorgungen unterscheidet man zwischen einem primären und einem sekundären Mangel. Bei primärem Mangel liegt eine echte Unterversorgung mit dem entsprechenden Element vor, während es sich bei einem sekundären Mangel um einen sogenannten induzierten Mangel handelt. Ein anderes Element liegt im Überschuß vor und verhindert die Absorption oder Verstoffwechslung des Elementes, so daß es trotz ausreichender Zufuhr nach Erschöpfung der Körperreserven zu Mangelercheinungen kommen kann.

Um den Versorgungsstatus der Tiere zu beurteilen, bietet sich zum einen die Analyse des aufgenommenen Futtermittels an. Auf diese Art erhält man auch Hinweise auf die Anwesenheit von Antagonisten. Unter Berücksichtigung der quantitativen Futteraufnahme und des Mineralstoffgehaltes läßt sich bei Gegenüberstellung mit den Bedarfsempfehlungen feststellen, ob Mangel- oder Überschußlagen bzw. Imbalanzen vorliegen. Dementsprechend kann die erforderliche Supplementierung berechnet und eingestellt werden (GÜNTHER 1991).

Zum anderen eignen sich je nach Element für die Beurteilung der Mineralstoffversorgung die Analyse von Blutplasma, Speichel und Harn (GÜNTHER 1991; GROPPPEL 1995a). In der folgenden Tabelle wurden mit „+“ geeignete und mit „-“ ungeeignete diagnostische Parameter gekennzeichnet:

Element	Untersuchung von				
	Boden	Futter	Blutplasma	Speichel	Harn
Natrium	-	+	-	+	+
Kalium	+	+	-	-	-
Kalzium	-	+	-	-	-
Phosphor	-	+	-	+	-
Magnesium	+	+	-	-	+
Kupfer	+	+	+	-	-
Eisen	+	+	-	-	+
Zink	+	+	-	-	-
Mangan	+	+	-	-	-
Selen	+	+	+	-	-
Molybdän	+	+	+	-	-
Kobalt	+	+	-	-	-

*Tab. 2-6: Diagnostische Möglichkeiten zur Erkennung einer mineralischen Fehlernährung (modifiziert nach GÜNTHER 1991)*

Bei Weiderindern, deren Futtergrundlage ausschließlich aus dem Weideaufwuchs besteht, ist bei den **Mengenelementen** mit einer Mangelversorgung von Natrium (KEMP u. GEURINK 1978; GROPPPEL 1995a) und teilweise auch von Magnesium zu rechnen. Der Magnesiumgehalt ist besonders in jungen Pflanzen gering und wird stark durch den Kaliumgehalt des Bodens beeinflusst. Eine hohe Kaliumaufnahme über das Futter bzw. ein ungünstiges Kalium-Natrium-Verhältnis behindert weiterhin auch aufgrund der transmuralen Potentialdifferenz die Resorption von Magnesium im Tier. Der Kaliumgehalt des Weidegrases ist meist ein Vielfaches des Bedarfes, und auch die Kalzium- und Phosphorversorgung ist ausreichend (KEMP u. GEURING 1978).

Über den Einfluß von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode auf die Gehalte an Mengenelementen im Weidegras sind die Forschungsergebnisse uneinheitlich. Einerseits gehen MÜLLER et al. (1971) davon aus, daß weder wachstumsabhängige noch saisonale beständige Einflüsse existieren. Andererseits fanden ANKE et al. (1994b) bei allen Mengenelementen einen abfallenden Gehalt im Wachstumsverlauf, auch wenn Kalzium und Magnesium bei den Leguminosen erst verzögert abnehmen (KIRCHGESSNER et al. 1967; MÜLLER u. KIRCHGESSNER 1972).

Auch der **Spurenelementgehalt** im Weideaufwuchs ist partiell nicht bedarfsdeckend. ANKE et al. (1994c) untersuchte die Bedeutung der Spurenelemente Kupfer, Molybdän, Eisen, Mangan, Zink, Kobalt und Jod für extensiv gehaltene Weiderinder. Es zeigt sich, daß Kupfer, Zink, Jod und Kobalt einer Substitution bedürfen. Mangan dagegen zeigte je nach Pflanzenart und geologischer Herkunft des Standortes unterschiedliche Gehalte im Aufwuchs.

Über die Veränderung des Spurenelementgehaltes im Weidegras in Abhängigkeit von der Wachstumsdauer stimmen die meisten Forschungsergebnisse im Gegensatz zu den Mengenelementen überein. ANKE et al. (1994b) stellten einen abnehmenden Spurenelementgehalt bei älteren Pflanzen fest. Über die Elemente Eisen, Zink, Mangan, Kupfer und Molybdän wurde dies auch von KIRCHGESSNER et al. (1971) berichtet. Die Literaturangaben über den Spurenelementgehalt des Weidegrases in Abhängigkeit von der Vegetationsperiode sind jedoch sehr widersprüchlich. Nach KIRCHGESSNER et al. (1971) ist keine eindeutige Beziehung erkennbar.

In den folgenden Kapiteln werden die biologische und ernährungsphysiologische Bedeutung der wichtigsten Mengen- und Spurenelemente sowie geeignete Stoffwechselfparameter zur Diagnose einer Fehlversorgung aufgeführt. Als Mineralstoffbedarf werden die entsprechenden Werte für Milchkühe herangezogen, da in der Literatur keine spezielle Empfehlung für Mutterkühe vorliegt.

## 2.3.2 Physiologie und Bedarf

### 2.3.2.1 Mengenelemente:

#### 2.3.2.1.1 Natrium

Natrium ist neben Kalium und Chlorid für die osmotische und ionale Struktur der Körperflüssigkeit (WIESNER 1970) sowie für die Aufrechterhaltung der Potentialdifferenz an Membranen, Nerven- und Muskelzellen (NAYLOR 1991) verantwortlich. Als wichtiger Bestandteil des Speichels trägt Natrium zur Pansen-pH-Pufferung bei (GROPPEL 1995a) und fungiert des weiteren als Enzymaktivator (NRC 1984).

Milchkuh:	Na (g/d)	Autor:
<b>Erhaltungsbedarf:</b> 500 Kg	6	KIRCHGESSNER 1987b; GEH 1986; MEYER et al. 1989; GÜNTHER 1991
<b>Gravidität</b> (6 Wochen a.p.): 500 Kg	9	GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b; MEYER et al. 1989; GROPPPEL 1995a
	15	WIESNER 1970; ROSSOW und HORVARTH 1988
Pro Liter <b>Milch</b>	0,6 0,7 1	GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b; MEYER et al. 1989; GÜNTHER 1991; GROPPEL 1995a WIESNER 1970
<b>Kalb</b>		
1. - 4.Monat (60 - 130 kg)	1,5 - 3,5 3 2 - 5	MEYER et al. 1989 GEH 1986, KIRCHGESSNER 1987b ROSSOW und HORVARTH 1988
5. - 6. Monat (130 - 175 kg)	4 3	MEYER et al. 1989 GEH 1986
7. - 12 Monat (175 - 285 kg)	3 - 5 4,5	GEH 1986 GROPPEL 1996

Tab. 2-7: Natriumbedarf von Milchkühen, Kälbern und Jungrindern

Steht Mutterkühen als Futtergrundlage ausschließlich Weidegras oder auch Grassilage zur Verfügung, ist die Natriumversorgung nicht bedarfsdeckend (WIESNER 1970; LOTTHAMMER u. AHLWESE 1973; KEMP u. GEURINK 1978; KIRCHGESSNER 1987b; LAIBLIN u. METZNER 1996). Der durchschnittliche Natriumgehalt im Weidegras weist starke Schwankungen auf (KÄDING et al. 1993; WOLF 1971; LAIBLIN 1994; KIRCHGESSNER 1987b). Hierbei spielt die botanische Zusammensetzung eine wichtige Rolle: hohe Konzentrationen finden sich nach KIRCHGESSNER (1987b), VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) sowie KÄDING et al. (1993) im Weidelgras. Kräuter und Leguminosen sind nach KIRCHGESSNER (1987b) und WOLF (1971) natriumreich, nach MEYER et al. (1989) natriumarm.

Nach WOLF (1971) nimmt der Natriumgehalt im Laufe der Vegetationsperiode zu. Nach ANKE et al. (1994b) und PIATKOWSKI et al. (1990) sinkt der Natriumgehalt mit zunehmenden Alter der Pflanzen, bleibt nach ANKE et al. (1994b) und ANKE et al. (1961) jedoch während der einzelnen Auftriebe gleich. MÜLLER et al. (1971) stellten weder eine Beziehung zur Vegetationsperiode noch zum Wachstumsstadium fest.

<b>Natrium (g/kg TS)</b>	<b>Autor</b>
1 - 1,5	WIESNER 1970
0,4 - 0,6	PIATKOWSKI et al. 1990
0,4 - 1,3	MEYER et al. 1989
0,07 - 1,2	MCDOWELL 1992
0,8	ROHR 1976

*Tab. 2-8: Durchschnittlicher Natriumgehalt im Weidegras*

Extensive Weiden weisen aufgrund der reduzierten Düngung geringere Natriumgehalte auf (WOLF 1971; KÄDING et al. 1993). Nach DLG (1973) liegt der durchschnittliche Gehalt im Aufwuchs von Extensivweiden bei 0,05 g/kg TS und der von Intensivweiden bei 0,62 g/kg TS.

Nach verschiedenen Autoren sind für eine ausreichende Natriumversorgung jedoch nicht nur bedarfsdeckende Gehalte im Futter ausschlaggebend, sondern auch die Höhe der Kaliumzufuhr (WIESNER 1970; GÜNTHER 1991; HAMPEL 1994; KÖHN 1995). Ein Kalium-Natrium-Verhältnis im Futter von mehr als 10/1 kann nach WIESNER (1970) und KÖHN (1995) einen sekundären Natriummangel induzieren und nach WIESNER (1970) liegt dementsprechend bei hohen Kaliumgehalten im Weidegras der Natriumbedarf bei 5 g/kg TS.

Diese Angaben wurden jedoch durch MORRIS und GARTNER (1975) in detaillierten Fütterungsversuchen widerlegt. Hierbei zeigte sich, daß eine erhöhte Kaliumzufuhr mit dem Futter keinen signifikanten Einfluß auf das Natrium-Kalium-Verhältnis im Speichel hat und keinen sekundären Natriummangel induziert.

Da der Natriumbedarf somit nicht durch hohe Kaliumaufnahmen beeinflusst wird, ist die Bedarfsangabe von WIESNER (1970) als überhöht anzusehen.

Zu einem Natriummangel kommt es besonders bei schnell wachsenden jungen Tieren, während der Hochlaktation und bei vermehrter Schweißproduktion unter Hitzeeinwirkung (NAYLOR 1991; MCDOWELL 1992). Er wird von Rindern zum Teil monatelang toleriert, ohne daß sich klinische Symptome entwickeln (KEMP u. GEURINK 1978).

Zum einen äußert sich ein Natriummangel durch vermehrten Salzhunger und Lecksucht (KEMP u. GEURINK 1978; GROPPPEL 1995a) sowie einen abnormen Appetit (PIATKOWSKI et al. 1990). Zum anderen hat er jedoch - und dies ist für die Mutterkuhhaltung von besonderer Bedeutung - negative Auswirkungen auf die Lebendmassezunahme und Herdenfruchtbarkeit (LOTTHAMMER u. AHLWEDE 1973; GÜNTHER 1991; MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a). LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) beobachteten bei Kühen mit Natriummangel gehäuft Zyklusstörungen, Follikelzysten, seröse, nicht oder nur geringgradig eitrig Genitalkatarrhe (GI und I/II).

Zur Diagnose eines Natriummangels bieten sich Speichel- und Serumanalysen an.

<b>Natriumkonzentration</b> (mmol/l)	<b>Autor</b>
>130 = ausreichend 87 - 130 = unzureichend ohne klinische Symptome 43 - 87 = unzureichend, klinische Symptome können auftreten <43 = schweres Defizit mit klinischen Symptomen	KEMP und GEURINK 1978
120 - 140 = ausreichend <100 = Natriummangel	NAYLOR 1991
<70 = Natriummangel	GRÜNDER 1991

*Tab. 2-9: Natriumkonzentrationen im Speichel nach verschiedenen Autoren*

Nach SKYDSGAARD (1967) sowie WIESNER (1970) sollte das Natrium-Kalium-Verhältnis im Speichel zwischen 17/1 bis 25/1 liegen, und ein Verhältnis kleiner als 10 - 15/1 weist auf einen Natriummangel hin.

Die Natriumkonzentration im Blutserum sollte nach ROSENBERGER (1990) für Kälber zwischen 115 und 145 mmol/l und für Rinder zwischen 135 und 155 mmol/l, nach NRC (1984) bei 140 mmol/l und nach GRÜNDER (1991) bei 130 mmol/l liegen. Über die Aussagefähigkeit der Natriumkonzentration im Blutserum liegen in der Literatur unterschiedliche Angaben vor. Nach FRIDERIK et al. (1971) ist kein Zusammenhang zwischen der Natriumversorgung und dem Natriumspiegel im Blutserum gegeben. Nach GRÜNDER (1991) verändert sich die Natriumkonzentration des Serums aufgrund des leistungsfähigen hormonellen Regulationsmechanismus erst nach starken Natriumverlusten, und nach NAYLOR (1991) weisen geringe Natriumkonzentrationen im Blutserum eher auf eine Dehydratation als auf eine Hyponatriämie hin. LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) gehen davon aus, daß eine Bestimmung des Natriumgehaltes im Speichel geeigneter ist, um nicht nur die Versorgungslage eines Einzeltieres, sondern auch eines Bestandes zu ermitteln.

Für Mutterkühe besteht aufgrund der hohen Kalium- und sehr geringen Natriumgehalte im Weideaufwuchs ein erhöhtes Risiko der Natriumunterversorgung. Da aus Gründen des Landschaftsschutzes häufig die Ausbringung eines natriumhaltigen Düngemittels nicht möglich ist, sollte den Tieren entweder Viehsalz in einer Menge von 50 g pro Tier und Tag (LOTTHAMMER u. AHLWEDE 1973), Salzlecksteine (STOCKINGER et al. 1994) oder ein natriumreiches, weidespezifisches Mineralfutter in einer Menge von ca. 100 bis 200g pro Tier und Tag angeboten werden (LAIBLIN u. METZNER 1996; ZENTEK 1996).

#### 2.3.2.1.2 Kalium

Die Stoffwechselfunktionen des Kaliums stehen in enger Wechselbeziehung mit Natrium und Chlorid (WIESNER 1970). Es trägt zur elektrischen Polarisation der Nervenmembranen sowie Erregungsleitung in Muskelfasern bei (PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992) und ist somit auch von Bedeutung für die Kontraktilität der Herz- und Skelettmuskulatur (NAYLOR 1991; MCDOWELL 1992). Kalium ist an der Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes und Säure-Basen-Haushaltes beteiligt (WIESNER 1970; KIRCHGESSNER 1987b; MÄNNER u. BRONSCH 1987), fungiert als Coenzym oder Aktivator von Enzymen (PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992) und beeinflusst somit den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel.

<b>Milchkuh</b>	<b>Kalium (g/d)</b>	<b>Autor</b>
Erhaltungsbedarf	50 - 70	WIESNER 1970; MÜLLER et al. 1971; NRC 1984; PIATKOWSKI et al. 1990; SCHMIDT 1994
Gravidität (6 Wo.a.p.)	50 - 70	WIESNER 1970; CLANTON 1980; NRC 1989
Pro Liter Milch	3 - 4	WIESNER 1970; NRC 1989
Kalb	16 - 74	WIESNER 1970; NRC 1989

*Tab. 2-10: Kaliumbedarf nach verschiedenen Autoren*

Der Kaliumgehalt liegt in den meisten Grobfuttermitteln weit über 10 g und übertrifft somit die Bedarfswerte zum Teil mehrfach (PIATKOWSKI et al. 1990). Speziell im Weidegras ist der Kaliumgehalt sehr hoch (WIESNER 1970; KEMP u. GEURINK 1978; GEH 1986; MCDOWELL 1992), so daß unter praktischen Fütterungsbedingungen bei extensiv gehaltenen Mutterkühen kein Mangel zu erwarten ist (MÜLLER et al. 1971; MÄNNER u. BRONSCH 1987; HOFMANN 1992; KÄDING et al. 1993).

<b>Kaliumgehalt (g/kg TS)</b>	<b>Autor</b>
10 - 50	MCDOWELL 1992
27	DLG 1960
30	HEALY 1973
32	MEYER et al. 1989; SCHMIDT 1994
38	MÜLLER et al. 1971
36 - 48	RITTER und KLEEMANN 1982

*Tab. 2-11: Durchschnittlicher Kaliumgehalt im Weidegras*

Der Kaliumgehalt im Aufwuchs von Extensivweiden liegt nach DLG (1973) bei 18 g/kg TS und in dem von Intensivweiden bei 32 g/kg TS. Ähnlich wie auch der Natriumgehalt hängt der Kaliumgehalt des Weideaufwuchses von der botanischen Zusammensetzung ab (WOLF 1971; MCDOWELL 1992). Leguminosen haben im Vergleich zu Gräsern und Kräutern nach KLAPP (1971), WOLF (1971) sowie VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) den geringsten Kaliumgehalt. Besonders hohe Kaliumgehalte sind in jungem raschwüchsigem Gras zu erwarten (HOFMANN 1992). Mit zunehmendem Alter nimmt der Gehalt im Gras nach KIRCHGESSNER et al. (1960), FLEMING (1968), ANKE et al. (1994b) ab, während MÜLLER et al. (1971) keine wachstumsabhängigen Einflüsse feststellen konnten. Nach FLEMING (1968) ist der Kaliumgehalt in Aufwüchsen des Frühjahrs höher als im Herbst. Dieser saisonale Einfluß konnte in Untersuchungen von MÜLLER et al. (1971) nicht bestätigt werden.

In der Mutterkuhhaltung ist aufgrund der kontinuierlichen Beweidung mit relativ hohen Kaliumgehalten im Weidegras zu rechnen, da die Rinder das überschüssige Kalium mit dem Urin ausscheiden und dadurch für den nachwachsenden Grasbestand wieder verfügbar machen (HOPPER u. CLEMENT 1966; BROCKMAN et al. 1970). Über hohe Kaliumgehalte im Aufwuchs nach Gülledüngung mit verringerten Kalzium-, Natrium- und Magnesiumgehalten berichteten auch ANKE (1971), LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) sowie KEMP und GEURINK (1978).

Der bei Grünfütterung zu erwartende Kaliumüberschuß hat mit Ausnahme eines höheren Kotwassergehaltes und einer gesteigerten renalen Exkretion keine gesundheitlichen Auswirkungen (MÄNNER u. BRONSCH 1987). Eine hohe Kaliumaufnahme führt jedoch, ebenso wie ein Natriummangel, zu einer gestörten Magnesiumresorption (NRC 1984; EDRISE u. SMITH 1986; MARTENS u. GÄBEL 1987; GROPPPEL 1995a) und erhöht das Risiko einer Grastetanie (BUTLER 1963; MCDOWELL 1992).

Praxisrelevante Parameter zur Diagnose einer fehlerhafter Kaliumversorgung sind die Analyse von Speichel und Serum:

Als normale Kaliumgehalte im Serum gelten beim Kalb 3,5 bis 5 mmol/l und beim adulten Rind 4 bis 5 mmol/l (WELT et al. 1960; ROSSOW u. HORVATH 1988; ROSENBERGER 1990; MCDOWELL 1992). Nach WIESNER (1970) und MCDOWELL (1992) stellt die Kaliumkonzentration im Serum jedoch einen ungeeigneten Parameter dar, und nach FRIDERIK et al. (1971) besteht kein Zusammenhang zwischen der Kaliumversorgung und dem Kaliumspiegel im Serum.

Besser geeignet ist der Nachweis der Kaliumkonzentration im Speichel. Nach LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) wird dieser jedoch beim Wiederkäuer beeinflusst von Beimengungen wie dem Pansensaft, so daß teilweise eine subjektive Beurteilung der Farbabstufung und dementsprechend eine Korrektur nötig ist.

<b>Kalium (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
9,55	SAALBACH et al. 1971
7,5	KEMP und HARTMANS 1968
10	WIESNER 1970; GROPPPEL 1995a
7	ROSENBERGER 1990
<12,5	KEMP und GEURINK 1978

*Tab. 2-12: Kaliumkonzentration im Speichel nach verschiedenen Autoren*

Einen zuverlässigeren Hinweis auf die Höhe der Kaliumversorgung ergibt die Analyse des Weideaufwuchses (LOTTHAMMER u. AHLWEDE 1973). Um die Folgen eines Kaliumüberschusses zu vermeiden, ist Natrium entsprechend der Gehalte im Aufwuchs mit einem weidespezifischen Mineralfutter zu supplementieren.

#### 2.3.2.1.3 Magnesium

Magnesium ist Bestandteil bzw. Aktivator zahlreicher Enzyme (WIESNER 1970; NRC 1984; PIATKOWSKI 1990; KISTER et al. 1995), beeinflusst somit den Kohlenhydrat-, Fett-, Protein- und Nukleinstoffwechsel (PIATKOWSKI et al. 1990; KISTERS et al. 1995) und ist beteiligt an wesentlichen Reaktionen des Energiestoffwechsels (HUNGER 1995). Über die Aktivierung der Acetylcholinesterase beeinflusst es die neuromuskuläre Erregungsübertragung in den motorischen Endplatten (NRC 1984; ROSSOW u. HORVATH 1988; GROPPPEL 1995a), und das in den Muskelzellen an ATP und Nukleosidpolyphosphate gebundene Magnesium ist von Bedeutung für die Elastizität der Muskelfasern (MÄNNER u. BRONSCH 1987; NAYLOR 1991).

Stärker als bei anderen Elementen wird der Magnesiumbedarf multifaktoriell beeinflusst. Zum einen spielt das Alter der Tiere eine wichtige Rolle. Während die Verdaulichkeit des Magnesiums beim Kalb nach WIESNER (1970) in den ersten Wochen noch 70 bis 80% beträgt, sinkt sie mit zunehmendem Alter auf 50% bei fünf Wochen alten Kälbern (SMITH et al. 1957; MEYER et al. 1985) und schließlich bei adulten Wiederkäuern auf 23 bis 24% (WIESNER 1970) bzw. 20% (GEH 1986). Zum anderen beeinflussen die Art des Futters sowie antagonistische Futterinhaltsstoffe die Verwertbarkeit des Magnesiums. Diese sinkt beispielsweise in jungem Weidegras aufgrund hoher Stickstoff- und Kaliumgehalte sowie geringer Natriumgehalte nach GEH (1986) auf unter 10%.

<b>Milchkuh:</b>	<b>Mg (g/d)</b>	<b>Autor:</b>
<b>Erhaltungsbedarf</b> 500 kg	10	GEH 1986; MEYER et al. 1989; FONTENOT et al. 1989; GÜNTHER 1991; DLG 1991
<b>Gravidität</b> (6 Wo. a.p.)	14 14,5 - 17,4 16	MEYER et al. 1989 MEYER 1963 GROPPEL 1995a
<b>Pro Liter Milch</b>	0,6	MEYER et al. 1989; GÜNTHER 1991; DLG 1991; GROPPEL 1995a
<b>Kalb:</b>		
1. - 4. Monat (60 - 130 kg)	0,8 - 4,1 2 - 4 4	MEYER 1963 MEYER et al. 1989 GEH 1986, KIRCHGESSNER 1987b
5. - 6. Monat (130 - 175 kg)	5 5,6 - 6,7	MEYER et al. 1989 MEYER 1963
7. - 12 Monat (175 - 285 kg)	5 - 6 6 6,5 6,6 - 7,9	GEH 1986 MEYER et al. 1989 GROPPEL 1995a MEYER 1963

*Tab. 2-13: Magnesiumbedarf von Milchkuhen, Kälbern und Jungrindern*

Der Magnesiumgehalt im Weideaufwuchs unterliegt großen Schwankungen. In der Literatur werden mittlere Gehalte von 0,3 bis 5 g/kg TS angegeben (DLG 1960; WIESNER 1970; MÜLLER et al. 1971; HEALY 1973; MEYER et al. 1989; MCDOWELL 1992). Kräuter und Leguminosen gelten mit einem durchschnittlichen Gehalt von 3,5 bis 5 g/kg TS als magnesiumreich (REID u. HORVATH 1980; NRC 1982, 1984; PIATKOWSKI et al. 1990; SPATZ u. BAUMGARTNER 1990).

Aufgrund von Bestandumschichtungen ist der Magnesiumgehalt in Aufwüchsen von ungedüngten, extensiv bewirtschafteten Weiden höher als in denen von intensiv bewirtschafteten Weiden (JILG u. BRIEMLE 1993). Nach ANKE et al. (1994b) und MCDOWELL (1992) nimmt der Magnesiumgehalt mit zunehmendem Pflanzenalter ab, während MÜLLER et al. (1971) keine Abhängigkeit zur Wachstumsdauer feststellen konnten. Im Laufe der Vegetationsperiode steigt der Magnesiumgehalt der Aufwüchse um 20 bis 30% (FLEMING 1968; MÜLLER et al. 1971; WOLF 1971). Nach REID und HORVATH (1980) ist der durchschnittliche Magnesiumgehalt jedoch nicht nur im Frühjahr, sondern auch im Herbst aufgrund der hohen Bodenfeuchte und des schnelleren Pflanzenwachstums geringer.

Ihren durchschnittlichen Magnesiumbedarf von 2,5 g/kg TS (PIATKOWSKI et al. 1990) bzw. 3 - 3,8 g/kg TS (NCMN 1973) bei Weidegang können extensiv gehaltene Mutterkühe also nicht durchgängig über das Weidegras abdecken. In Abhängigkeit von Standortbedingungen, Pflanzenalter und Vegetationszeitpunkt kann es zur marginalen oder defizitären Versorgungslage kommen (KIRCHGESSNER 1987b).

Für den Magnesiumstoffwechsel spielen zahlreiche Interaktionen mit Mineral- und Nährstoffen eine Rolle.

So werden durch eine hohe Kalium- und geringe Natriumaufnahme mit dem Weidegras sowohl die Konzentration dieser Elemente im Pansensaft als auch die transmurale Potentialdifferenz beeinflusst und die scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums beeinträchtigt (MARTENS u. GÄBEL 1987; NAYLOR 1991). Nach KEMP und GEURINK (1978) bewirkt eine überschüssige Kaliumaufnahme des weiteren eine vermehrte Magnesiumausscheidung mit dem Kot.

Bei Rationen mit hohem Proteinüberschuß steigt der Ammoniakgehalt in der Pansenflüssigkeit und es kommt nach MÄNNER und BRONSCH (1987) im Pansen zur Bildung von unlöslichem  $MgNH_4PO_4$ . Dies wird von MARTENS und GÄBEL (1987) in Frage gestellt, da es bei längerer Belastung zu Adaptationsvorgängen kommt. DE GROOT und BROUWER (1967) wiesen nach, daß die Magnesiumresorption im Körper durch ein hohes Produkt aus Kalium und Rohprotein herabgesetzt wird:

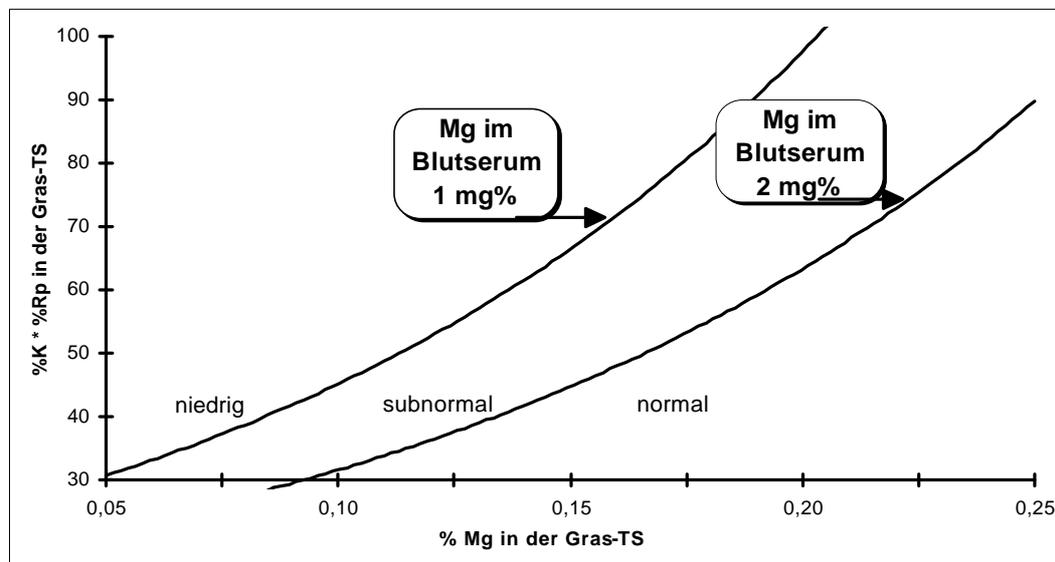


Abb. 2-5: Zusammenhang zwischen den Rohprotein-, Kalium- und Magnesiumgehalten der Graströckenmasse und dem Magnesiumgehalt des Blutserums von Milchkühen (DE GROOT und BROUWER 1967)

Durch hohe Phosphat- und Kalziumgehalte steigt die faekale Exkretion von Magnesium, und der Magnesiumspiegel im Serum fällt ab (CHICCO et al. 1973). Phosphor bildet hierbei mit Magnesium unlösliche Salze (MCDOWELL 1992). Nach STANDISH et al. (1971) senkt auch ein Eisenüberschuß im Futter die Magnesiumresorption.

Diese Zusammenhänge machen das erhöhte Risiko einer Hypomagnesämie während der ersten 14 Weidetage im Frühjahr, im Herbst und bei Kälbern nach dem dritten, vierten Lebensmonat, wenn die Milch den Magnesiumbedarf nicht mehr decken kann, deutlich (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; HOFMANN 1992). Auslösende Faktoren können dabei Streß, Witterungseinflüsse oder anderweitige Erkrankungen sein, die die Futteraufnahme negativ beeinflussen.

Symptome einer Hypomagnesämie sind zum einen Appetitlosigkeit (KIRCHGESSNER 1987b; GLEI et al. 1995), nervöse Erregbarkeit (UNDERWOOD 1981; NRC 1984; KIRCHGESSNER 1987b), motorische Unruhe (WIESNER 1970; UNDERWOOD 1981), ein unsicherer Gang (WIESNER 1970; SUTTLE und PETER 1985), erhöhte Reizbarkeit der zentral liegenden Krampfzentren (WIESNER 1970) sowie schwere tonisch-klonische Krämpfe aufgrund des Absinkens des Magnesiumspiegels im Plasma bzw. Liquor cerebrospinalis (MEYER et al. 1989; WIESEMÜLLER 1994; GLEI et al. 1995).

Zum anderen hat der Magnesiumstatus nach WIESNER (1970) einen dominierenden Einfluß auf die Zwischenkalbezeit und manche Fruchtbarkeitsstörung kann auf ein ungünstiges Mengenverhältnis zwischen Magnesium und anderen Elementen zurückgeführt werden.

Beim Kalb kann es neben den oben aufgeführten Symptomen zur Beeinflussung des Herz-Kreislaufsystems (UNDERWOOD 1981) und zu Störungen des Immunsystems kommen (GROPPEL 1995a).

Praxisrelevante diagnostische Nachweise einer Hypomagnesämie sind Blutserum- und Harnanalysen. Nach NRC (1984) haben beide Parameter eine gute Aussagekraft, nach KEMP und GEURINK (1978) ist jedoch die Analyse des Harnspiegels vorzuziehen, da der Magnesiumspiegel im Blutserum erst bei schwerem Defizit sinkt, während die Magnesiumausscheidung mit dem Harn bei einer unzureichenden Versorgung nahezu vollständig unterbleibt (MÄNNER u. BRONSCH 1987), so daß selbst ein latenter Mangel diagnostiziert werden kann. GRÜNDER (1991) und HOFMANN (1992) schätzen die Analyse des Blutserums als geeignetes Mittel zur Diagnose bei manifester Hypomagnesämie und akuten Krämpfen ein. Zur Diagnose einer latenten, fütterungsbedingten Mangelversorgung und zur Herdendiagnostik sind in der Regel Harnanalysen heranzuziehen.

Nach verschiedenen Autoren liegt der normale Magnesiumgehalt im Harn bei 1 bis 4 mmol/l (ROSENBERGER 1990; GRÜNDER 1991; HOFMANN 1992; MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a).

<b>Magnesium (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
0,6 - 1,3	HOFMANN 1992
0,72 - 0,8	NRC 1984
0,72 - 1,28	WIESNER 1970; NCMN 1973
0,8 - 1,1	ROSENBERGER 1990
1 - 1,2	GROPPPEL 1995a

Tab. 2-14: Magnesiumspiegel im Blutserum nach verschiedenen Autoren.

#### 2.3.2.1.4 Kalzium

Kalzium ist ein wichtiger Baustoff für Knochen und Zähne (PIATKOWSKI et al. 1990; GROPPPEL 1995a), ist beteiligt an der Erregbarkeit des Nervensystems und der Muskulatur (WIESNER 1970; MCDOWELL 1992) sowie der Sekretion und Aktivierung von Enzymen (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992).

Durch die Beeinflussung der Acetylcholinfreigabe ist es von Bedeutung für die Skelettmuskelfunktion (MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a). Kalzium beeinflusst die Zellmembranfunktionen (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990) und katalysiert bei der Blutgerinnung die Thrombin- und Thromboplastinbildung (MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a).

<b>Milchkuh:</b>	<b>Bedarf (g/d)</b>	<b>Autor:</b>
<b>Erhaltungsbedarf:</b> 500 kg	12	ARC 1980
	15	GROPPPEL 1995a
	20	GEH 1986; NRC 1989; DLG 1991; GÜNTHER 1991
<b>Gravidität (6 Wo. a.p.)</b> 500 kg	55 - 68	WIESNER 1970
	22	ARC 1980
	35	NRC 1989
	36	GEH 1986; MEYER et al. 1989
Pro Liter <b>Milch:</b>	32 - 49	GROPPPEL 1995a
	3,1	GEH 1986, MEYER et al. 1989
	3,2	DLG 1991; GÜNTHER 1991; GROPPPEL 1995a

Tab. 2-15: Kalziumbedarf von Milchkühen

<b>Kalb</b>	<b>Bedarf (g/d)</b>	<b>Autor:</b>
1. - 4. Monat (60 - 130 kg)	10 - 22 12 - 25 27	MEYER et al. 1989 WIESNER 1970 GEH 1986
5. - 6. Monat (130 - 175 kg)	29 29 - 30	MEYER et al. 1989 GEH 1986
7. - 12 Monat (175 - 285 kg)	29 32 - 34	MEYER et al. 1989 GEH 1986

*Tab. 2-16: Kalziumbedarf von Kälbern*

Bei Weiderindern ist ein Kalziummangel üblicherweise nicht zu erwarten (ROHR 1976; REID u. HORVATH 1980; MCDOWELL 1992), da Wiesen- und Weidegras allgemein mittlere bis hohe Kalziumgehalte aufweisen (KIRCHGESSNER 1987b; HOFMANN 1992; LAIBLIN u. METZNER 1996). Der durchschnittliche Kalziumgehalt im Weidegras liegt bei 5,1 bis 7,5 g/kg TS (DLG 1960; MÜLLER et al. 1971; ROHR 1976; KIRCHGESSNER 1987b; MEYER et al. 1989; GROPPPEL 1995a), ist jedoch in hohem Maße abhängig von der botanischen Zusammensetzung der Weide (KEMP u. GEURINK 1978; REID u. HORVATH 1980; SPATZ u. BAUMGARTNER 1990).

Kräuter und Leguminosen weisen mit durchschnittlich 15 bis 20 g/kg TS höhere Kalziumgehalte auf als Gräser mit durchschnittlich 4 bis 5 g/kg TS (KIRCHGESSNER 1987b; MEYER et al. 1989; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994b). Dementsprechend liegt der Kalziumgehalt in Aufwüchsen einer Extensivweide mit durchschnittlich 11 g/kg TS auch wesentlich höher als in denen einer Intensivweide mit 4,4 g/kg TS (DLG 1973).

Der Kalziumgehalt korreliert nach MÜLLER et al. (1971) nicht mit der Wachstumsdauer. Dies widerspricht den Untersuchungsergebnissen von WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957), KIRCHGESSNER et al. (1967), MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) sowie ANKE et al. (1994b), die mit zunehmendem Pflanzenalter einen verminderten Kalziumgehalt feststellten. Mit fortschreitender Vegetationsperiode steigt der Kalziumgehalt an (ANKE et al. 1961; MÜLLER et al. 1971; REID u. HORVATH 1980).

Kalziumbedarf und -stoffwechsel werden ähnlich wie beim Magnesium von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Zum einen sinkt der Resorptionskoeffizient mit zunehmendem Alter der Tiere. Er beträgt beim Saugkalb 97% (MÄNNER u. BRONSCH 1987) bzw. 90% (SHERIF et al. 1981, MCDOWELL 1992) und sinkt auf 22% bei ca. 10 Jahre alten Rindern ab (SHERIF et al. 1981; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992).

Für adulte Rinder wird eine mittlere Verwertbarkeit von 60% angenommen (GFE 1993). Zum anderen sind auch Interaktionen mit anderen Mineral- und Nährstoffen von Bedeutung. Für die Resorbierbarkeit, aber auch für den gesamten weiteren Stoffwechsel spielt nicht nur der absolute Gehalt, sondern auch das Kalzium-Phosphor-Verhältnis eine wichtige Rolle (PIATKOWSKI et al. 1990; GÜNTHER 1991; HAMPEL 1994). Im Futter sollte es optimalerweise 1 bis 2 zu 1 betragen (WIESNER 1970; HOFMANN 1992; MCDOWELL 1992) bzw. nach HAMPEL (1994) und KIRCHGESSNER (1987b) 1,5 bis 2 zu 1. Das Kalzium-Phosphor-Verhältnis gewinnt an Bedeutung, falls die Vitamin D-Versorgung unzureichend ist, ein Magnesiummangel vorliegt, die Funktion der Epithelkörperchen gestört ist oder plötzlich gesteigerte Anforderungen an den Mineralstoffwechsel gestellt werden, wie etwa bei Beginn der Laktation (WIESNER 1970; GÜNTHER 1991; HOFMANN 1992).

Hohe Magnesium-, Zink-, Eisen-, Phosphat- oder Mangangehalte verschlechtern die Absorption von Kalzium (KIRCHGESSNER 1987b; GÜNTHER 1991; MCDOWELL 1992). Aluminium vermindert im Pansen die Kalziumlöslichkeit (KIRCHGESSNER 1987b; ALLEN et al. 1980; GÜNTHER 1991; ANKE et al. 1994a), während Vitamin D den aktiven Transport von Kalzium und Phosphor durch das intestinale Epithel fördert (KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992). Aminosäuren wie Lysin und Arginin erhöhen die Resorption von Kalzium, so daß es aus proteinreichem Futter besser verwertet wird (WIESNER 1970; KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990).

Ein Kalziummangel erhöht die Cadmiumabsorption sowie die -retention in Leber und Niere und verstärkt dessen Toxizität (KOSTIAL 1986; SCHENKEL 1988; RAMBECK 1994). Eine Überversorgung mit Kalzium vermindert die Kupferabsorption und -verwertung (DAVIS u. MERTZ 1987; ANKE et al. 1994a) sowie die Magnesiumresorption (EDRISE u. SMITH 1986), beeinflußt den Phosphor-, Eisen-, Jod-, Zink- und Manganstoffwechsel negativ (ANKE et al. 1994a) und vermindert die Protein- und Energieverdauung (WIESNER 1970).

Als diagnostische Untersuchungsparameter stehen Analysen von Serum, Harn und Futtermittel zur Verfügung. Da der Kalziumspiegel im Blut sehr stabil ist und erst bei länger anhaltendem Mangel absinkt, eignet sich die Analyse des Serums bei fütterungsbedingtem Kalziummangel nicht (BUHM und GRÜNDER 1985; GRÜNDER 1991; GÜNTHER 1991). Hier ist nach BOEHNCKE et al. (1987) eine Futtermitteluntersuchung zuverlässiger. Blutserumanalysen sind nach GRÜNDER (1991) vor allem im Zusammenhang mit der hypokalzämischen Gebärparese induziert.

<b>Kalzium (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
1,9 - 2,4 1,2 - 2,6 Hypokalzämie 0,6 - 1,4 Gebärparese	ROSSOW und HORVATH 1988
2 - 3 2,25 - 3 2,1 - 2,7 2,5 - 2,87	ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992 WIESNER 1970; MCDOWELL 1992 GROPPEL 1995a DVG 1977
<2 Gebärparese	GRÜNDER 1991

*Tab. 2-17: Kalziumspiegel im Serum nach verschiedenen Autoren*

Symptome eines Kalziummangels sind zum einen eine verminderte Futteraufnahme und Lebendmassezunahme sowie eine gestörte Fruchtbarkeit mit Nachgeburtsverhaltungen, eitrigen Scheiden- und Gebärmutterentzündungen sowie stiller Brunst (WIESNER 1970; HOFMANN 1992; KÖHN 1995). Zum anderen ist hier jedoch auch die hypokalzämische Gebärparese zu nennen (MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1993).

Sowohl eine fehlerhafte Kalzium- als auch ein Phosphorversorgung kann Osteopathien bedingen (WIESNER 1970, MCDOWELL 1992, SCHMIDT 1994,). In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung von Rachitis, Osteodystrophia fibrosa generalisata, Osteoporose oder Osteomalzie zu sehen (KIRCHGESSNER 1987b; GROPPPEL 1995a).

#### 2.3.2.1.5 Phosphor

Phosphor wird wie auch Kalzium als Apatit in Skelett und Zähnen gespeichert und kann durch endogene Regulationsmechanismen freigesetzt werden (WIESNER 1970; NRC 1984; MCDOWELL 1992). Es dient als Baustein von Enzymen und energiereichen Verbindungen wie dem Adenosintriphosphat, in welchem die bei der Oxidation organischer Substanz freiwerdende Energie gespeichert wird (WIESNER 1970; NRC 1984; PIATKOWSKI et al. 1990), und kann hierüber Muskel- und Nerventätigkeit sowie körpereigene Syntheseprozesse (MCDOWELL 1992) beeinflussen. Phosphor ist von Bedeutung für Puffersubstanzen in Blut und Zellen (NRC 1984; MÄNNER u. BRONSCH 1987; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a), beteiligt an hormonellen Regulationsprozessen (GROPPPEL 1995a), der Synthese von DNS und RNS (NRC 1984; MÄNNER u. BRONSCH 1987; MCDOWELL 1992; GROPPPEL 1995a) und beeinflusst sowohl den Fett-, Kohlenhydrat- als auch Proteinstoffwechsel (MCDOWELL 1992).

<b>Milchkuh:</b>	<b>Bedarf (g/d)</b>	<b>Autor:</b>
<b>Erhaltungsbedarf</b> 500 kg	10	ARC 1980
	14	NRC 1989
	20	WIESNER 1970; GEH 1986; MEYER et al. 1989; DLG 1991; GÜNTHER 1991
<b>Gravidität, 6 Wo. a.p.</b> 500 kg	40 - 50	WIESNER 1970
	20	ARC 1980; NRC 1989
	21 - 31 30	GROPPEL 1995a GEH 1986; DLG 1991; GÜNTHER 1991
<b>Pro Liter Milch:</b>	1,6	ARC 1980; GÜNTHER 1991,
	1,7	GEH 1986; MEYER et al. 1989;DLG 1991
	2	NRC 1989; GROPPPEL 1995a
<b>Kalb</b> 1. - 4. Monat (60 - 130 kg)	6 - 13	GEH 1986; MEYER et al. 1989
	9 - 18	WIESNER 1970
5. - 6. Monat (130 - 175 kg)	13	MEYER et al. 1989
	13 - 14	GEH 1986
7. - 12 Monat (175 - 285 kg)	16	MEYER et al. 1989
	15 - 19	GEH 1986

*Tab. 2-18: Phosphorbedarf von Milchkühen, Kälbern und Jungrindern*

Auffallend sind die großen Differenzen zwischen den Bedarfsangaben verschiedener Autoren.

Der Phosphorbedarf wird analog zu dem des Kalziums zum einen vom Alter der Tiere beeinflusst, die Verwertbarkeit sinkt jedoch nicht so tief und liegt bei adulten Wiederkäuern bei 70% (GFE 1993). Zum anderen beeinflussen auch der intestinale pH-Wert, die Art der Phosphorquelle sowie antagonistisch wirkende weitere Futterbestandteile die Resorption (UNDERWOOD 1977; NRC 1984). Auf den engen Zusammenhang zwischen Phosphat- und Kalziumstoffwechsel wurde im vorherigen Kapitel eingegangen. Ein zu weites Kalzium-Phosphor-Verhältnis fördert die Kalziumausscheidung in Form des Trikalziumphosphates und beeinträchtigt somit den Phosphorstatus (MÄNNER u. BRONSCH 1987).

Da der durchschnittliche Phosphorgehalt von 2,8 bis 5 g/kg TS im Grünlandaufwuchs im allgemeinen bedarfsdeckend ist, weisen Weiderinder selten ein Phosphordefizit auf (MÜLLER et al. 1971; ROHR 1976; REID u. HORVATH 1980; MEYER et al. 1989).

Kräuter und Leguminosen haben höhere Phosphorgehalte als Gräser (KIRCHGESSNER 1987b; SCHMIDT 1994). Aufgrund von Bestandumschichtungen ist auf extensiv bewirtschafteten Weiden mit einem erhöhten Phosphorgehalt im Aufwuchs zu rechnen (KÄDING et al. 1993). Der Phosphorgehalt korreliert mit dem Wachstum der Pflanze und nimmt mit zunehmendem Alter (KIRCHGESSNER et al. 1967; MÜLLER et al. 1971; REID u. HORVATH 1980; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994b) sowie mit fortschreitender Vegetationsperiode ab (MÜLLER et al. 1971). Der Phosphorgehalt des Weideaufwuchses ist weiterhin abhängig von Bodenart, -pH und der Witterung. So sind besonders niedrige Gehalte auf sauren Böden sowie nach länger anhaltender Trockenheit zu erwarten (WIESNER 1970; MEYER et al. 1989; PIATKOWSKI et al. 1990).

Als praxisrelevante, diagnostische Untersuchungsparameter stehen Analysen von Speichel, Harn, Blutplasma und Futtermittel zur Verfügung. Da es erst bei gravierenden Störungen innerhalb der Stoffwechselregulation zu Veränderungen der Phosphorgehalte im Blutserum kommt, ist nach NCMN (1973) und GÜNTHER (1991) eine Analyse des Serums bei fütterungsbedingten Mangelzuständen nicht aussagefähig. Dies widerspricht den Untersuchungsergebnissen von GRÜNDER (1991) und MCDOWELL (1992), wonach die Analyse des Blutserums verschiedener Tiere eines Bestandes ein geeignetes Mittel zur Diagnose von fütterungsbedingten Mangelzuständen ist.

<b>Phosphorgehalt</b> in mmol/l	<b>Autor</b>
1 - 2,6	WIESNER 1970
1,3 - 3	MCDOWELL 1992
1,3 - 2,6	NRC 1984
1,6 - 2,3	DVG 1977; ROSENBERGER 1990
1,4 - 2,1	GROPPEL 1995a
<1,8 Hypophosphatämie	GRÜNDER 1991
<1,6 Rachitis	
<1,3 Osteomalazie	

*Tab. 2-19: Phosphorspiegel im Blutserum nach verschiedenen Autoren.*

Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen Kalzium und Phosphor treten bei Imbalancen in der Fütterung Hypophosphatämien meist in Verbindung mit Hypokalzämien auf. So kommt es zum einen zu Osteopathien (s. Kalzium), zum anderen - dies ist von besonderer Bedeutung für die Mutterkuhhaltung - kommt es zu Beeinträchtigungen der Lebendmassezunahme und Herdenfruchtbarkeit mit Brunstlosigkeit und Umrindern, funktionslosen Eierstöcken, großzystischen Entartungen der Eierstöcke sowie verzögertem Follikelsprung (WIESNER 1970; NRC 1984; KÖHN 1995; GROPPPEL 1995a).

#### 2.3.2.1.6 Schwefel

Schwefel ist Bestandteil der Aminosäuren Cystein und Methionin (NRC 1984; PIATKOWSKI et al. 1990), der sauren Mukopolysaccharide in Bindegewebe, Knorpel und Knochen (MÄNNER u. BRONSCH 1987; MCDOWELL 1992) sowie der schwefelhaltigen Biokatalysatoren Insulin, Thiamin, Biotin, Hämoglobin, Cytochrom C, Glutathion, Coenzym A und Heparin (MÄNNER u. BRONSCH 1987; MCDOWELL 1992). Für die Synthese von schwefelhaltigen Aminosäuren im Pansen muß die Ration einen Mindestgehalt an Schwefel aufweisen. Besonders bei Verfütterung von schwefelfreien NPN-Verbindungen sollte in der Ration ein N/S Verhältnis von 10 - 15/1 gewährleistet sein (PIATKOWSKI et al. 1990).

Als Bedarfswert für Mutterkühe werden die entsprechenden Werte aus der Milchviehfütterung herangezogen. Demnach beträgt der Schwefelbedarf je nach Leistungsstadium 1 bis 2 g/kg TS (NRC 1984, 1989; PIATKOWSKI et al. 1990). Da der durchschnittliche Schwefelgehalt im Grünlandaufwuchs von 2 bis 3 g/kg TS meist den Bedarf übertrifft, ist bei weidenden Mutterkühen nicht mit einem Schwefelmangel zu rechnen (SAALBACH 1970; REID u. HORVATH 1980; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). Extensives Grünland weist nach DLG (1973) sogar mittlere Gehalte von 3,6 g Schwefel pro kg TS auf.

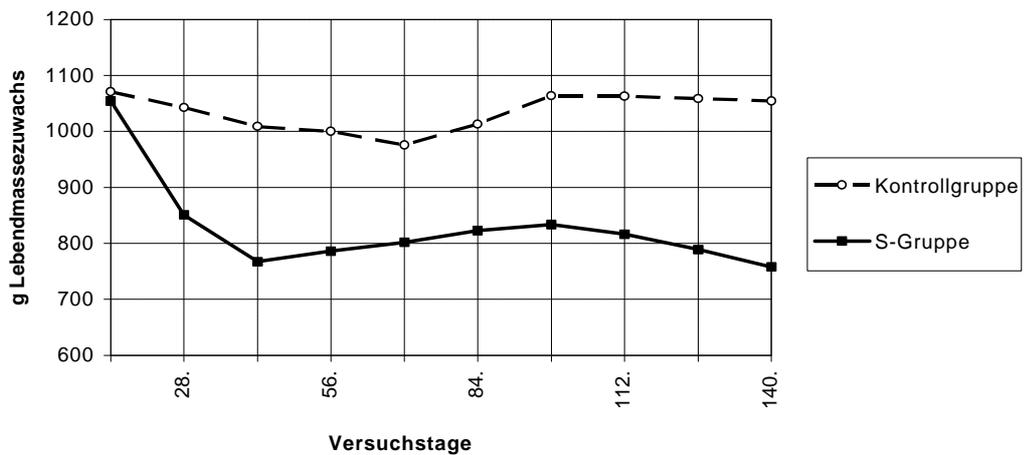
Der Schwefelgehalt eines Weideaufwuchses ist jedoch zum einen abhängig von der Höhe der Zufuhr an organischen Dungstoffen, zum anderen spielt auch der Grad der Immissionsbelastung eine bedeutende Rolle (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; AHMAD et al. 1995). So führt die Verbrennung fossiler Energiequellen zum Freiwerden großer Mengen an Schwefeldioxid, welches dann durch Niederschläge in die Erde gelangt und zu einer erheblichen Sulfatanreicherung in Futterpflanzen beiträgt (WARD 1978; ANKE et al. 1980a; 1987b; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; ANKE 1993; KOSLA et al. 1994; GROPPPEL 1995a). Durch eine so bedingte Schwefelübersversorgung kommt neben einer eigenen Toxizität (ANKE et al. 1992b) auch die Rolle des Schwefels als Antagonist zu Kupfer (SUTTLE 1974; HUMPHRIES et al. 1985; RICHARDS et al. 1985; SUTTLE u. PETER 1985; ANKE et al. 1987b, 1992b; HIDIROGLOU et al. 1990), Selen (HALVERSON u. MONTY 1960; HEIKENS 1992) und Molybdän zum Tragen (WARD 1978; MILLS u. DAVIS 1987; HIDIROGLOU et al. 1990). Schwefel blockiert dabei zum einen die Selen- und Kupferaufnahme in die Pflanze (UNDERWOOD 1977; MCDOWELL 1992) und zum anderen diverse Stoffwechselfvorgänge im Tier.

Im Pansen wird durch die Pansenmikroben Schwefel aus S-haltigen Aminosäuren sowie aufgenommenes Sulfat zu Sulfid- ( $S^{2-}$ ) oder Hydrosulfid- ( $HS^-$ ) Ionen reduziert. Das Ausmaß der Reduktion ist abhängig vom Pansen-pH, der Schwefelquelle sowie dem Energie-, Stickstoff- und Proteingehalt des Futters (REID u. HORVATH 1980; MILLS u. DAVIS 1987). Sulfid kann mit Kupfer einen unlöslichen Komplex bilden (NRC 1984; SUTTLE u. PETER 1985; MCDOWELL 1992), welcher nicht bzw. nur begrenzt absorbierbar ist (WARD 1978; HIDIROGLOU et al. 1990; ANKE 1993). Da sich der Kupferbedarf bei einer erhöhten Schwefelbelastung des Futters verdoppelt, kann somit trotz ausreichender Kupferversorgung ein sekundärer Kupfermangel ausgelöst werden (SUTTLE 1975; ANKE et al. 1980a, 1989c; KOSLA et al. 1994).

Versuche von ANKE et al. (1992b) zeigten, daß bei Wiederkäuern ab Gehalten von 2,2 g Schwefel/kg TS der Futterverzehr sinkt. Ab Gehalten von 10 g/kg TS kommt es zu vermindertem Wachstum, sekundärem Kupfermangel mit verringertem Hämoglobin- und Kupferbestand sowie Anämien (ANKE et al. 1987b, 1989a, 1989c). Diese Wirkung wird durch einen Cadmiumüberschuß noch verstärkt (ANKE et al. 1989a). Nach LESSARD et al. (1970) kommt es ab Gehalten von 3,5 g/kg TS im Grünfutter gehäuft zu Hypocupriosen. Bei der Wachstumsdepression scheint es sich nach ANKE et al. (1987b, 1992b) um eine schwefelspezifische Einflußnahme zu handeln.

Im Pansen können die reaktiven Sulfide den Sauerstoff der aufgenommenen Molybdat-Ionen ( $MoO_4^{2-}$ ) ersetzen bis zu Oxythiomolybdat ( $MoOS_3^{2-}$ ) oder Tetrathiomolybdat ( $MoS_4^{2-}$ ) (CHESTERS et al. 1985; MATHUR et al. 1985; MILLS und DAVIS 1987; HIDIROGLOU et al. 1990). Die Thiomolybdate binden Kupfer im Darmtrakt und bilden einen Komplex, der nur begrenzt absorbierbar ist und mit dem Kot ausgeschieden wird (ALLEN u. GAWTHORNE 1985, 1987; GAWTHORNE et al. 1985; KELLEHER und IVAN 1985; DAVIS u. MERTZ 1987). Im Falle einer hohen Molybdän- und Schwefelbelastung werden die Thiomolybdate absorbiert und reagieren mit Kupfer aus Gewebe und Blut (KELLEHER u. IVAN 1985; TELFER et al. 1996).

Die Mobilisation des Gewebekupfers kann zu einer Erhöhung des Kupferspiegels im Blut führen, obwohl die Tiere an einem Kupfermangel leiden (MCDOWELL 1992). Dies ist insofern zu verstehen, als daß Kupfer, welches mit Tetrathiomolybdat in einem Komplex gebunden ist, dem Stoffwechsel nicht mehr zur Verfügung steht (TELFER et al. 1996).



*Abb. 2-6: Einfluß der Supplementierung von 10 g elementaren Schwefels auf den täglichen Gewichtszuwachs (g/d) bei Mastbullen (ANKE et al. 1989d)*

Weitere Wirkungen des Schwefels sind: verstärkte Cadmium-, Molybdän- und Eisenspeicherungen in Leber und Niere (WARD 1978; ANKE et al. 1987b, 1989c; MILLS u. DAVIS 1987), verminderte Kupferspeicherung in der Leber (KIRCHGESSNER 1987b), erhöhte Molybdänausscheidung mit dem Urin und verminderte Molybdänabsorption (WARD 1978; MILLS u. DAVIS 1987; KIRCHGESSNER 1987b; HIDIROGLOU et al. 1990).

Um den gesundheitlichen Auswirkungen des Schwefelüberschusses vorzubeugen, ist der Grünlandaufwuchs auf seinen Gehalt an Schwefel zu untersuchen. Sollte dieser erhöht sein, wird nach gängiger Praxis die Kupfer- und Selenversorgung der Tiere durch eine Supplementierung mit angereichertem Mineralfutter sichergestellt (HEIKENS 1992). Da die erhöhte Zufuhr von Kupfer jedoch aufgrund zahlreicher Interaktionen zwischen den Elementen Auswirkungen auf den Stoffwechsel anderer Mineralstoffe hat, ist der Verbesserung der Kupferverfügbarkeit der Vorzug zu geben (DEBONIS u. NOCKELS 1992).

## 2.3.2.2 Essentielle Spurenelemente

### 2.3.2.2.1 Kupfer

Kupfer ist Bestandteil verschiedener Proteine (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; LAIBLIN 1995) sowie verschiedener Enzyme (NRC 1984; KEGLEY u. SPEARS 1993; ANKE 1993). Als essentielles Spurenelement nimmt Kupfer Einfluß auf die Bildung und Reifung der Erythrozyten, die Synthese des Hämoglobins, den Kohlenhydrat-, Fett und Glucosestoffwechsel, die Infektionsabwehr, den Knochenaufbau, die Elastinbildung, Pigmentierung und Ausbildung des zentralen Nervensystems sowie die Resorption und Mobilisation des Eisens (NRC 1984; HIDIROGLOU et al. 1990; ANKE 1993; WARD et al. 1993b; ANKE et al. 1994a; KLECZKOWSKI et al. 1995; WEIß 1996).

Der Kupferbedarf adulter Wiederkäuer beträgt 8 mg/kg TS (NRC 1984; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; ANKE et al. 1994a, 1994c; WIESEMÜLLER 1994; KOSLA et al. 1994), bzw. 8-10 mg/kg TS (WIESNER 1970; UNDERWOOD 1977) und 10 mg/kg TS nach NRC (1989) und GEH (1986). Diese Werte drücken den Bedarf ohne Anwesenheit von Antagonisten aus (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Der Kupferbedarf der Kälber (bis 150 kg) beträgt 2 bis 4 mg/kg TS (GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b). Bei Anwesenheit von Kupferantagonisten verdoppelt sich nach ANKE et al. (1989c) der Bedarf. Dies deckt sich auch mit Versuchsergebnissen von REID und HORVATH (1980), die feststellten, daß bei einer Verfütterung von 4 mg Molybdän pro kg TS die Kupferverfügbarkeit auf 50% absank.

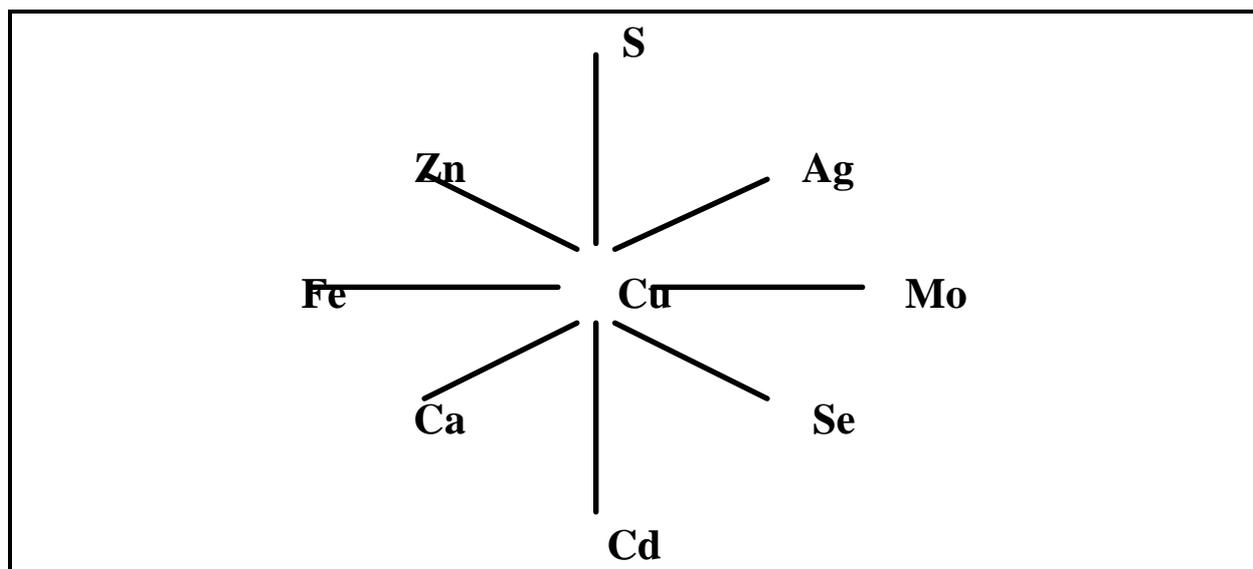
Der Kupfergehalt des Weideaufwuchses ist in starkem Maße abhängig von der geologischen Herkunft des Bodens (ANKE et al. 1980a, 1994a). So liefern die Aufwüchse auf diluvialen Sanden sowie Moor- und Torfstandorten eine um 50% kupferärmere Vegetation als beispielsweise die Verwitterungsböden der Rotliegenden (ANKE et al. 1980a, 1994a, 1994b, 1994c; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Die Kupferverfügbarkeit für die Pflanze ist hoch auf trockenen Standorten mit einem leicht sauren pH-Wert, wenig Antagonisten (besonders Molybdän und Schwefel) sowie einem geringen Anteil an organischer Substanz (MCDOWELL 1985; ANKE et al. 1987a).

Gehalte im <b>Weidegras</b> in mg/kg TS	<b>Autor</b>
10-15	WIESNER 1970
7,5	GROPPEL 1995a
9,1	DLG 1960
7,8 - 12,9	DLG 1973

*Tab. 2-20: Durchschnittlicher Kupfergehalt im Weidegras*

Der Kupfergehalt ist in Gräsern mit durchschnittlich 5 mg/kg TS geringer als in Leguminosen mit durchschnittlich 15 mg/kg TS (MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c). Mit zunehmender Wachstumsdauer nimmt der Kupfergehalt ab (ANKE et al. 1987a, 1994a, 1994b), so daß er schon Ende Mai unterhalb der Bedarfswerte für Weiderinder liegen kann (ANKE et al. 1994c). Nach ANKE et al. (1961, 1994c) sowie CZUBA und HUTCHINSON (1980) sinkt der Kupfergehalt des Aufwuchses von Auftrieb zu Auftrieb. Diese jahreszeitliche Veränderung konnte in Untersuchungen von KIRCHGESSNER et al. (1971) nicht bestätigt werden. Der Kupfergehalt im Weidegras von Extensivweiden liegt nach DLG (1973) etwas niedriger als in dem von Intensivweiden, so daß der Bedarf extensiv gehaltener Mutterkühe häufig nicht gedeckt werden kann (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992).

Ein Kupfermangel kann zum einen durch eine ungenügende Zufuhr des Elementes hervorgerufen werden (primärer Kupfermangel). Zum anderen lösen jedoch auch hohe Gehalte an Antagonisten trotz ausreichender Kupferzufuhr einen sekundären Kupfermangel aus (PIATKOWSKI et al. 1990).



*Abb. 2-7: Kupferantagonisten (ANKE et al. 1994a)*

Kupferantagonisten sind Molybdän (WARD 1978; ANKE et al. 1980a; CHESTERS et al. 1985; WaRd et al. 1993b), Schwefel (WETZEL u. MENKE 1978a; THOMAS et al. 1981b; HUMPHRIES et al. 1987), Cadmium (ANKE et al. 1987b; BREMNER 1987; RAMBECK 1994; LAIBLIN 1995), Blei (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; PIATKOWSKI et al. 1990), Eisen (GRÜN et al. 1978; SUTTLE u. PETER 1985; KIRCHGESSNER 1987a; WEIß 1996), Kalzium (DAVIS u. MERTZ 1987; KOSLA et al. 1994) und Zink (KIRCHGESSNER et al. 1978; KIRCHGESSNER 1987a, KLECZKOWSKI et al. 1994), wobei nach ANKE et al. (1994a) der übermäßigen Aufnahme von Schwefel und Molybdän die größte Bedeutung zukommt.

Sowohl Schwefel als auch Molybdän können mit Kupfer Komplexe bilden, die nicht oder nur teilweise resorbiert und mit Kot oder Harn ausgeschieden werden (WETZEL u. MENKE 1978a; MATHUR et al. 1985; KELLEHER u. IVAN 1985). Zum anderen bilden sich bei gleichzeitiger Schwefel- und Molybdänbelastung Thiomolybdate, die entweder im Pansen mit Kupfer unlösliche und nichtresorbierbare Komplexe bilden oder die resorbiert werden und Kupfer aus dem Gewebe mobilisieren sowie die Kupferausscheidung fördern (WARD 1978; GAWTHORNE et al. 1985; ALLEN u. GAWTHORNE 1985; WARD et al. 1993b) (s.vorheriges Kapitel).

Kalzium senkt durch eine pH-Werterhöhung im Labmagen die Kupferlöslichkeit (WIESNER 1970; KIRCHGESSNER 1987b), und Kupfer wird vermehrt mit Kot und Urin ausgeschieden (WIESNER 1970). Erhöhte Zinkbelastungen führen zu verminderter Kupferabsorption und geringerer Konzentration in der Leber. Bei Kupfervergiftungen kann Zink dessen Zytotoxizität in der Leber vermindern (BREMNER 1987). Eisen stellt besonders für Kälber einen starken Kupferantagonisten dar (HUMPHRIES et al. 1985, 1987), der sowohl die Kupfergehalte in Leber als auch Plasma verringert.

Für die antagonistischen Auswirkungen sind jedoch nicht nur die absoluten Gehalte, sondern auch die Verhältnisse der Elemente zueinander ausschlaggebend. So sollte das Kalzium-Kupfer-Verhältnis bei 350 zu 1 und das Kupfer-Molybdän-Verhältnis bei 2-3 zu 1 liegen (WARD 1978; MÄNNER u. BRONSCH 1987; HIDIROGLOU et al. 1990).

Ein Kupfermangel äußert sich durch eine verminderte Futteraufnahme (ANKE 1993; Laiblin 1995) und Wachstumsverlangsamung (MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c), durch Skelett- und Gefäßschäden (WIESNER 1970; GROPPPEL 1995a), Achromotrichie (NRC 1984; MÄNNER u. BRONSCH 1987; KIRCHGESSNER 1987b; ANKE et al. 1994c; WEIß 1996), gestörte Keratinsynthese (ANKE 1993; WIESEMÜLLER 1994; ANKE et al. 1994a) und Fortpflanzungsstörungen (RICHARDS et al. 1985; GÜNTHER 1991; KEGLEY u. SPEARS 1993).

Es kann zu Fruchtresorptionen (ANKE 1993; ANKE et al. 1994c; GROPPPEL 1995a), Aborten (PIATKOWSKI et al. 1990), verzögertem oder ausbleibendem ersten Östrus bis hin zur Unfruchtbarkeit (THOMAS et al. 1981a; ANKE 1993), zu Kalbeschwierigkeiten, Nachgeburtsverhaltung (MCDOWELL 1992) und verringerten Konzeptionsraten (WIESNER 1970; GROPPPEL 1995a) kommen. Sowohl Kälber als auch adulte Tiere zeigen rachitische und osteoporotische Veränderungen (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993).

Weiterhin geht die Milch- und Milchfettleistung zurück (THOMAS et al. 1981a; ANKE et al. 1994c), die Tiere zeigen Herzrhythmusstörungen (ANKE et al. 1994a) und eine mikrozytäre, hypochrome Anämie (KIRCHGESSNER 1987b; GROPPPEL 1995a; WEIß 1996). Diese geht einher mit einer Leukopenie, Neutropenie und normoblastischen Hyperplasie des Knochenmark (WIESNER 1970). Sowohl Glucose- als auch Lipidstoffwechsel können beeinträchtigt werden (WIESNER 1970; ANKE et al. 1994a). Die unter dem Namen „Falling disease“ bekannte Erkrankung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Tiere plötzlich umfallen und verenden (WIESNER 1970). Ursache ist eine Ruptur der Aorta auf Grund der gestörten Elastinbildung (ANKE et al. 1994a; WIESEMÜLLER 1994; GROPPPEL 1995a).

Praxisrelevante diagnostische Parameter sind in der Mutterkuhhaltung die Analyse des Serum- und Plasmakupfers (SMART u. CYMBALUK 1991; MCDOWELL 1992), des Gehaltes und der Aktivität des Caeruloplasmins (WARD 1978; MILLS u. DAVIS 1987) sowie des Kupfergehaltes im pigmentierten Deckhaar (SMART u. CYMBALUK 1991; ANKE 1993) und Futtermittel (GÜNTHER 1991).

Parameter:	Kupfergehalt	Autor
<b>Deckhaar</b> (mg/kg TS)	<6 = Mangel	ANKE et al. 1980a; THOMAS et al. 1981b; PIATKOWSKI et al. 1990; GROPPPEL 1995a
	8 - 15	WIESNER 1970
<b>Serum</b> (µmol/l)	12 - 19	GROPPPEL 1995a
	11 - 20 = ausreichend 8 - 10 = marginal <8 = defizitär	MAAS 1987
	12 - 23 = ausreichend 8 - 12 = marginal <8 = defizitär	MACKENZIE et al. 1996
	4,1 Kalb p.p. 12,3 Kalb, 6. Wo. 16 - 32 Rind	BOSTEDT und SCHRAMMEL 1982
	8 - 39	ROSENBERGER 1990
	11 - 27	NRC 1984

Tab. 2-21: Kupferspiegel in Blutserum, Leber, Großhirn und Deckhaar

Nach TELFER et al. (1996) können die Blut- und Leberanalysen fehlerhafte Werte anzeigen, falls erhebliche Konzentrationen an Thiomolybdat resorbiert wurden und somit ein großer Teil des metabolischen Kupferpools nicht biologisch verfügbar, sondern im Kupferthiomolybdat-Komplex gebunden ist (MACKENZIE et al. 1996).

In diesem Fall ist eine Bestimmung der Aktivität der kupferabhängigen Enzyme Caeruloplasmin, Cytochrom C Oxidase und Superoxiddismutase vorzuziehen (MILLS u. DAVIS 1987; TELFER et al. 1996).

Parameter	Kontrolltiere	+ 10 g S/kg TS		
		-	+ 10 mg Mo/kg TS	+ 3 mg Cd/kg TS
Leber	61	36	22	46
Großhirn	8,5	7,7	7,4	7,3
Haar	7,1	5,9	6,6	7,1
Blutserum	1,5	1,3	1,1	1,4
Niere	17	17	16	16
Rippen	3,9	3,9	4,6	4,3
Skelettmuskel	3,4	3,5	2,8	2,7

Tab. 2-22: Kupfergehalt verschiedener Körperteile (µg/kg TS) von Mastbullen mit Schwefel-, Molybdän- und Cadmiumbelastung (ANKE et al. 1989c)

Nach einer Empfehlung der GEH (1986) sollte der Kupfergehalt im Weideaufwuchs 10 mg/kg TS betragen. Diese Werte können teilweise, in Abhängigkeit von der geologischen Herkunft des Bodens und der botanischen Zusammensetzung, durch geeignete Düngungsmaßnahmen erreicht werden (DAVIS u. MERTZ 1987; HOFMANN 1992). WIESNER (1970), VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) und DAVIS und MERTZ (1987) empfehlen die Aufbringung von Kupfersulfat oder Kupferschlacken.

Da der Kupfergehalt im Weideaufwuchs häufig nicht bedarfsdeckend ist, die Düngung mit Kupfersulfat oder Kupferschlacken jedoch aus Gründen des Landschaftsschutzes auf extensiv bewirtschaftetem Grünland nicht in Frage kommt, sollte die Kupferversorgung durch ein weidespezifisches Mineralfutter oder kupferhaltige Lecksteine sichergestellt werden (ANKE et al. 1994c; LAIBLIN u. METZNER 1996; ROGERS u. MEE 1996). Als präventive Maßnahme eignet sich auch das Verbringen von langsam sich auflösenden Kupferquellen in die Vormägen, wie etwa Nadeln aus Kupferoxid (RICHARDS et al. 1985; PIATKOWSKI et al. 1990), Glaspillen (PIATKOWSKI et al. 1990) oder Pansenboli (HEMINGWAY et al. 1996), mit denen gerade auch bei Saugkälbern gute Erfolge erzielt werden können. Die biologische Verfügbarkeit der geeigneten Kupferverbindungen nimmt mit folgender Reihenfolge ab:  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu(NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$  (Pulver),  $\text{CuO}$  (Nadeln),  $\text{Cu}$ -Draht (NRC 1984; POTT et al. 1992). Die Frage, ob organisch gebundenes Kupfer in Form von Kupferlysin oder anderen Kupferproteinen vor den Interaktionen mit Schwefel und Molybdän geschützt ist, wird in der Literatur widersprüchlich beantwortet. Nach Versuchen von WITTENBERG et al. (1990), KEGLEY und SPEARS (1993) und WARD et al. (1993b) ist die Bioverfügbarkeit von Kupferlysin bzw. Kupferproteinen gleich der von Kupfersulfat. KINCAID et al. (1986) sowie DEBONIS und NOCKELS (1992) stellten demgegenüber jedoch eine höhere Kupferverfügbarkeit bei Kupferlysin und Kupferproteinen fest.

#### 2.3.2.2.2 Eisen

Mehr als die Hälfte des Körpereisens ist Bestandteil des Hämoglobins (WIESNER 1970; MÄNNER u. BRONSCH 1987; SCHÜMANN et al. 1995) und beeinflusst den Sauerstofftransport in die Zellen und somit die Zellatmung (NRC 1984, 1989; GROPPPEL 1995a). Weiterhin ist Eisen ein essentieller Bestandteil des Myoglobins (NRC 1984; MÄNNER u. BRONSCH 1987), der Cytochrome (NRC 1984, 1989) sowie Bestandteil oder Aktivator anderer Enzyme wie Katalasen und Peroxidasen (NRC 1984, 1989; GROPPPEL 1995a).

Der Eisenbedarf liegt sowohl für Aufzuchtrinder ab 150 kg, als auch für adulte Rinder bei 50 mg/kg TS (GRÜN et al. 1980; NRC 1984, 1989; GEH 1986; GÜNTHER 1991; GÜRTLER u. ANKE 1993). Gegen Ende der Gravidität und zu Anfang der Laktationsperiode steigt der Bedarf bei einer gleichzeitig schlechteren Eisenverwertung (KIRCHGESSNER et al. 1980), so daß WIESNER (1970) für trächtige Kühe einen Bedarf von 60 - 80 mg/kg TS ansetzt. Aufzuchtkälber bis 150 kg haben einen höheren Eisenbedarf, der bei 100 mg pro kg TS liegt (NRC 1984, 1989; GEH 1986; GÜRTLER u. ANKE 1993). Eine geringere Eisenversorgung der Kälber mit 40 - 50 mg/kg TS wäre für eine normale Gewichtsentwicklung und Blutbildung zwar ausreichend, nicht jedoch für eine ausreichende Myoglobinsynthese im Muskelgewebe (ARC 1980).

Unter praxisüblichen Bedingungen ist die Eisenversorgung der Wiederkäuer durch die meisten Futtermittel gesichert (GEH 1986; NRC 1989; WEIß 1996) und auch die durchschnittlichen Eisengehalte des Weideaufwuchses von 170 bis 270 mg/kg TS übersteigen den Bedarf zum Teil erheblich (DLG 1960; NRC 1984; SPIEKERS et al. 1990; ANKE et al. 1994c; GROPPPEL 1995a).

Der Eisengehalt der Pflanzen ist abhängig vom Blatt-Stengel-Verhältnis (GRÜN et al. 1980), der Pflanzenart (ANKE et al. 1994b) und dem -alter (KIRCHGESSNER et al. 1971; ANKE et al. 1994b) sowie der geologischen Herkunft des Bodens (GRÜN et al. 1980). Der Eisengehalt nimmt nach KIRCHGESSNER (1987b) mit folgender Reihenfolge ab: Kräuter, Leguminosen, Gras. Nach ANKE et al. (1994c) sind besonders Obergräser wie Knaulgras, Glatthafer und Wiesenlischgras nach dem Schossen arm an Eisen, während Leguminosen, Kräuter und auch Untergräser einen durchschnittlichen Gehalt über 100 mg Eisen/kg TS aufweisen.

Nach KIRCHGESSNER et al. (1971), GRÜN et al. (1980) und ANKE et al. (1994b, 1994c) sinkt der Eisengehalt mit zunehmendem Alter der Pflanzen signifikant. Eine gleichgerichtete jahreszeitliche Veränderung des Eisengehaltes besteht nach KIRCHGESSNER et al. (1971) jedoch nicht. Eisenreiche Standorte sind die Verwitterungsböden der Rotliegende, saure Syenitverwitterungsböden und diluviale Sande (GRÜN et al. 1980), während es sich bei Hochmooren um eisenarme Standorte handelt (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). Die Eisenverfügbarkeit für die Pflanze ist gering bei hohen Kalzium-, Phosphor-, Mangan-, Nickel-, Kupfer-, Zink- und Kobaltgehalten sowie hohen pH-Werten des Bodens (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). In stark sauren Böden ist Eisen nach GLATZLE (1990) als Eisen-Phosphat festgelegt. Der durchschnittliche Eisengehalt im Aufwuchs von Extensivweiden liegt nach DLG (1973) mit 201 mg/kg TS unter dem von Intensivweiden mit durchschnittlich 189 mg/kg TS.

Während bei adulten Weiderindern nicht mit einer Eisenmangelversorgung zu rechnen ist (SPIEKERS et al. 1990; ANKE et al. 1994c; WEIß 1996), verbrauchen Kälber relativ schnell ihre vorgeburtlich angelegten Eisenreserven in der Leber und werden mit der Milch nur mangelhaft mit Eisen versorgt (GEH 1986; NRC 1989). Kuhmilch enthält nach GEH (1986) 0,5 mg Eisen pro Liter, nach KIRCHGESSNER et al. (1978) 0,51 - 0,57 mg/l. In der Säugephase oder bei einer wochenlangen Milchernährung ohne Grundfutter kann es bei Kälbern nach durchschnittlich acht bis zehn Wochen zum Eisenmangel mit Eisenmangelanämie kommen (PIATKOWSKI et al. 1990; HOFMANN 1992; GROPPPEL 1995a). Gefährdet sind in der Mutterkuhhaltung besonders Kälber von Kühen der Rassen mit einer hohen Milchleistung, bei denen die Aufnahme von Rauhfutter erst verspätet einsetzt (LAIBLIN 1995).

BOSTEDT und SCHRAMEL (1982) berichteten, daß Kälber, die mit Kuhmilch ernährt wurden und denen als Rauhfutter nur Stroh aus der Einstreu zur Verfügung stand, einen signifikanten Abfall des Serumeisengehaltes innerhalb von 6 Wochen zeigten. Die Kälber hatten durchschnittliche Ausgangswerte von 218 µg Eisen/l Serum. Dieser fiel bis zur 6. Lebenswoche um 56,9% auf 94 µg/l und die Tiere zeigten ausnahmslos klinische Hinweise für eine fortschreitende Anämie. Die Aufnahme von Stroheinstreu reicht offensichtlich nicht aus, um das nach Erschöpfung der gespeicherten Eisenreserven auftretende Eisendefizit zu mildern. Über einen Abfall des Eisengehaltes im Blutserum berichteten auch STEINHARDT et al. (1993).

Kälber mit Eisenmangel zeigen eine erhöhte Infektionsanfälligkeit, verminderte Resistenz gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie eingeschränkte Vakzinierungserfolge (BÜNGER et al. 1987; PIATKOWSKI et al. 1990; HOFMANN 1992). In Belastungssituationen kann es zu erhöhter Morbidität, Mortalität und verlängerter Erkrankungsdauer kommen (BÜNGER et al. 1987). Dies spielt eine besondere Rolle im Zusammenhang mit Kälberdurchfällen und Pneumonien (HOFMANN 1992). Ein Eisenmangel vermindert die Wachstumsrate (WIESNER 1970; NRC 1989; PIATKOWSKI et al. 1990), die Futteraufnahme (NRC 1984, 1989) und die Gewichtsentwicklung der Kälber (NRC 1984). Der Myoglobingehalt nimmt ab (PIATKOWSKI et al. 1990) und die Kälber haben ein helles Muskelfleisch (NRC 1989). Eine Eisenmangelanämie entwickelt sich von einer anfänglich normochromen (MÄNNER u. BRONSCH 1987) zu einer hypochromen, oft mikrozytären Anämie (NRC 1984) mit vermindertem Hämoglobingehalt und Hämatokrit (NRC 1984; GROPPPEL 1995a; KRALIK et al. 1995). Auch der Eisengehalt in den Geweben nimmt ab (WIESNER 1970).

Geeignete Parameter zur Diagnose eines Eisenmangels sind neben dem Hämoglobingehalt und Hämatokrit auch der Eisengehalt im Serum (HUMPHRIES et al. 1985; GRÜNDER 1991; SMART u. CYMBALUK 1991; HOFMANN 1992) sowie nach GÜNTHER (1991) die Analyse des Eisengehaltes im Boden, Futtermittel und Harn.

Normalwerte für Hämatokrit und Hämoglobin liegen nach GEH (1986) bei 0,3 bis 0,4 l/l, bzw. 80 bis 120 g/l, und der Eisengehalt beträgt nach BOSTEDT und SCHRAMEL (1982) beim Kalb durchschnittlich 95 bis 223 µg/100 ml, beim Rind 150 bis 225 µg/100 ml.

Auch für Eisen sind komplexe Interaktionen mit anderen Elementen bekannt. So steigern hohe Kalzium-(MEYER et al. 1989), Phosphor- (MCDOWELL 1992), Kupfer- (BREMNER 1987; HUMPHRIES et al. 1987; MEYER et al. 1989) und Zinkgehalte (COLLMAN u. MATRONE 1969; SMART u. CYMBALUK 1991) den Eisenbedarf. Aufgrund eines gleichen Transportsystems kommt es durch Mangan, Kobalt, Nickel und Chrom zu einer kompetitiven Hemmung (MÄNNER u. BRONSCH 1987; KIRCHGESSNER 1987a; BREMNER 1987). Eine erhöhte Eisenaufnahme verringert die Cadmiumretention in Leber und Niere (RAMBECK 1994) und hemmt die Verwertung von Zink (GEH 1986; GRÜN et al. 1978), Kupfer (GRÜN et al. 1978; PHILLIPPO et al. 1985; HIDIROGLOU et al. 1990; ANKE et al. 1992a, 1994a) und Mangan (ANKE et al. 1994c). Nach HUMPHRIES et al. (1985) ist Eisen ein starker Kupferantagonist bei Kälbern. Schon eine Gesamtaufnahme von 350 mg Eisen/kg TS reicht aus für einen gravierenden Schwund der Leber-Kupfer-Reserven. Ein Magnesiummangel kann zu einer hämolytischen Anämie mit Umverteilung und Akkumulation des Eisens im Gewebe führen, welche aufgrund von Lipidperoxidation Membranschäden hervorrufen (SCHÜMANN et al. 1995). Auch eine Schwefelbelastung führt zur Akkumulation des Eisens in Leber und Niere (ANKE et al. 1989c). Weiterhin sind antagonistische Interaktionen mit Blei (BREMNER 1987; KIRCHGESSNER 1987a), Cadmium (MCDOWELL 1992; RAMBECK 1994) und Molybdän (BREMNER 1987) bekannt.

Diese komplexen Interaktionen machen deutlich, welchen Stellenwert eine ausgewogene Versorgung mit Mineralstoffen hat. Zur Sicherung einer ausreichenden Eisenversorgung bietet sich beim Kalb eine orale Applikation von Eisendextran in den ersten zwölf Stunden oder eine Anreicherung der Milch mit Eisensulfat bzw. Eisentartrat an (BÜNGER et al. 1987; NRC 1989; PIATKOWSKI et al. 1990). Auch eine intramuskuläre Injektion von Eisenpräparaten wird empfohlen (HOFMANN 1992).

#### 2.3.2.2.3 Zink

Zink ist Bestandteil und Aktivator zahlreicher Enzyme (MILLS et al. 1969; ANKE 1993; ANKE et al. 1994c; GROPPPEL 1995a) und somit von Bedeutung für nahezu alle Lebensprozesse (ANKE et al. 1994c). Es beeinflusst den Nukleinsäuremetabolismus (UNDERWOOD 1977; ROTH u. KIRCHGESSNER 1995; GROPPPEL 1995a), die Proteinsynthese (UNDERWOOD 1977; ROTH u. KIRCHGESSNER 1995), den Kohlenhydrat- (UNDERWOOD 1977), Eiweiß- (MILLS et al. 1969; WIESNER 1970) und Fettstoffwechsel (UNDERWOOD 1977; EDER u. KIRCHGESSNER 1995), den Prostaglandinmetabolismus (MCDOWELL 1992), das Immunsystem (GROPPPEL 1995a) sowie den Hormonstoffwechsel (KRALIK et al. 1995), ist Bestandteil des Hormons Insulin (MACKENZIE et al. 1996) und trägt zur Membranstabilisierung bei (ROTH u. KIRCHGESSNER 1995). Eine ausreichende Zinkversorgung ist erforderlich für eine normale Jugendentwicklung und für sich rasch erneuernde Gewebe wie die Haut (GEH 1986). Es sammelt sich im Granulationsgewebe an und beeinflusst die Enzyme der Wundheilung (WIESNER 1970), ist von Bedeutung für die Erhaltung des Keimepithels im Hoden sowie die Spermiogenese (MÄNNER u. BRONSCH 1987).

Der Zinkbedarf liegt für Wiederkäuer bei 50 mg/kg TS (NRC 1978; ARC 1980; WEIGAND u. KIRCHGESSNER 1982; KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b; GÜNTHER 1991). Nach MILLER et al. (1962) und MILLER et al. (1963) reichen 20 - 40 mg/kg TS, nach PIATKOWSKI et al. (1990), GÜRTLER und ANKE (1993) sowie ANKE (1993) für wachsende Tiere 30 mg/kg TS und laktierende Kühe 40 mg/kg TS.

Der Zinkgehalt des Weideaufwuchses liegt bei durchschnittlich 30 bis 50 mg/kg TS und kann zum Teil den Bedarf der Tiere nicht decken (KIRCHGESSNER et al. 1971; SPIEKERS et al. 1990; JILG u. BRIEMLE 1993; ANKE et al. 1994c; ZENTEK 1996). Extensivweiden weisen in der Regel nicht bedarfsdeckende Zinkgehalte auf, was durch mangelnde Düngerausbringung noch verstärkt wird (JILG u. BRIEMLE 1993; LAIBLIN u. METZNER 1996). Leguminosen weisen einen höheren Zinkgehalt auf als Gräser (REID u. HORVATH 1980; KIRCHGESSNER 1987b; SMART u. CYMBALUK 1991).

Leguminosen		Kräuter		Gräser	
Weißklee	51	Bärwurz	175	Knautgras	44
Wiesenrotklee	44	Scharfer Hahnenfuß	112	Wiesenschwingel	34
Sichelluzerne	38	Löwenzahn	61	Weidegras, 1. Aufw.	36
Gelbklee	33	Wiesenstorchschnabel	60	Weidegras, 3. Aufw.	41

*Tab. 2-23: Der Zinkgehalt verschiedener Pflanzenarten extensiv genutzten Dauergrünlandes (mg/kg TS)(ANKE et al. 1994c)*

Zink wird im alkalischen Bereich festgelegt (ANKE et al. 1980b; REID u. HORVATH 1980; GLATZLE 1990). Hohe Gehalte von Phosphor und organischer Substanz verschlechtern die Verfügbarkeit des Zinks (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; GRÜN et al. 1994). Mangelgebiete sind Keuper-, Muschelkalk-, Buntsandstein-, Geschiebelehm- und Lößstandorte (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Mit zunehmendem Alter der Pflanzen reduziert sich der Zinkgehalt um bis zu 50% (KIRCHGESSNER et al. 1971; ANKE et al. 1994b; GROPPPEL 1995a), so daß die Bedarfsdeckung zum Teil in Frage steht.

Aufgrund der Abhängigkeit der Zinkgehalte in der Milch von der Aufnahme durch die Mutterkühe (KIRCHGESSNER 1978), sie schwanken nach WIESNER (1970), NRC (1989), HEMMINGWAY et al. (1996) zwischen 1,2 und 5,8 mg/l, entwickeln sich klinische Symptome eines Zinkmangels hauptsächlich bei Jungtieren (WIESNER 1970; WINDISCH u. KIRCHGESSNER 1995). Sie zeigen Parakeratosen mit schuppig krustösem Ekzem (HOFMANN 1992), vermindertes Wachstum (KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; NRC 1984, 1989; GEH 1986; ANKE 1993), Futteraufnahme und -verwertung gehen zurück (WIESNER 1970; ANKE et al. 1980b; GROPPPEL 1995a), die geschlechtliche Entwicklung sowie Resistenz gegen Infektionen werden beeinträchtigt (GEH 1986; ANKE 1993; WIESEMÜLLER 1994; GROPPPEL 1995a), und das Streckungswachstum der Gliedmaßen ist herabgesetzt, was zu Zwergwuchs führen kann (ANKE et al. 1980b, 1994c). Bei adulten Tieren kommt es durch eine eingeschränkte Spermatogenese, verminderte Libido sexualis und gestörte Ovulationen (MÄNNER u. BRONSCH 1987; ANKE 1993) sowohl bei weiblichen als auch bei männlichen Tieren zu einer verminderten Fruchtbarkeit (PITTS et al. 1966; GÜNTHER 1991). Die Trächtigkeitsdauer verlängert sich, und die Kälber haben eine niedrige Geburtsmasse (ANKE 1993). Auch adulte Tiere zeigen eine gestörte Keratinsynthese mit Epithel-, Haarschäden, parakeratotischen Veränderungen (ANKE et al. 1980b; KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; MÄNNER u. BRONSCH 1987) und einer schlechten Wundheilung (MILLS et al. 1967; ANKE 1993; WIESEMÜLLER 1994).

Bei laktierenden Kühen wird der Zink-, Keim- und Zellgehalt der Milch beeinflusst (NEATHERY et al. 1973; WIESEMÜLLER 1994; ALLEN u. GAWTHORNE 1985).

Zink weist zahlreiche Wechselwirkungen mit anderen Elementen auf (GEH 1986). So hat eine stark überschüssige Zufuhr an Kalzium, Kupfer, Eisen, Cadmium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Selen und Nickel eine nachteilige Wirkung auf die Zinkverwertung (VAN CAMPEN u. MITCHELL 1965; COLLMAN u. MATRONE 1969; IVAN u. GRIEVE 1975; KIRCHGESSNER et al. 1978; GEH 1986; BREMNER 1987; KIRCHGESSNER 1987a; ANKE 1993; ANKE et al. 1994a). Das Verhältnis Kalzium zu Zink sollte bei 100 - 125/1 (WIESNER 1970) bzw. nach MÄNNER und BRONSCH (1987) sowie GÜNTHER (1991) bei 150/1 liegen.

Bei einer überhöhten Zufuhr von Zink sind vor allem die antagonistischen Wirkungen auf den Kupfer- (HIDIROGLOU et al. 1990; ANKE et al. 1992a; KLECZKOWSKI et al. 1994), Eisen- (COLLMAN u. MATRONE 1969; KIRCHGESSNER et al. 1978) und Selenstoffwechsel (VAN CAMPEN u. MITCHELL 1965; IVAN u. GRIEVE 1975; MCDOWELL 1992) von Bedeutung. Eine mangelhafte Zinkversorgung kann die Akkumulation mit Cadmium in der Niere und Leber fördern (BREMNER 1987; RAMBECK 1994).

Für die Mutterkuhhaltung geeignete diagnostische Parameter sind der Zinkgehalt im Blutserum und -plasma (ANKE et al. 1980b; KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; SMART u. CYMBALUK 1991), in Haaren (NRC 1984; ANKE 1993) und die Aktivität der alkalischen Phosphatase (KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; KIRCHGESSNER 1987a; KRALIK et al. 1995). Über die Eignung dieser Parameter liegen in der Literatur jedoch unterschiedliche Angaben vor. Nach HOFMANN (1992) läßt die Zinkanalyse von Körpersubstanzen wie Blut oder Geweben keine zuverlässige Aussage zu, und nach NRC (1984) ist gerade ein früher und milder Zinkmangel schwer zu diagnostizieren, wobei steigende Lebendmassezunahmen und eine gesteigerte Futteraufnahme nach Supplementierung bessere Rückschlüsse zuließen. PIATKOWSKI et al. (1990) sowie WINDISCH und KIRCHGESSNER (1995) stellten heraus, daß aufgrund der ausgezeichneten Fähigkeit zur Sicherung eines normalen Zinkgehaltes im Plasma aus dessen Analyse kein Hinweis auf die Versorgungslage abgeleitet werden kann. Nach GÜNTHER (1991) sind nur die Gehalte in Boden und Futtermittel zur Einschätzung der Versorgungslage heranzuziehen.

<b>Parameter</b>	<b>Zinkgehalt</b>	<b>Autor</b>
<b>Serum</b> (µmol/l)	13 - 19 6 - 12 marginal <6 Defizit	MAAS 1987
	14 - 46	GROPPEL 1995a
	10 - 20	ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992
	10 - 17	WIESNER 1970
	14,1 Kalb p.p. 17,1 Kalb 6. Woche p.p.	BOSTEDT und SCHRAMEL 1982
<b>Plasma</b> (µmol/l)	11,4 - 23	MÄNNER und BRONSCH 1987
	12 - 18	NRC 1984
	<6 Defizit	MEYER et al. 1989
	12 - 17	WIESNER 1970

*Tab. 2-24: Zinkgehalt im Serum bzw. Plasma*

Aufgrund des bei Mutterkühen und Kälbern häufig beobachteten Zinkmangels sollte die ausreichende Versorgung über ein weidespezifisches Mineralfutter genügend Beachtung finden (GEH 1986; ANKE et al. 1994c; LAIBLIN u. METZNER 1996). Bei Milchkälbern hat sich auch der Einsatz von Pansenboli mit Zinkoxid und Zinksulfat bewährt (HEMINGWAY et al. 1996).

#### 2.3.2.2.4 Mangan

Mangan aktiviert Enzyme der Mukopolysaccharidsynthese (NRC 1984; KIRCHGESSNER 1987b; MÄNNER und BRONSCH 1987; GROPPPEL 1995a) und beeinflusst die Schleimproduktion und Knorpelbildung (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; ANKE et al. 1994c). Es ist bedeutsam für einen normalen Ablauf der Cholesterolsynthese (MÄNNER u. BRONSCH 1987; SMART u. CYMBALUK 1991; GEHRKE et al. 1995) und Fettsynthese (ANKE 1993; GROPPPEL 1995a) sowie für die Wirksamkeit verschiedener Vitamine, wie das Vitamin B<sub>1</sub> (WIESNER 1970). Weiterhin ist es Bestandteil oder Aktivator vieler wichtiger Enzyme (NRC 1984, 1989; KIRCHGESSNER 1987b; GROPPPEL 1995a). Hierbei kann es nach MCDOWELL (1992) zum Teil ohne Aktivitätsverlust durch Magnesium ersetzt werden.

Der Manganbedarf liegt zwischen 40 - 60 mg/kg TS (NRC 1984, 1989; GEH 1986; GÜNTHER 1991; ANKE 1993; GÜRTLER u. ANKE 1993). Weidende Mutterkühe sind bei durchschnittlichen Mangangehalten von 60 bis 180 mg/kg TS (DLG 1960, 1973; GROPPPEL 1995a) in der Regel ausreichend mit Mangan versorgt (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c). Unter praxisüblichen Fütterungsbedingungen ist ein Manganüberschuß unbekannt (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Da die Pflanze nur zweiwertige Manganionen aufnehmen kann, ist der Mangangehalt des Weideaufwuchses zum einen in starkem Maße vom pH-Wert des Bodens (NRC 1989; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994c) abhängig, wobei der optimale Wert bei pH 5 bis 6,5 liegt (REID u. HORVATH 1980; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; MEYER et al. 1989; GRUNERT 1993). Die Pflanzenverfügbarkeit des Mangans ist hoch bei Staunässe, starker Versauerung des Bodens sowie geringen Kalzium- und Kaliumgehalten (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; PIATKOWSKI et al. 1990). Manganarmes Futter wächst auf Löß-, Muschelkalk-, Keuper- und Gneisverwitterungsböden (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994c, 1994b) sowie Moorstandorten mit hohem Kalkgehalt und pH-Werten um 7 als auch auf anmosigen, humösen Sandböden (WIESNER 1970; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). Diluviale Sandstandorte liefern ein manganreicheres Futter (WIESEMÜLLER 1994). Zum anderen beeinflusst auch die botanische Zusammensetzung einer Weide den Mangangehalt des Aufwuchses. Dieser ist in Kräutern höher als in Leguminosen und Gräsern (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; ANKE et al. 1994c; GROPPPEL 1995a). Einen relativ hohen Gehalt haben jedoch Knaulgras, Weidelgras und Rotschwengel (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994c; WIESEMÜLLER 1994). Der durchschnittliche Mangangehalt im Weideaufwuchs liegt zwischen 60 und 180 mg/kg TS (DLG 1960, 1973; GROPPPEL 1995a) und sinkt mit zunehmendem Pflanzenalter (KIRCHGESSNER et al. 1971; KIRCHGESSNER 1987b; ANKE et al. 1994c). Dieser Trend ist in Gräsern stärker als in Leguminosen und Kräutern (PIATKOWSKI et al. 1990). Nach KIRCHGESSNER et al. (1971) unterliegt der Mangangehalt keiner eindeutigen jahreszeitlichen Veränderung.

Für die Ausbildung eines Manganmangels ist nicht nur der absolute Mangangehalt des Futters ausschlaggebend. So hemmen hohe Gehalte an Eisen, Kalzium und Phosphor die Resorption des Mangans und umgekehrt (HAWKINS et al. 1955; LASSITER et al. 1972; HIDIROGLOU et al. 1978; MÄNNER u. BRONSCH 1987; KIRCHGESSNER 1987b; SMART u. CYMBALUK 1991; GROPPPEL 1995a). Als Antagonisten spielen auch Zink, Kupfer, Magnesium, Molybdän und Kobalt eine Rolle (WIESNER 1970; NRC 1984).

Durch einen Manganmangel werden hauptsächlich Reproduktion und Aufzuchtergebnisse beeinträchtigt (GÜNTHER 1991; WIESEMÜLLER 1994; GEH 1986). Es kommt zur Störung der Fruchtbarkeit (UNDERWOOD 1977; NRC 1984; KIRCHGESSNER 1987b; ANKE 1993), die sich beim weiblichen Tier durch eine stille Brunst, verminderte Konzeptionsraten, erhöhte Abortraten sowie vermehrte Scheiden- und Gebärmutterentzündungen äußert (WIESNER 1970; ANKE et al. 1994c; KÖHN 1995; GROPPPEL 1995a; WEIß 1996). Männliche Tiere weisen Hodendegenerationen und eine verminderte Spermio-genese auf (WIESNER 1970; UNDERWOOD 1977). Neugeborene haben eine niedrigere Geburtsmasse, verminderte Lebendmasseentwicklung, und es besteht eine erhöhte Kälbersterblichkeit (ANKE et al. 1971, 1994c; GROPPPEL u. ANKE 1971; KIRCHGESSNER 1987b).

Für die Mutterkuhhaltung geeignete diagnostische Parameter sind der Mangangehalt in Leber, Plasma, Vollblut und Deckhaar sowie im Futtermittel und Boden (PIATKOWSKI et al. 1990; ROSENBERGER 1990; SMART u. CYMBALUK 1991; GÜNTHER 1991; HOFMANN 1992; ANKE 1993). Die Analyse des Mangangehaltes im Plasma ist nach GÜNTHER (1991) wenig aussagefähig. Der durchschnittliche Mangangehalt liegt im Deckhaar bei 6 mg/kg TS (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; GROPPPEL 1995a), im Plasma bei 2,5 µg/dl (MEYER et al. 1989) und im Vollblut bei 0,25 bis 0,4 mg/kg TS (ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992).

Da auf extensiv bewirtschaftetem Grünland eine Düngung mit Mangansulfat, Mehrstoffnährdünger oder Mangansupersphosphat (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; WIESNER 1970) häufig nicht vorgenommen werden kann, bietet sich für Mutterkühe die Eingabe von Pansenboli mit Mangansulfat (HEMINGWAY et al. 1996), die Zufütterung von manganhaltigem Mineralfutter (BENTLEY und PHILLIPS 1951; WIESNER 1970; GEHRKE et al. 1995; ROGERS u. MEE 1996) oder auch die intravenöse, intramuskuläre oder subcutane Verabreichung geeigneter Manganverbindungen (FAILLA u. KISER 1981; GEHRKE et al. 1995) an. ANKE et al. (1994c) empfiehlt während der Stallhaltung im Winter die Verabreichung eines Mineralfutters mit 2,8 - 3,6 g Mangan pro Kg.

#### 2.3.2.2.5 Selen

Selen ist essentieller Bestandteil verschiedener Selenoenzyme und -proteine (ROTRUCK et al. 1973; URSINI et al. 1982; BEHNE et al. 1988, 1990; ARTHUR et al. 1990; MAAS 1990; CHU et al. 1993; JOCHUM et al. 1995). Über die Glutathionperoxidase (ROTRUCK et al. 1972, 1973; MÄNNER u. BRONSCH 1987; GROPPPEL 1995a) beseitigt es Peroxide und schützt Epithelien und Zellmembranen vor oxidativer Zerstörung (MAAS 1990; GROPPPEL 1993; KLECZKOWSKI et al. 1995; LAIBLIN 1995). Selen und Vitamin E ergänzen sich in ihrer antioxidativen Wirkung und üben einen wechselseitigen Spareffekt aus (HOEKSTRA 1973; KIRCHGESSNER 1987b; MÄNNER u. BRONSCH 1987; MAAS 1990; McDowell 1992). Neben seiner Bedeutung für die Membranstabilität, besonders in Organen mit erhöhtem Zellstoffwechsel (MÄNNER u. BRONSCH 1987; SCHOLZ 1991) beeinflusst Selen die Prostaglandinsynthese (NRC 1983), den Fett- und Eiweiß- (NRC 1983; GROPPPEL 1995a) sowie Muskel- und Schilddrüsenstoffwechsel (ARTHUR et al. 1990; BEHNE et al. 1990; GROPPPEL 1995a; SEIDEL et al. 1995). Selen und Vitamin E sind von Bedeutung für eine optimale Fruchtbarkeit der Tiere und den Immunstatus der Rinder, wobei sowohl das zelluläre als auch humorale Immunsystem beeinflusst werden (NRC 1983; MAAS 1990; MCDOWELL 1992; SCHMIDT u. BAYER 1992; HOGAN et al. 1993; GROPPPEL 1993, 1995a; BEDNAREK 1995; KLAWONN et al. 1996).

Der Selenbedarf beträgt 0,15 mg/kg TS (GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Nach WIESNER et al. (1982), NRC (1984) und MEYER et al. (1989) liegt er etwas höher bei 0,2 mg/kg TS. Nach NRC (1984) reichen für Färsen und wachsende Bullen schon 0,1 mg/kg TS und für Zuchtbullen, trächtige und laktierende Kühe 0,05 - 0,1 mg/kg TS.

Diese Bedarfswerte setzen eine ausreichende Versorgung mit Vitamin E voraus und können je nach Selenstatus der Tiere sowie dem Gehalt an Antagonisten oder Synergisten im Futter abweichen (NRC 1983, 1984, 1989; GEH 1986).

Selen ist nicht nur als essentielles, sondern auch als toxisches Spurenelement bekannt. So liegt die Toleranzgrenze nach NRC (1980) bei 2 mg/kg TS, nach KIRCHGESSNER (1987b) bei 3 mg/kg TS. Toxische Werte sind nach GEH (1986) und KIRCHGESSNER (1987b) 4 bis 5 mg/kg TS. ANKE (1993) beschreibt drei Formen des Selenüberschusses: Nach längerer Aufnahme von 5 bis 40 mg Selen/kg TS entwickelt sich die „alkali disease“ mit Symptomen wie Abmagerung, Anämie, Mißbildungen an Klauen und Gelenken.

Die Aufnahme von mehr als 40 mg Selen/kg TS führt zum Krankheitsbild der „blind staggers“, gekennzeichnet durch Blindheit, Schmerz, Speichelfluß und

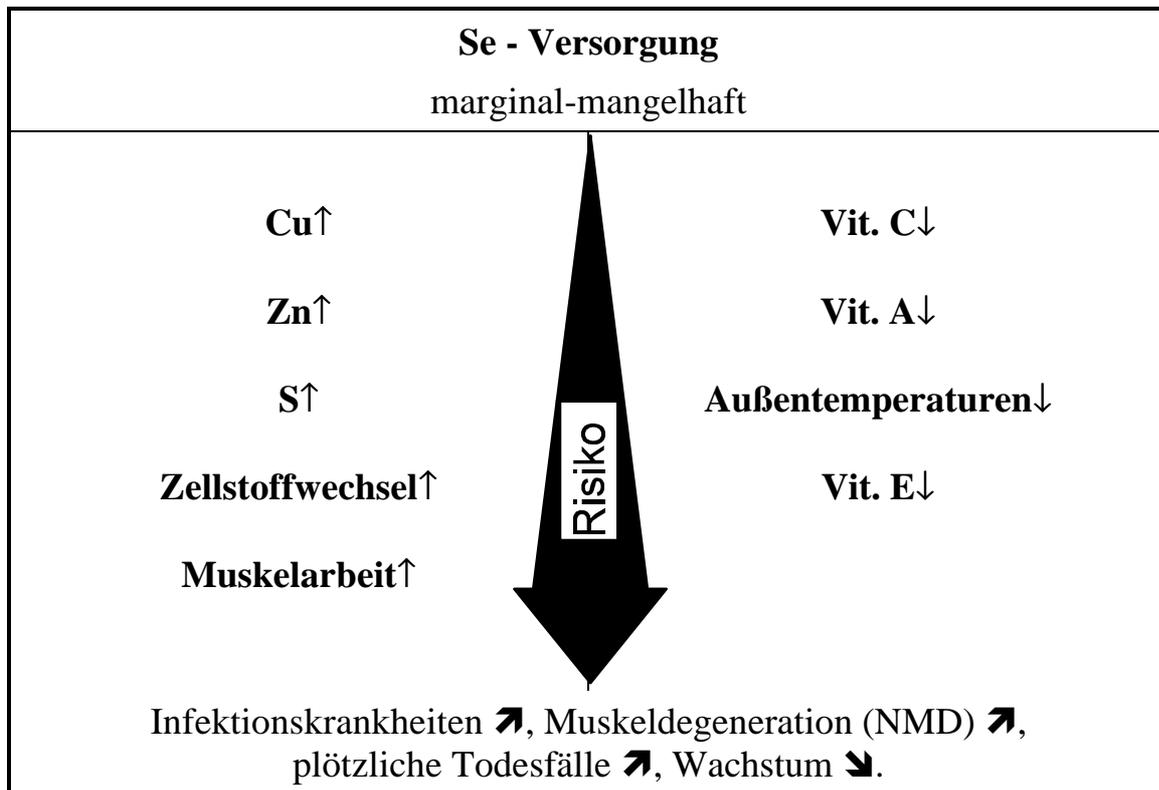
Paralysen. Nehmen Tiere mehr als 1000 mg Selen/kg TS auf, entwickelt sich eine akute Selenose und die Tiere verenden innerhalb von Stunden (MÄNNER u. BRONSCH 1987; VOIGTLÄNDER u. Jacob 1987; PIATKOWSKI et al. 1990). Nach LEVANDER und BAUMANN (1966) sowie UNDERWOOD (1971) kann ein hoher Proteingehalt im Futter vor der Selentoxizität schützen.

Nach Untersuchungen von SPIEKERS et al. (1990), SCHOLZ (1991), JILG und BRIEMLE (1993) und MEYER et al. (1995) ist der Selengehalt in wirtschaftseigenen Futtermitteln zum Teil marginal, überwiegend jedoch nicht bedarfsdeckend. Dies gilt nach JILG und BRIEMLE (1993) sowohl für intensiv als auch für extensiv bewirtschaftete Weiden. Höhere Selengehalte findet man durch Erdkontamination des Günfutters; so nehmen auch Weiderinder häufig einen großen Teil des Selens mit der Erde auf (REID u. HORVATH 1980). Der Selengehalt des Weideaufwuchses schwankt in Abhängigkeit vom Selengehalt des Bodens erheblich (UNDERWOOD 1971, 1977; WIESNER et al. 1982). Niedrige Gehalte weisen Weideaufwüchse auf Moor-, Schiefer-, Phyllitverwitterungs-, Geschiebelehm-, diluvialen Sand- und Schwemmlandböden auf (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; GRUNERT 1993; WIESEMÜLLER 1994). Weiden in der Nähe von Industriegebieten können aufgrund der Emission bei Kohleverbrennung einen höheren Selengehalt haben (PIATKOWSKI et al. 1990).

Mit zunehmendem Alter der Pflanze sinkt der Selengehalt (MCDOWELL 1992), wobei nach Untersuchungen von HEIKENS (1992) Weideaufwüchse im Herbst höhere Gehalte aufweisen als im Frühjahr. Auf sauren Standorten ist die Pflanzenverfügbarkeit des Selens niedrig (REID u. HORVATH 1980; WIESNER et al. 1982; NRC 1989; SCHMIDT u. BAYER 1992). Auch die Pflanzenart beeinflusst den Selengehalt des Weideaufwuchses (PIATKOWSKI et al. 1990). Leguminosen haben einen höheren Gehalt als Gräser (GROPPEL 1995a). Nach SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979) liegt der durchschnittliche Selengehalt im Weideaufwuchs bei 0,05 bis 0,1 mg/kg TS. Nach MCDOWELL (1992) und KLECZKOWSKI et al. (1995) werden jedoch häufig auch Werte von 0,02 mg/kg TS und weniger gefunden.

Beim Weideaustrieb im Frühjahr ist das Risiko einer Selenmangelversorgung aufgrund der plötzlichen Futterumstellung auf junges rohfaserarmes Gras mit höherem Anteil an ungesättigten Fettsäuren in der Ration sowie niedrigen Außentemperaturen und vermehrter Marschleistung hoch (MCMURRAY u. RICE 1982; SCHOLZ 1989, 1991; MAAS 1990; SMART u. CYMBALUK 1991).

Diesen Zusammenhang gibt auch folgende Abbildung wieder: Ein nutritives Übermaß an Spurenelementen kann nach SCHOLZ (1991) gerade auch in Kombination mit erhöhtem Zellstoffwechsel oder vermehrter Marschleistung ebenso wie eine mangelhafte Verfügbarkeit von Vitamin A, C und E auslösende Ursache für klinische Erscheinungen sein.



*Abb. 2-8: Risikofaktoren für klinisch erkennbare Störungen bei Se- und Vit.-E Mangel (modifiziert nach SCHOLZ 1991)*

Als Antagonisten wirken auch Schwefel, Kalzium, Arsen, Silber und Blei (HALVERSON u. MONTY 1960; CARDIN u. MASON 1975; NRC 1980; HARRISON u. CONRAD 1984; GEH 1986; SCHOLZ 1991; MCDOWELL 1992; WEIß 1996). Selen bildet mit Schwermetallen Selenide und kann diese somit entgiften, was besonders für cadmium-, nickel-, kupfer-, quecksilber- und bleibelastete Lebensräume von Bedeutung ist (GANTHER u. BAUMANN 1962; MEYER et al. 1982; NRC 1983; SCHMIDT u. BAYER 1992; SZILÁGYI et al. 1995; TODOROVA et al. 1995). Weitere Wechselwirkungen bestehen mit Magnesium, Jod, Zink, Silber, Arsen, Eisen und Vitamin C sowie dem Fett- und Proteingehalt der Ration (UNDERWOOD 1981; NRC 1983; CHMIELNICKA 1988; MARTIN 1989; SZILÁGYI et al. 1995; TODOROVA et al. 1995).

Selenmangelkrankungen sind bei allen landwirtschaftlichen Nutztieren bekannt. Hierbei sind die starken Wechselwirkungen zur Vitamin E-Versorgung von Bedeutung. Oftmals kann nur schwer differenziert werden, ob es sich um eine Selen- oder Vitamin E-Mangelkrankung handelt (KIRCHGESSNER 1987b; SANTIAGO 1990). Bei der Weißmuskelkrankheit der Kälber, so benannt aufgrund des weißen, hühnerfleischartigen Aussehens der Muskulatur (MAAS 1990; SANTIAGO 1990), sterben die Neugeborenen zum Teil schon nach wenigen Tagen (PIATKOWSKI et al. 1990). Sie sind schwach, bewegungslos und zeigen keine Sauglust (LAIBLIN 1995). Es kommt zur beidseitigen Degeneration der quergestreiften Muskulatur, vorwiegend an Extremitäten, Hals und beim Kalb überwiegend auch am Herzen (PIATKOWSKI et al. 1990; GROPPPEL 1995a; LAIBLIN 1995). An einer Muskeldystrophie können auch adulte Tiere, besonders nach Weideaustrieb, erkranken (MAAS 1990; ANKE 1993; WIESEMÜLLER 1994).

Kühe mit Selenmangel zeigen Fortpflanzungsstörungen aufgrund gehäufte Nachgeburtsverhaltungen, Aborte, Totgeburten, vorzeitiger Plazentaablösung, einer verminderten Konzeptionsrate mit unregelmäßigen Östren, cystischen Ovarien und Genitalkatarrhen (HARRISON et al. 1984; GRUNERT 1993; ANKE 1993; GROPPPEL 1995a; KÖHN 1995; KLAWONN et al. 1996). Während der Laktation können Kühe auch bei ausreichender Vitamin E-Versorgung eine verminderte Milchleistung mit geringeren Fett- und Proteingehalten aufweisen (ANKE et al. 1989a; TODOROVA et al. 1995) sowie einen Anstieg der somatischen Zellen in der Milch und erhöhten Keimgehalt (GROPPPEL 1993, 1995a; WIESEMÜLLER 1994; WEIß 1996). Durch Selenmangel kommt es zu Wachstumsdepressionen, verminderter Lebenserwartung, zur Hämolyse der Erythrozyten mit Oxidation des Hämoglobins, der Immunstatus der betroffenen Tiere ist verschlechtert, und Kälber wie adulte Tiere leiden häufig unter Diarrhoen mit Gewichtsverlusten (MILLS 1957; MAAS 1990; SANTIAGO 1990; ANKE 1993; KLECZKOWSKI et al. 1995).

Von den diagnostischen Parametern ist die Selenbestimmung in Deckhaar, Blut, Serum und Plasma sowie in der Milch für die Mutterkuhhaltung von Bedeutung (MEYER et al. 1989; MAAS 1990; SCHOLZ 1991; SCHMIDT u. BAYER 1992). Auch die Bestimmung der Konzentration oder Aktivität der Glutathionperoxidase ist möglich (KIRCHGESSNER 1987b; WOLFFRAM u. SCHARRER 1988; SCHOLZ 1991; SCHMIDT u. BAYER 1992; MACKENZIE et al. 1996; HEMINGWAY et al. 1996; ROGERS u. MEE 1996).

Der Selengehalt im Serum weist auf die aktuelle Selenversorgungslage der Tiere hin, während der Selengehalt sowie die Glutathionperoxidaseaktivität im Vollblut auf den Selenstatus zum Zeitpunkt der Erythropoese hinweisen (ROBBERECHT u. DEELSTRA 1994; GEISHAUSER et al. 1995; MEYER et al. 1995).

	Selengehalt in ppm			Autor
	normal	marginal	defizitär	
Vollblut	>0,1 - 0,07	0,06 - 0,05	0,04 - 0,01	MAAS 1990
	>0,08	0,08 - 0,02	<0,02	WHITEHAIR 1986
	0,1 - 0,05			ROSENBERGER 1990
Serum	>0,07	0,07 - 0,04	<0,04	WHITEHAIR 1986
	>0,04			BOSTEDT und SCHRAMMEL 1990
Haar			<0,25	PIATKOWSKI et al. 1990; GROPPEL 1995a
Milch			<0,15	PIATKOWSKI et al. 1990
Futter	>0,1	0,1 - 0,05	<0,05	WHITEHAIR 1986

Tab. 2-25: Selengehalte in geeigneten diagnostischen Parametern

Der Selengehalt in der Milch unterliegt starken Schwankungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Zufuhr (KIRCHGESSNER 1987b; SCHOLZ 1991). Nach UNDERWOOD (1977) liegt er bei durchschnittlich 24 ng/ml (2,9 bis 1270 ng/ml), nach HOFSSOMMER und BIELIG (1982) bei 5 bis 238 ng/ml und nach OSTER und PRELLWITZ (1989) bei 7,2 ng/ml.

Parameter	Glutathionperoxidaseaktivität in U/gHb			Autor
	normal	marginal	defizitär	
Vollblut	>35	35 - 25	<25	MAAS 1990
	>30	30 - 15	<15	KOLLER et al. 1983
	161 - 42	42 - 32	32 - 26	ROGERS und MEE 1996

Tab. 2-26: Aktivität der Glutathionperoxidase im Vollblut

Aufgrund der generell niedrigen Gehalte im Weideaufwuchs sollte Selen über das Mineralfutter ergänzt werden (MAAS 1990; MCDOWELL 1992; ROGERS u. MEE 1996). Hierbei empfiehlt sich ein Gehalt von 30 mg Selen/kg Mineralfutter (SCHOLZ 1991; LAIBLIN u. METZNER 1996). Um eine Überversorgung zu vermeiden, sollte das Mineralfutter auf das jeweilige Grundfutter abgestimmt sein (KLAWONN et al. 1996).

Mit der gleichzeitigen Verabreichung von Selen und Vitamin E konnten die besten Ergebnisse erzielt werden (PIATKOWSKI et al. 1990). Selen kann ferner in Form von Pellets mit elementarem Selen (AMMERMAN u. MILLER 1975; MCCLURE et al. 1986; MCDOWELL 1992; ROGERS u. MEE 1996) oder Pansen-Boli supplementiert werden (MAAS 1990; SCHOLZ 1991; HEMINGWAY et al. 1996). Diese sind nach CAMPBELL et al. (1990), MAAS (1990) bei extensiv gehaltenen Weiderindern sehr effektiv.

#### 2.3.2.2.6 Molybdän

Molybdän ist Bestandteil der Xanthinoxidase, Aldehydoxidase und anderer Flavoenzyme (UNDERWOOD 1977; NRC 1984; MILLS u. DAVIS 1987). Im Körper wird es gespeichert in Skelett, Wolle, Haut, Muskulatur, Leber und Niere (WIESNER 1970; KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990). Molybdän unterliegt keiner ausgeprägten homöostatischen Kontrolle und wird über die Niere, teilweise über Galle und Milch ausgeschieden (KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992).

Wiederkäuer brauchen eine Mindestmenge an Molybdän für die Ausbildung und Funktion einer normalen Pansenflora (LEHMANN et al. 1985; PIATKOWSKI et al. 1990). Der Bedarf beträgt (bei einer Resorptionsrate von 20 bis 30 %) 0,1 mg/kg TS (GEH 1986; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994b; 1994c) bzw. nach VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) 0,1 - 0,2 mg/kg TS. Der durchschnittliche Molybdängehalt im Weideaufwuchs deckt den sehr niedrigen Molybdänbedarf von Mutterkühen mit Sicherheit ab (PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c).

Gehalte im <b>Weidegras</b> (mg/kg TS)	<b>Autor</b>
0,19	KLECZKOWSKI et al. 1995
0,1 - 4	REID und HORVATH 1980
0,52	KIRCHGESSNER et al. 1971
<1,5	DAVIS und MERTZ 1987
0,26 - 0,84	DLG 1973
0,4 unbelastete Weiden 1,4 belastete Weiden in neuen Bundesländern	ANKE et al. 1992b

*Tab. 2-27: Durchschnittlicher Molybdängehalt im Weidegras*

Der Gehalt im Weideaufwuchs unterliegt jedoch starken Schwankungen und ist abhängig von der geologischen Herkunft und dem pH-Wert des Bodens (MILLS u. DAVIS 1987; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c), dem Wachstumsstadium der Pflanzen (MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c) sowie der botanischen Zusammensetzung (MILLS u. DAVIS 1987; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; SMART u. CYMBALUK 1991). Der Molybdängehalt ist in Leguminosen mit durchschnittlich 1 mg/kg TS höher als in Kräutern und in Gräsern mit durchschnittlich 0,4 mg/kg TS (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; MILLS u. DAVIS 1987; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1994c) und nimmt mit zunehmendem Pflanzenalter ab (KIRCHGESSNER et al. 1971; REID u. HORVATH 1980; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; ANKE et al. 1994b).

Molybdänreiche Standorte sind Granit-, Gneis-, Schieferverwitterungsböden und Moore (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994c) sowie industriell bedingte Emissionsgebiete (ANKE et al. 1980a).

Ein Molybdändefizit wirkt sich nach PIATKOWSKI et al. (1990) ungünstig auf Wachstum und Lebenserwartung aus, spielt jedoch selbst in Molybdänmangelgebieten durch den bedarfsdeckenden Gehalt in Leguminosen keine Rolle (ANKE et al. 1994c).

Relevant ist unter praxisüblichen Bedingungen ein Molybdänüberangebot (ANKE et al. 1994c). Dies kann zu Skelettschäden, Fortpflanzungsstörungen mit einer Hemmung der Östrogen- bzw. Androgenrezeptoraktivität, Libidoverlust und Schädigung der Interstitialzellen und des Keimepithels sowie Molybdänosen führen (FERGUSON et al. 1938; PHILLIPPO et al. 1985, 1987; MILLS und DAVIS 1987; ANKE et al. 1992b). Diese treten als Weidedurchfall flächenhaft auf bestimmten Standorten auf (PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE et al. 1994c). Besonders empfindlich sind Kälber und Jungtiere. Futterverzehr, Wachstum und Milchleistung gehen zurück und die Tiere zeigen einen wässrigen, übelriechenden, mit Gasen durchsetzten Kot (aufgrund der durch Molybdän stimulierten Vermehrung der Darmbakterien). Bei länger anhaltender Belastung kommt es zu Knochen- und Gelenkknorpelveränderungen sowie Anämien (WARD 1978; MÄNNER u. BRONSCH 1987). Nach GEH (1986), ANKE et al. (1992b) und ANKE et al. (1994c) kann eine Molybdänose ab Gehalten von 3 mg Mo/kg TS ausgelöst werden, während die Toleranzschwelle nach NRC (1980), VOIGTLÄNDER und JACOB (1987), PIATKOWSKI et al. (1990) und MCDOWELL (1992) bei 5 bis 6 mg/kg TS und nach ANKE et al. (1994c) bei 2 mg/kg TS liegt.

Zum anderen spielt Molybdän eine bedeutende Rolle als Antagonist zu Sulfat (MATHUR et al. 1985; PIATKOWSKI et al. 1990), Selen (HEIKENS 1992) und Kupfer (ANKE et al. 1987b; MEYER et al. 1989; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; GROPPPEL 1995a). Durch Bildung von nicht resorbierbaren Komplexen im Pansen setzt es dabei die Kupferlöslichkeit herab und kann einen sekundären Kupfermangel auslösen (SUTTLE 1974; WARD 1978; ALLEN u. GAWTHORNE 1985, 1987; ANKE et al. 1989c; GOLFMAN u. BOILA 1990; GROPPPEL 1995a).

Neben den absoluten Gehalten ist hierbei das Kupfer-Molybdän-Verhältnis ausschlaggebend (REID u. HORVATH 1980). Es sollte nach HIDIROGLOU et al. (1990) 4/1 betragen, wobei die kritische Grenze bei 2/1 liegt. Bei gleichzeitig erhöhter Schwefelbelastung ist die Molybdäntoxizität jedoch potenziert (WARD 1978; MILLS u. DAVIS 1987; DAVIS u. MERTZ 1987; ANKE et al. 1989c) und das Kupfer-Molybdän-Verhältnis höher anzusetzen (HIDIROGLOU et al. 1990).

Verantwortlich hierfür ist die Bildung von Thiomolybdaten ( $\text{MoO}_n\text{S}_{4-n}$ ), die durch Komplexbildungen ( $\text{CuMoS}_4$ ) sowohl die Kupferresorption als auch den Kupferstoffwechsel beeinträchtigen und zu einer vermehrten Ausscheidung des Kupfers mit dem Urin führen (WARD 1978; ALLEN u. GAWTHORNE 1985; GAWTHORNE et al. 1985; KELLEHER u. IVAN 1985; HIDIROGLOU et al. 1990). Auf die näheren Zusammenhänge wurde im vorherigen Kapitel eingegangen. Thiomolybdate senken die Aktivität von Caeruloplasmin, Cytochrom C und Superoxiddismutasen (MILLS u. DAVIS 1987) und führen zu einer geschwächten Immunantwort (WARD et al. 1993b).

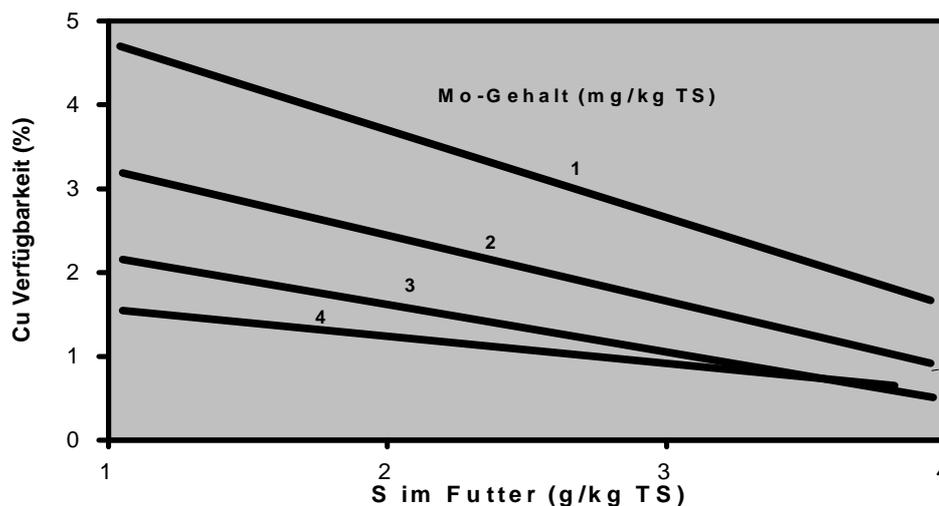


Abb. 2-9: Zusammenhang zwischen Molybdän-, Schwefelgehalt und Kupferverfügbarkeit bei Schafen (SUTTLE 1983)

Analog zum Schwefel potenzieren auch Eisen (HUMPHRIES et al. 1987) und Zink (WIESNER 1970) die Auswirkungen der Molybdänbelastung.

Als Untersuchungsparameter zur Diagnose einer Molybdänbelastung sind Blut-, Harn-, Leber-, Nieren-, Deckhaar-, Kot- und Futteranalysen geeignet (WARD 1978; ALLEN u. GAWTHORNE 1985; MILLS u. DAVIS 1987; ANKE et al. 1989b, 1992b). Nach PIATKOWSKI et al. (1990) liegt eine unzureichende Molybdänversorgung bei Gehalten kleiner als 0,10 mg/kg TS bzw. eine übermäßige Versorgung bei Gehalten größer als 35 mg/kg TS im Deckhaar vor. Im Harn weisen Gehalte größer als 0,2 mg/l auf eine Molybdänose hin (ROSENBERGER 1990) ebenso wie Gehalte von mehr als 0,8 mg/kg TS im Plasma (WIESNER 1970) oder mehr als 0,1 mg/kg TS im Vollblut (ROSENBERGER 1990).

Körperteil	Kontrolltiere	10g S/kg Futter		
		-	+10 mg Mo	+3 mg Cd
Deckhaar	167	168	782	170
Blutserum	20	22	55	16
Niere	1330	1230	2015	1721
Leber	2635	2772	3232	2865

*Tab. 2-28: Molybdängehalt verschiedener Körperteile wachsender Rinder mit Schwefel-, Molybdän- und Cadmiumzulage ( $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ) (ANKE et al. 1992b)*

Liegen im Grünlandaufwuchs erhöhte Molybdängehalte vor, ist eine Vorbeugung der Erkrankung durch Meliorationsmaßnahmen möglich (PIATKOWSKI et al. 1990). Des weiteren sollte die Kupferversorgung durch eine Anreicherung des Mineralfutters (WARD 1978; PIATKOWSKI et al. 1990; WARD et al. 1993b; ANKE et al. 1994c) oder Verbesserung der Kupferverfügbarkeit mit Hilfe von Kupferproteinen (KINCAID et al. 1986; DEBONIS u. NOCKELS 1992) sichergestellt werden (s. nächstes Kapitel).

Der Grünlandaufwuchs besonders molybdänreicher Standorte sollte jedoch besser zur Heugewinnung genutzt werden. Hierdurch wird die Molybdäntoxizität vermindert, da durch die Trocknung die Wasserlöslichkeit des Molybdäns abnimmt (WIESNER 1970; WARD 1978; NRC 1984; PIATKOWSKI et al. 1990).

### 2.3.2.3 Akzidentelle Spurenelemente

#### 2.3.2.3.1 Cadmium

Cadmium zählt nach ANKE et al. (1995) zu den Ultraspurenelementen und beeinflusst die Biosynthese von Porphyrinen, Häm, Cytochromen sowie die Mobilisation und Freisetzung von Eisen (MCDOWELL 1992). Es zeigt eine Organotrophie zu Leber und Niere mit einer biologischen Halbwertszeit von 20 bis 30 Jahren in der Leber (NRC 1989; TATARUCH 1993; STOYKE et al. 1995). Der Cadmiumbedarf ist jedoch so gering, daß er trotz einer Absorptionsrate von nur 3 bis 9% nach GRÜNDER (1982) bzw. 0,3 bis 5% nach KREUZER (1986) durch das Futter immer abgedeckt ist (MCDOWELL 1992). Der Cadmiumgehalt im Weideaufwuchs ist abhängig vom geologischen Ausgangsmaterial und pH-Wert des Bodens (GUNSTHEIMER et al. 1995; MACHELETT u. GRÜN 1995; STOYKE et al. 1995), dem Humus- und Tongehalt (RÖMER et al. 1992; GRÜN et al. 1994; LIEBERT 1995) sowie der Pflanzenart und dem Pflanzenalter (ROSOPULO u. DIEZ 1982; ANKE et al. 1992b; GUNSTHEIMER et al. 1995). Kräuter weisen einen höheren Cadmiumanteil auf als Gräser (TATARUCH 1993). Mit zunehmendem Pflanzenalter sinkt der Cadmiumgehalt in den Pflanzen (STRIKAUSKA et al. 1995).

Aufwüchse unbelasteter Standorte weisen einen durchschnittlichen Gehalt von 0,03 bis 0,1 mg/kg TS auf (ANKE et al. 1992b; STOYKE et al. 1995; STRIKAUSKA et al. 1995). Höhere Gehalte finden sich aufgrund der Emissionsbelastung in der Nähe von Industriestandorten, Autobahnen, Eisenbahnstrecken usw. (ANKE et al. 1992b; MCDOWELL 1992; GRÜN et al. 1994; ABRAHAM et al. 1995; LANDGRAF et al. 1995; MARTIN u. BERGMANN 1995; STRIKAUSKA et al. 1995).

Neben dem im Futtermittel gebundenen Elementanteil spielen auch Boden- und Staubauf lagerungen für die Höhe der Cadmiumaufnahme eine Rolle (SCHENKEL 1988; RÖMER et al. 1992). SCHENKEL (1988) bewertet Standorte mit einem Cadmiumgehalt von 0,1 bis 0,3 mg/kg TS im Weideaufwuchs als unbelastet und solche mit einem Gehalt von 0,3 bis 0,8 mg/kg TS als mäßig belastet.

Biologische Auswirkungen einer erhöhten Cadmiumbelastung sind Nieren- und Skelettschäden, beeinträchtigte Lebendmasseentwicklung und Reproduktionsstörungen mit vermindertem Erstbesamungserfolg und erhöhten Abortraten sowie gestörter Testikelentwicklung (MEYER et al. 1982; NRC 1989; MCDOWELL 1992; ANKE et al. 1995). Diese klinischen Symptome treten nach MCDOWELL (1992) erst bei Gehalten von 5 ppm und nach NRC (1989) erst ab Gehalten von 12 ppm auf.

Cadmium ist weiterhin ein starker Antagonist zu Kupfer, Zink, Kalzium, Selen und Eisen (GROPPEL et al. 1981a; MEYER et al. 1982, 1989; KOSTIAL 1986; ANKE et al. 1987b, 1994a; BREMNER 1987; MCDOWELL 1992; ANKE 1993; SZILÁGYI et al. 1995)

Eine Mangelversorgung mit Kalzium, Kupfer, Zink und Eisen sowie eine erhöhte Aufnahme von Schwefel und Kupfer steigert die Retention von Schwermetallen wie Blei, Cadmium und Quecksilber (BREMNER 1987; KIRCHGESSNER 1987b; SCHENKEL 1988; GRÜN et al. 1994; RAMBECK 1994). Andererseits verstärkt eine erhöhte Cadmiumbelastung die Toxizität von Schwefel und senkt den Futterverzehr und das Wachstum über den schwefelbedingten Umfang hinaus (ANKE et al. 1987b, 1989d).

Nachgewiesen werden kann eine erhöhte Cadmiumbelastung durch Analysen von Leber (SCHENKEL 1988; ANKE et al. 1987b, 1989c, 1992b), Nieren (STEBBINGS u. LEWIS 1985; ANKE et al. 1987b, 1989c, 1992b, 1994a; SCHENKEL 1988) und Haaren (KRONEMANN et al. 1982; KOSTIAL 1986; ANKE et al. 1989c). Wenig beeinflusst werden die Cadmiumgehalte in Skelettmuskulatur und Milch (STEBBINGS u. LEWIS 1985; KOSTIAL 1986, SCHENKEL 1988; TATARUCH 1993; ANKE et al. 1994a).

Nach KREUZER und ROSOPULO (1981) liegt der Cadmiumgehalt in Organen unbelasteter Tiere bei weniger als 0,4 mg/kg FM in der Leber, 1 mg/kg FM in der Niere und 0,05 mg/kg FM in der Muskulatur. Nach KRONEMANN et al. (1982) liegt der durchschnittliche Gehalt eines pigmentierten Rinderhaares bei 0,05 mg/kg TS.

Folgende Richtwerte sollten in Futtermitteln landwirtschaftlicher Nutztiere nicht überschritten werden:

Schwermetall	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>Richtwert</b>	0,5-1	1	100	25	500

*Tab. 2-29: Schwermetallrichtwerte (mg/kg TS) für Rationen landwirtschaftlicher Nutztiere (AMMERMAN et al. 1980)*

Hat sich ein Standort als cadmiumbelastet herausgestellt, so ist in leichten Fällen die ausreichende Versorgung mit anderen essentiellen Spurenelementen sicherzustellen. Die Verfütterung von montmorillonit-reichem alkalisiertem Bentonit (2%) kann die Aufnahme des Cadmiums beschränken, steigert jedoch auch der Bedarf anderer Spurenelemente (ANKE et al. 1992b). Durch eine Aufkalkung der Weiden lassen sich im Aufwuchs niedrigere Schwermetallgehalte erzielen (GUNSTHEIMER et al. 1995). Bei hoher Belastung ist ein Umbruch zur Durchmischung mit größerem Bodenvolumen und Neuansaat in Betracht zu ziehen (RÖMER et al. 1992).

#### 2.3.2.3.2 Blei

Blei beeinflusst den Glucosestoffwechsel, den Kalziumstatus und kann körpereigene Enzyme hemmen (SZYMANSKA u. LASKOWSKA-KLITA 1995). Heutzutage spielt das Schwermetall überwiegend eine Rolle als Umweltgift (NRC 1972; NEATHERY u. MILLER 1975; GÜNTHER 1991). Durch Auto- und Fabrikabgase (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; HOFMANN 1992; GRÜN et al. 1994; HEMINGWAY et al. 1996) kann es in der Nähe von Industriegebieten, stark befahrenen Straßen, Autobahnen und Eisenbahnlinien zu einer erheblichen Bleibelastung des Grünlandes kommen (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; RÖMER et al. 1992; GRÜN et al. 1994; STRIKAUSKA et al. 1995). Der durchschnittliche Bleigehalt im Weideaufwuchs beträgt 1 mg/kg TS (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; STRIKAUSKA et al. 1995). Pflanzen des Grünstreifens einer Autobahn wiesen nach VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) Werte um die 50 mg/kg TS auf. In der Nähe von Industriegebieten betrug der Bleigehalt nach Untersuchungen von STRIKAUSKA et al. (1995) Werte zwischen 4 und 5 mg/kg TS.

Aufgrund der aerogenen Belastung ist für die Bleiaufnahme mit dem Weideaufwuchs nicht nur die von der Pflanze inkorporierte Bleimenge ausschlaggebend. Es kann auch auf die Blattoberfläche aufgelagert sein, und die Tiere nehmen zum Teil erhebliche Mengen durch Erdkontaminationen auf (ROSOPULO u. DIEZ 1982, GRÜN et al. 1994). Der Schwermetallrichtwert liegt nach Ammerman et al. (1980) bei 25 mg Blei/kg TS für die Ration von landwirtschaftlichen Nutztieren (s. Tabelle 2-29). Die maximal tolerierbare Dosis liegt nach NRC (1980) bei 30 mg/kg TS.

Der Bleigehalt des Weideaufwuchses hängt neben der antropogenen Kontaminationshöhe auch von geogenen Bedingungen ab. Für die Pflanzenverfügbarkeit spielen der pH-Wert des Bodens sowie der Humus- und Tongehalt eine Rolle (STOYKE et al. 1995). So sind die Aufwüchse diluvialer Sandstandorte und aluvialer Auen bleiärmer als die von Löß-, Buntsandstein-, Gneis- oder Schieferverwitterungsböden (MACHELETT u. GRÜN 1995).

Bei chronisch übermäßiger Bleiaufnahme kommt es vor allem zu nervösen Symptomen mit Ataxie, Depression, Zähneknirschen usw. (WIESNER 1970). Histologisch zeigen sich eine Meningoencephalitis eosinophila und Ganglienschäden (WIESNER 1970). Andere Autoren berichten von Unfruchtbarkeit (SZYMANSKA u. LASKOWSKA-KLITA 1995), Bleianämie (MÄNNER u. BRONSCH 1987), Abmagerung, verminderter Milchleistung, Entwicklungsstörungen sowie Spasmen der glatten Muskulatur mit Kolik und Durchfall (HOFMANN 1992).

Blei weist antagonistische Interaktionen mit Kalzium, Phosphor, Eisen, Kupfer, Zink, Nickel, Kobalt sowie dem Fett- und Proteinstoffwechsel auf (MAHAFFEY 1983; WHITE et al. 1985; BREMNER 1987; MÄNNER u. BRONSCH 1987; GRÜN et al. 1994; TYMINSKA-ZAWORA 1995). Nach NRC (1980) hemmt auch Vitamin D die Bleiaufnahme.

Als diagnostische Parameter spielen für die Mutterkuhhaltung vor allem der Bleigehalt in Blut, Milch und Harn eine Rolle (RÜSSEL u. SCHÖBERL 1964; WIESNER 1970; NEATHERY u. MILLER 1975; NRC 1989; ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992; STOYKE et al. 1995; HEMINGWAY et al. 1996).

<b>Parameter</b>	<b>Normalwert</b>	<b>erhöht</b>	<b>Autor</b>
Blut (ppm)	0,05 - 0,25	>1,5	ROSENBERGER 1978; ROSENBERGER 1990
Milch (ppm)	0,02 - 0,04	>0,15	ROSENBERGER 1978
	0,011 - 0,034		HEMINGWAY et al. 1996
	0,05		MURTHY et al. 1967
Harn (mg/l)	<0,2	>0,4	ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992

*Tab. 2-30: Normal- und Grenzwerte diagnostischer Parameter*

Zur Behandlung einer Bleivergiftung empfiehlt sich die subcutane oder intravenöse Verabreichung des Chelatbildners EDTA zusammen mit Kalzium, Magnesium, Vitamin C und Vitamin B<sub>1</sub> (WIESNER 1970; HOFMANN 1992; STARK et al. 1995).

#### 2.3.2.3.3 Kobalt

Die biologische Funktion des Kobalts liegt in der Beteiligung am Aufbau der Cobalamine und des Thiamins (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; ANKE et al. 1994c; GROPPPEL 1995a). Die Pansenbakterien des Wiederkäuers können mit Kobalt bedarfsdeckende Mengen an Vitamin B<sub>12</sub> synthetisieren (GEH 1986; MÄNNER u. BRONSCH 1987; NRC 1989; MCDOWELL 1992). Über das Vitamin B<sub>12</sub> beeinflusst Kobalt die Futtermittelverwertung, Pansengärung, Zelluloseverdauung, den Aminosäuren-, Kohlenhydrat-, Nukleinsäure- und Fettstoffwechsel sowie die Erythrozytensynthese (NRC 1984; MCDOWELL 1989; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993; GROPPPEL 1995a).

Der Kobaltbedarf des Wiederkäuers ist somit im Grunde ein Kobaltbedarf der Mikroorganismen im Pansen (NRC 1984) und die Kobaltmangelsymptome sind Vitamin B<sub>12</sub>-Mangelsymptome (WIESNER 1970).

Der durchschnittliche Kobaltgehalt im Weideaufwuchs von 0,06 bis 0,14 mg/kg TS (DLG 1960, 1973; WIESNER 1970) liegt häufig unterhalb des mittleren Kobaltbedarfes von 0,1 mg/kg TS (SMITH u. LOOSLI 1957; AMMERMAN 1970; GEH 1986; NRC 1989; GÜNTHER 1991; ANKE 1993) und REID und HORVATH (1980) sowie MCDOWELL (1985) gehen davon aus, daß ein Kobaltmangel bei Weiderindern weitverbreitet ist. Aufgrund des subklinischen Verlaufes wird dieser jedoch oft nicht bemerkt und ruft ökonomische Verluste hervor (WIESNER 1970). Niedrige Gehalte weisen Weideaufwüchse der Sand-, Moor-, Granit-, Gneisverwitterungs- und diluvialen Sandböden auf (WIESNER 1970; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; MEYER et al. 1989; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Die Pflanzenverfügbarkeit des Kobalts wird verbessert auf trockenen und alkalischen Böden (WIESNER 1970; REID u. HORVATH 1980; SMART u. CYMBALUK 1991; GROPPPEL 1995a).

Gräser haben einen geringeren Kobaltgehalt als Leguminosen und Kräuter (UNDERWOOD 1977; NRC 1984; KIRCHGESSNER 1987b; GROPPPEL 1995a). Nach ANKE et al. (1994c) liegt er bei fast allen Leguminosen oberhalb und bei Gräsern unterhalb von 0,08 mg/kg TS. Nach KIRCHGESSNER (1987b), ANKE et al. (1994c) und GROPPPEL (1995a) sinkt der Kobaltgehalt mit zunehmendem Pflanzenalter, während KIRCHGESSNER et al. (1960, 1971) keine Beziehung zum Wachstumsstadium feststellen konnten. Nach KIRCHGESSNER et al. (1971) liegt jedoch eine jahreszeitliche Beziehung vor, das heißt, die Weideaufwüchse haben im Herbst einen höheren Kobaltgehalt als im Frühjahr.

Die Symptome des Kobaltmangels sind eigentlich die eines Vitamin B<sub>12</sub>-Mangels (WIESNER 1970). So sinkt der Vitamin B<sub>12</sub>-Gehalt im Blut, es kommt zu Wachstumsstörungen, Abmagerung, Leistungsrückgang (NRC 1984, 1989; GEH 1986; MÄNNER u. BRONSCH 1987; ANKE 1993). Die Tiere haben ein rauhes Haarkleid, sind apathisch und anämisch mit verminderter Erythrozytenzahl, niedrigem Hämatokrit und Hämoglobingehalt (WIESNER 1970; NRC 1984; MÄNNER u. BRONSCH 1987; PIATKOWSKI et al. 1990; ANKE 1993). Männliche Tiere haben eine schlechte Spermaqualität und auch bei weiblichen Tieren kommt es zu Fruchtbarkeitsstörungen (WIESNER 1970). Bei Weidehaltung werden minderwertige Pflanzen wie Seggen, Borstgras oder Heidekraut bevorzugt, während gute Futterpflanzen gemieden werden (WIESNER 1970).

Junge Tiere sind besonders empfindlich (PIATKOWSKI et al. 1990). Symptome stellen sich zum Teil erst nach Wochen ein. Dies ist jedoch abhängig vom Alter und Grad der Mangelversorgung (UNDERWOOD 1966).

Als praxisrelevante diagnostische Parameter eignen sich in der Mutterkuhhaltung der Kobaltgehalt in der Futterpflanze (PIATKOWSKI et al. 1990; GÜNTHER 1991), in Milch (WIESNER 1970; NRC 1989; PIATKOWSKI et al. 1990) und Serum (WIESNER 1970; PIATKOWSKI et al. 1990) sowie der Vitamin B<sub>12</sub>-Gehalt in Plasma (NRC 1984, 1989), Leber (WIESNER 1970; UNDERWOOD 1977; MCDOWELL 1985; NRC 1989; PIATKOWSKI et al. 1990) und Milch (JUDSON et al. 1982; ANKE 1993; ANKE et al. 1994c).

<b>Parameter</b>	<b>Kobaltgehalt</b>	<b>Autor</b>
<b>Futterpflanze</b> (mg/kg TS)	<0,08 Defizit	PIATKOWSKI et al. 1990
	<0,1 Defizit	WIESNER 1970; ROGERS und MEE 1996; GEH 1986
<b>Milch</b> (µg/l)	0,6 - 0,9	WIESNER 1970
	0,4 - 1,1	NRC 1989
	<b>Vitamin B<sub>12</sub>-Gehalt</b>	
<b>Serum</b> (µg/l)	< 0,2 - 0,3 Defizit	PIATKOWSKI et al. 1990
	4 ausreichend	WIESNER 1970
<b>Milch</b> (µg/l)	4	ANKE 1993
	0,1 - 2,1	JUDSON et al. 1982

*Tab. 2-31: Grenz- und Normalwerte geeigneter diagnostischer Parameter zum Nachweis eines Kobaltmangels*

Nach UNDERWOOD (1977) läßt sich die Diagnose eines Kobaltmangels schon anhand der typischen Symptome wie Gewichtsabnahme mit verminderter Milchproduktion, rauhem Haarkleid und Anämie stellen. Verbessern sich diese Symptome unter einer Supplementierung von Kobalt, ist die Diagnose nach WIESNER (1970) gesichert. Nach NRC (1989) verbessern sich Appetit und Temperament der Tiere schnell wieder, während die Anämie erst langsam zurückgeht.

Für die orale Zufuhr von Kobalt eignen sich intraruminale Glaspillen oder Boli (NRC 1984, 1989; TELFER et al. 1984; ALLEN et al. 1985; HEMINGWAY et al. 1996), die Verfütterung von Mineralfutter mit 20 mg Kobalt/kg (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; NRC 1989; ANKE et al. 1994c) oder Lecksteine mit geeigneten Kobaltverbindungen (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; NRC 1989). Günstig sind beispielsweise Kobaltazetat, -nitrat, -chlorid, -sulfat oder -carbonat (NRC 1984, 1989; VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; HOFMANN 1992).

## **2.4 Energie und organische Nährstoffe**

Für eine optimale Gesundheit und Fruchtbarkeit sollten Mutterkühe satt, wiederkäuergerecht, leistungsbezogen und vollwertig gefüttert werden (HAMPEL 1994). Hierbei geht man von folgenden Richtwerten aus: Die Futterraufnahme beträgt durchschnittlich 2 kg TS/100 kg Lebendmasse (ROHR 1976; GOLZE 1994; HAMPEL 1994; HOCHBERG 1995). Bei hochtragenden Kühen sowie Färsen liegt sie um 25% bzw. 15% niedriger (ROHR 1976; HAMPEL 1994). Eine wiederkäuergerechte Ration sollte einen Rohfasergehalt von 20% (HAMPEL 1994) bzw. 18% (MEYER et al. 1989) haben, davon 2/3 als strukturiertes Halmfutter. Der Fettgehalt sollte nicht über 4% liegen (MEYER et al. 1989). Besonders die Gewährleistung einer leistungsbezogenen, also ausreichenden und ausgewogenen Versorgung mit Rohprotein und Energie sowie vollwertigen, mit Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen ergänzten Ration, hat eine ausschlaggebende Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Mutterkuhhaltung (HAMPEL 1994). Ferner muß die Fütterung kostengünstig gehalten werden. Da die geringsten Kosten während der Weideperiode anfallen, beinhaltet das Management einer Mutterkuhhaltung den Aufbau von Fettreserven während der Weidesaison und deren Abbau bei einer eher verhaltenen Winterfütterung (BALLIET u. WAßMUTH 1993; Golze 1994).

Der Energie- und Nährstoffbedarf der Mutterkühe setzt sich zusammen aus dem Erhaltungsbedarf in Abhängigkeit vom Körpergewicht sowie dem Bedarf für Säugeleistung und erneute Trächtigkeit. Die Milchleistung von Mutterkühen schwankt je nach Rasse und wird durchschnittlich mit 8 - 10 kg angegeben (GOLZE 1994; HAMPEL 1994; LOWMAN u. LEWIS 1996).

Da überwiegend davon ausgegangen wird, daß bei gleichem Körpergewicht und Leistungsstadium der Energie- und Nährstoffbedarf von Mutterkühen mit dem

von Milchkühen identisch ist (GOLZE 1994; STOCKINGER et al. 1994), werden die Rationen anhand der Bedarfsnormen für Milchkühe kalkuliert.

	NEL (MJ)	Rp (g)	gRp/MJ	Autor
<b>Erhaltungsbedarf</b> 500 kg	31	425	13	GEH 1986; PIATKOWSKI et al. 1990
<b>Gravidität</b> 500 kg	43.5 - 49,5	1020 - 1110	22	GEH 1986
Pro Liter <b>Milch</b> (4% Fett)	3,17	85	27	GEH 1986; KIRCHGESSNER 1987b; PIATKOWSKI et al. 1990

*Tab. 2-32: Energie- und Proteinbedarf von Milchkühen nach verschiedenen Autoren*

Nach HALL und BRODY (1934) sowie SCHIEMANN et al. (1971) erhöht sich bei Horizontalbewegungen bis zu 5 Kilometern während der Weidesaison der Erhaltungsbedarf um 10%. Dies wird auch von ARC (1980) bestätigt. Aufgrund dieses Mehrbedarfs auf der Weide, auf der die Tiere das Futter selbst ernten müssen, sind die Energiebedarfsangaben für Milchrinder auch nicht auf Mutterkühe zu übertragen. So schlug WEIßBACH (1993) neue Energiebedarfswerte für Mutterkühe auf der Weide vor:

<b>Erhaltungsbedarf</b>	<b>LM kg</b>	<b>MJ NEL/Tier/Tag</b>
	500	33,3
	550	36,3
	600	38,8
<b>Gewichtsveränderung</b> der Mutterkuh	Zunahmen Abnahmen	+25 MJ NEL/kg -25 MJ NEL/kg
<b>Abkalbungen</b> auf der Weide		1500 MJ NEL/Kalb
<b>Gewichtszuwachs</b> Jungtieres	des	33 MJ NEL/kg

*Tab. 2-33: Energiebedarf von Mutterkühen auf der Weide (WEIßBACH 1993)*

Auch wenn das Mutterkuhmanagement die Bildung von Körperreserven gerade in der Weidesaison vorsieht, kann eine nicht leistungsbezogene Fütterung weitreichende Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit der Kühe haben und damit die Wirtschaftlichkeit der Haltung in Frage stellen (HAMPEL 1994, STOCKINGER et al. 1994). Besonders eine fehlerhafte Energieversorgung während der Hochträchtigkeit und zum Ende der Laktation kann ausschlaggebend sein:

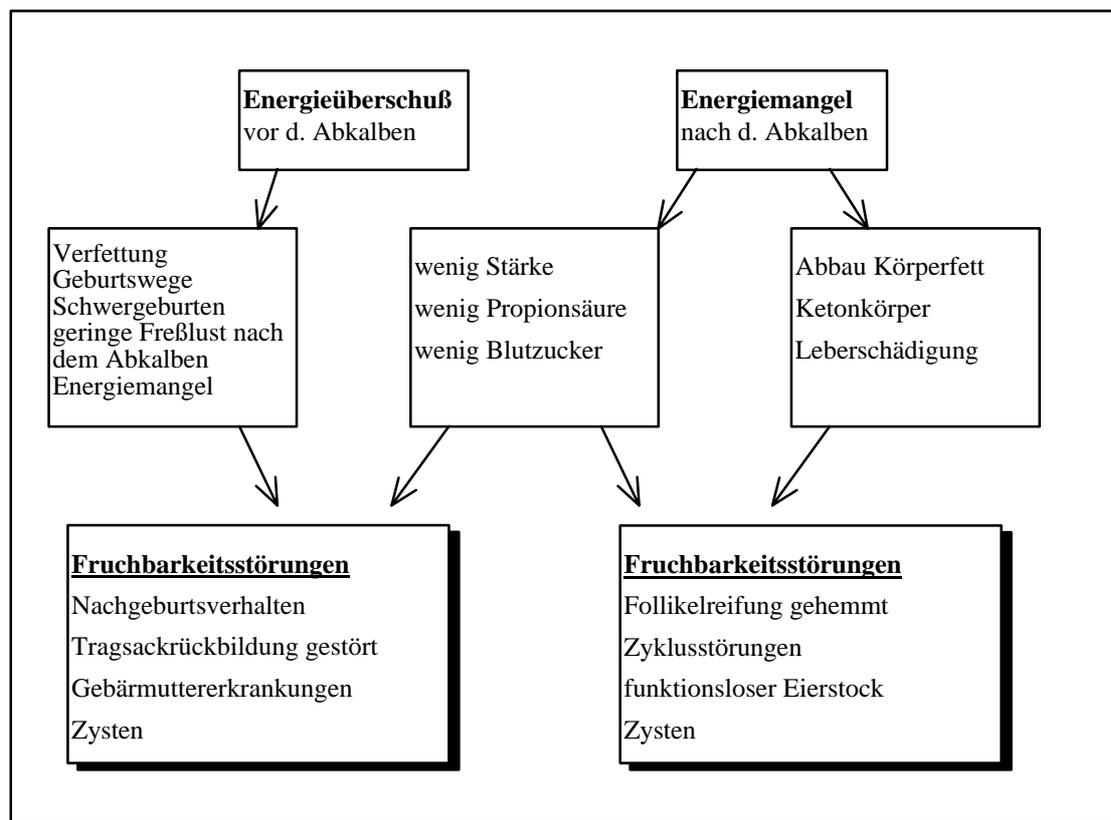


Abb. 2-10: Auswirkung von Energieüberschuß und -mangel auf die Fruchtbarkeit beim weiblichen Rind (modifiziert nach HAMPEL 1994)

Über Einbußen in der Fruchtbarkeit, sinkende Milchleistungen mit veränderten Milcheiweiß- und Milchfettgehalten, aber auch Stoffwechselstörungen wie Ketosen, Azidosen sowie ein geschädigtes Immunsystem und vermehrtes Auftreten von Euterinfektionen nach fehlerhafter Energie- bzw. Proteinversorgung berichten auch KIRCHGESSNER (1987b), NRC (1989), GROPPPEL (1993, 1995b) und HOCHBERG (1995).

Der Weideaufwuchs kann im Sommer den Nährstoffbedarf der Mutterkühe einschließlich einer für die Kälber ausreichenden Milchproduktion abdecken (KIRCHGESSNER 1987b; HAMPEL 1994). Im Herbst nimmt die Weideleistung ab und bei gleichzeitig steigendem Bedarf der Kälber steht die ausreichende Versorgung besonders auf ertragsarmen Extensivweiden zum Teil in Frage (KIRCHGESSNER 1987b; HAMPEL 1994).

Der Energie- und Nährstoffgehalt von Extensivweiden schwankt erheblich und ist abhängig vom Grad der Extensivierung und der damit einhergehenden Veränderung der Pflanzengesellschaft (KÄDING et al. 1993; ANKE et al. 1994b). Eine große Rolle spielt auch der Zeitpunkt des Auftriebes im Frühjahr. Viele Extensivweiden unterliegen der Auflage einer verspäteten ersten Nutzung (ZIEBARTH 1995), wobei jedoch durch die höhere Nutzungselastizität eventuelle Einbußen durch überständiges Futter abgeschwächt wird (TILLMANN 1992; JILG u. BRIEMLE 1993).

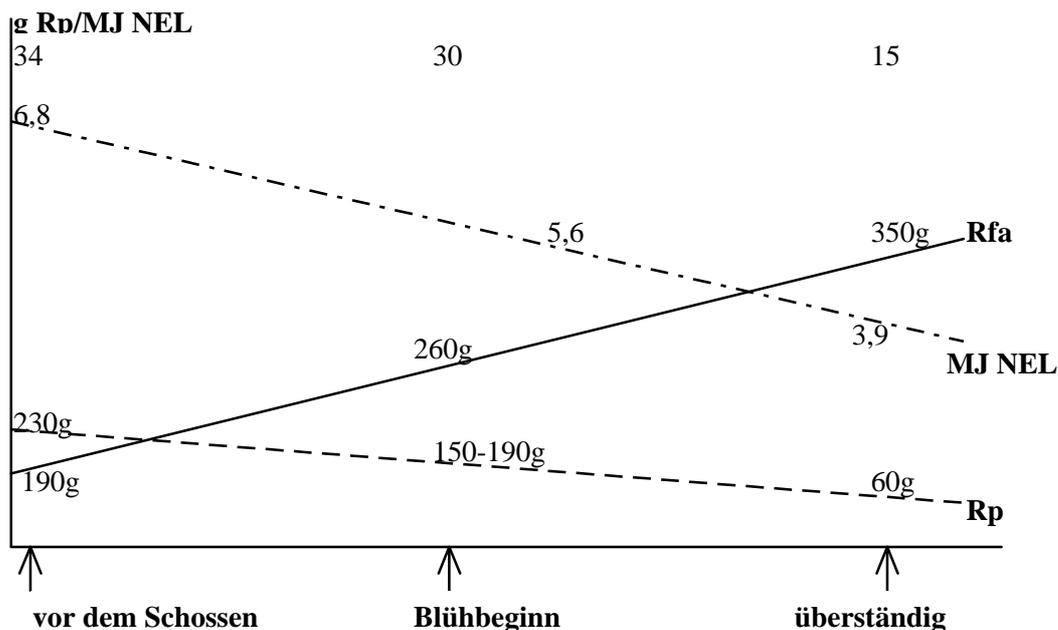


Abb. 2-11: Veränderungen des Rfa-, Rp- und Energiegehaltes im Grünfutter in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium (intensiv genutzte Mähweide) (MEYER et al. 1989)

Extensivweiden weisen durchschnittlich einen geringeren Nährstoffgehalt auf als Intensivweiden:

Gehalte in g/kg TS:	Weide extensiv			Weide intensiv		
	Roh-protein	Roh-fett	Roh-faser	Roh-protein	Roh-fett	Roh-faser
1. Aufwuchs jung	151	31	209	241	41	188
überständig	94	24	340	139	24	303
2. und folgende Aufwüchse (unter 4 Wochen)	149	39	208	230	39	203

Tab. 2-34: Rohprotein, -fett und -fasergehalte in Aufwüchsen von extensiv bzw. intensiv bewirtschafteten Weiden (DLG 1991)

In der Mutterkuhhaltung steht den Kälbern als Futtergrundlage die Milch und der Weideaufwuchs zur Verfügung. Mutterkühe säugen ihre Kälber bis zu einem Alter von acht Monaten (SAMBRAUS 1992). Die Geburtsgewichte liegen bei den für die Mutterkuhhaltung typischen Kreuzungszuchten um die 40 kg (GOLZE 1995a). Ohne Zufütterung erreichen weibliche Tiere tägliche Zunahmen von mehr als 900g/Tag und männliche Tiere nahezu 1000g/Tag. Bis zu einem Gewicht von 100 bis 150 kg reicht die Milchleistung der Mutterkühe von durchschnittlich zehn bis zwölf Litern zur Bedarfsdeckung aus (LOWMAN u. LEWIS 1996). In den ersten zwei Lebenswochen nehmen Kälber kaum Rauhfutter auf. Ab der fünften Lebenswoche kauen sie hauptsächlich auf dem aufgenommenen Gras herum. Bis zur zehnten Lebenswoche steigert sich die Rauhfutteraufnahme auf etwa 1 kg TS (KIRCHGESSNER 1987b; LOWMAN u. LEWIS 1996).

Lebendmasse(kg)	Rohprotein (g/Tag)	NEL (MJ/Tag)
150	435	21,6
200	520	26
250	605	30,1
300	685	34,2
350	765	38,2
400	845	42,2
450	925	46,2
500	1005	50,2

Tab. 2-35: Empfehlung für die tägliche Energie- und Nährstoffversorgung von Aufzuchtkälbern (GEH 1986)

Entsprechend des Mehrbedarfes der Weidetiere schlug WEIßBACH (1993) neue Energiebedarfswerte für Jungrinder auf der Weide vor:

LM kg	Erhaltungsbedarf MJ NEL/Tier/Tag	Bedarf für Zuwachs MJ NEL/kg LMZ	
		Milchrind	Fleischrind
150	14,6	10,3	10,3
200	18,1	12,8	12,8
250	21,4	15,1	15,1
300	24,5	17,3	15,1
350	27,5	19,4	17,0
400	30,4	21,5	18,8
450	33,2	23,4	20,5
500	36,0	25,4	22,2

Tab. 2-36: Energiebedarf von Jungrindern auf der Weide (WEIßBACH 1993)

Die Energiebewertung für Mastkälber erfolgt auf der Basis der Umsetzbaren Energie (ME). Eine Umrechnung der von WEIßBACH (1993) vorgeschlagenen Nettoenergiewerte (NEL) war aufgrund der bei Mast laufenden Veränderung des Teilwirkungsgrades ( $k_{p+f}$ ) nicht möglich.

HAMPEL (1994) gibt den Nährstoffbedarf der Kälber aus dem Grundfutter bis zum Absetzen im Alter von neun bis zehn Monaten mit 3000 bis 4000 MJ NEL an. Nach STOCKINGER et al. (1994) liegt er bei 2500 bis 3000 MJ NEL bis zum achten Monat.

Eine Unterversorgung mit Energie läßt sich anhand des Harnstoff-, Acetonkörper- und Eiweißgehaltes in der Milch, des Acetonkörpergehaltes im Harn und Plasma sowie anhand des Bilirubingehaltes im Plasma diagnostizieren (MEYER et al. 1989; ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992). Auf eine Überversorgung mit Proteinen deuten erhöhte Harnstoffgehalte im Plasma und in der Milch hin, während verminderte Harnstoffgehalte im Plasma und in der Milch sowie Gesamteiweißgehalte im Plasma auf eine Unterversorgung mit Protein hinweisen (MEYER et al. 1989; ROSENBERGER 1990; HOFMANN 1992; GROPPPEL 1993, 1995b).

Fehlversorgung:	Stoffwechselfparameter	
Energiemangel	Harnstoff	>25mg/dl Milch
	Acetonkörper	>3 mg/dl Milch
		>50 mg/dl Harn
		>5 mg/dl Plasma
	Eiweiß	<3 mg/dl Milch
	Bilirubin	<7 $\mu$ mol/l Plasma
Proteinüberschuß	Harnstoff	>40 g/dl Plasma
		>25 g/dl Milch
Proteinmangel	Harnstoff	<15 g/dl Plasma
		<20 g/dl Milch
	Gesamteiweiß	<6 g/dl Milch

*Tab. 2-37: Diagnostische Parameter einer fehlerhaften Energie- und Nährstoffversorgung (MEYER et al. 1989)*

### 3 Eigene Untersuchung

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Tiere

Für die Untersuchung standen fünf Mutterkuhherden (L, M, N, O, P) eines Betriebes in Mecklenburg-Vorpommern mit 620 adulten Tieren zur Verfügung. Die setzten sich prozentual aus folgenden Rassen zusammen: 53% Fleckvieh, 20% SMR, 15% Hereford, 5% Angus, 3% Salers, 3% Limosin und 1% Charolais. Die Herden L, M, N und O wurden im Mai, Herde P im Juni zusammengestellt und auf fünf Weidestandorte im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft ausgetrieben. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Mutterkühe in unterschiedlichen Leistungsstadien: Alle 89 Kühe der Herde L waren tragend und kalbten während der Weidesaison ab, während sich die Kühe der Herden M, N, O und P schon im Laktationsstadium befanden. Die Anzahl der Kälber, unterteilt in die zwei Altersgruppen, größer oder kleiner als zehn Wochen sowie die Anzahl der Mutterkühe und deren Leistungsstadium sind aus den Tabellen 3-1 bis 3-5 zu entnehmen.

	Kühe, nicht tragend o. lakt.	Kühe, tragend	Kühe, laktierend	Kälber <10 Wo	Kälber >10 Wo
22.5.-13.6.		89			
21.6.-12.7.		90			
1.8.		49	43	43	
16.8.		11	84	84	
23.8.-30.8.	10	1	84	84	
5.9.-18.9.	10		85	85	
28.9.	10		85	70	15
9.10.	10		85	41	43
12.10.	10		85	24	60

Tab. 3-1: Tierzahl und Leistungsstadien der Herde L

Woche	Kühe, tragend	Kühe, laktierend	Kälber <10 Wo	Kälber >10 Wo
23.5.-1.6.		108	119	
13.6.		108	116	
21.6.-5.7.		107	114	
12.7.		107	78	36
1.8.-27.10.		107		114

Tab. 3-2: Tierzahlen und Leistungsstadien der Herde M

Woche	Kühe, nicht tragend oder laktierend	Kühe, tragend	Kühe, laktierend	Kälber <10 Wo	Kälber >10 Wo
17.5.			115	10	108
24.5.-13.6.			115		118
21.6.-30.8.			114		115
5.9.-28.9.	10		101		102
9.10.-24.10.	10		100		101

Tab. 3-3: Tierzahlen und Leistungsstadien der Herde N

Woche	Kühe, tragend	Kühe, laktierend	Kälber <10 Wo	Kälber >10 Wo
16.5.-13.6.		84		59
21.6.-5.7.		83		57
12.7.-1.8.		82		36
16.8.-5.9.	104			
18.9.-9.10.	105			
17.10.-1.11.	104			

Tab. 3-4: Tierzahlen und Leistungsstadien der Herde O

Woche	Kühe, tragend	Kühe, laktierend	Kälber <10 Wo	Kälber >10 Wo
7.6.		80		92
21.6.-28.6.		80		91
5.7.-16.8.		80		85
23.8.-5.9.		72		78
18.9.	64	138		138
28.9.	104	98		98
9.10.-27.10.	103	98		98

Tab. 3-5: Tierzahlen und Leistungsstadien der Herde P

Während der Weidesaison war der Grasaufwuchs die ausschließliche Futtergrundlage. Den Tieren wurde ein Mineralfutter mit folgender Zusammensetzung zur freien Aufnahme in einem Futtertrog pro Weide angeboten.

Gehalt an Inhaltsstoffen:

12,50 % Kalzium

2,50 % Phosphor

10,00 % Natrium

10,00 % Magnesium

Zusatzstoffe je kg Mineralfutter:

50.000 IE Vitamin D<sub>3</sub>, 350 mg Vitamin E, 1.500 mg Kupfer

Als Tränke standen auf allen Weiden Entwässerungskanäle zur Verfügung. Ab einem Gewicht von 270 kg wurden die Kälber aus den Herden herausgenommen. Ende Oktober bzw. Anfang November wurden die Herden aufgestellt.

### ***3.1.2 Weidestandorte***

Die fünf Weidestandorte (L, M, N, O, P) lagen im 1990 gegründeten Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft. Die Weidestandorte L (39 ha), M (35 ha) und N (57 ha) gehörten zu einem früheren Salzwiesengebiet. Die Weidestandorte O (31,5 ha) und P (86 ha) befanden sich auf den ans Boddenufer grenzenden Moorniederungen.

Bei allen fünf Weiden handelte es sich um extensiv bewirtschaftetes Grünland. Die letzte Düngung und Neueinsaat fand im Jahr 1989 statt. Die einzelnen Weidestandorte waren in jeweils fünf bis sieben Einzelweiden unterteilt, die abwechselnd beweidet bzw. deren Überschuß im Juli abgemäht wurde. Im Hochsommer fand auf allen Flächen jeweils eine Nachmahd statt.

### ***3.1.3 Probenmaterial***

Als Untersuchungsmaterial wurden 213 Gras-, 200 Blut- und Speichel-, zehn Wasser- und sechs Mineralfutterproben genommen. Weiterhin standen Wiegedaten von Mutterkühen und Kälbern zur Verfügung.

## **3.2 Methoden**

### ***3.2.1 Botanische Zusammensetzung und Weideertrag***

Die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe wurde für alle fünf Weidestandorte mit der Ertragsanteilsschätzung nach dem Verfahren Klapp-Stählin (KLAPP u. STÄHLIN 1936) Ende Juni erhoben.

Der Weideertrag der fünf Standorte wurde mit Hilfe des Differenzschnittverfahrens über die gesamte Weidesaison ermittelt (VOIGTLÄNDER u. VOSS 1979). Hierzu wurden pro Weide zwischen 11 und 15 Weidekäfige à 1,1285 m<sup>2</sup> aufgestellt, so daß die Erntefläche 12 bis 16 m<sup>2</sup> umfaßte. Die Probeflächen wurden vor Weideauftrieb der Tiere und bei längerer Beweidung währenddessen mit einer elektrischen Schere abgemäht.

Nach jeder Beweidung wurden die Weidekäfige umgesetzt, um den Weidecharakter der Grasnarbe zu erhalten (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). Der Weiderest wurde in gleicher Weise wie das Futterangebot unmittelbar nach dem Abtrieb ermittelt.

### ***3.2.2 Zootechnische Leistungen***

Entsprechend den betriebstechnischen Möglichkeiten konnten 108 Mutterkühe aus den Herden N und 98 aus der Herde M am 10. bzw. 12.7.1995 gewogen werden. Von allen Kälbern der Herden L bis P wurden die Geburtsdaten dokumentiert. Von Herde L wurden die Kälber am 22.11., von Herde M am 17.8., 27.9. und 5.12., von Herde N am 14.9. und 2.11., von Herde O am 25.4., 17.7. und 9.8. sowie von Herde P am 18.7., 8.8., 20.9. und 9.11. gewogen. Aus diesen Daten konnte der Lebendmassezuwachs in kg pro Tier und Tag errechnet werden.

Die Aufnahme an Weidegras pro Mutterkuh bzw. Kalb wurde mit Hilfe des Differenzschnittverfahrens unter Berücksichtigung des Weiderestes, der Anzahl der Weidetiere und -tage ermittelt (VOIGTLÄNDER u. VOSS 1979). Hierbei wurde unterstellt, daß sich die Kälber während der ersten zehn Wochen ausschließlich über die Milch ernährten. Die Milchleistung der Mutterkühe errechnete sich aus der Energie- und Nährstoffversorgung. Ab der 11. Lebenswoche wurde für die Kälber eine zusätzliche Energieaufnahme von 16,5 MJ NEL pro Tag über den Weideaufwuchs veranschlagt (HAMPEL 1994; STOCKINGER et al. 1994).

### 3.2.3 Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte im Weideaufwuchs

Für chemische Qualitätsuntersuchungen wurden in ca. 14-tägigem Abstand pro Weide der fünf Standorte 20 Grasproben gewonnen. Nach einem fest-gelegten Plan wurden entsprechend dem Verfahren von ZIJELSTRA (ZIJELSTRA 1940) an vielen kleinen Stellen Einzelproben kurz über dem Boden abgeschnitten und zu einer Sammelmischprobe vereinigt. Um den Wasserverlust zu ermitteln, wurden die Proben unmittelbar nach der Entnahme und beim Eintreffen im Labor wieder gewogen (NAUMANN u. BASSLER 1976). Nach einer Vortrocknung bei 80°C wurden die Grasproben mit einer Ultrazentrifugalmühle (Retsch, Sieb 0,5 mm) gemahlen.

Probe	Datum	Probe	Datum	Probe	Datum	Probe	Datum
I	11.05.	VI	21. 06.	XI	16. 08.	XVI	28. 09.
II	17. 05.	VII	28. 06.	XII	23. 08.	XVII	09. 10.
III	24. 05.	VIII	05. 07.	XIII	30. 08.	XVIII	17. 10.
IV	01. 06.	IX	12. 07.	XIV	05. 09.	XIX	26. 10.
V	13. 06.	X	01. 08.	XV	18. 09.	XX	08. 11.

Tab. 3-6: Grasprobenbezeichnungen und Entnahmedaten

Der Nährstoffgehalt aller Futterproben wurde mit dem Weender Verfahren (NEHRING 1960) analysiert, die Mengen- und Spurenelemente jeder zweiten Probe mittels AAS, der Phosphorgehalt mittels Eppendorf-Photometer, die Schwefel- und Schwermetallgehalte von jeweils drei Sammelpalten pro Standort (17.5., 23.8. und 26.10., bzw. 8.11.) mit ICP-AES und ETA-AAS nach Mikrowellendruckaufschluß (NAUMANN u. BASSLER 1976). Die Berechnung der NEL erfolgt entsprechend DLG (1991) nach folgender Formel:  $NEL=8,31 - 0,064 XF$  (%Rfa von oS).

### 3.2.4 Mineralfutter: Aufnahme und Mineralstoffgehalte

Die Berechnung der täglichen Aufnahme an Mineralfutter erfolgte anhand der während der gesamten Weidesaison zugeteilten Menge durch die Weidewirte unter Berücksichtigung eines unvermeidlichen Restes von 25%, der Anzahl der Weidetiere und der Weidedauer. Hierbei wurde davon ausgegangen, daß die Mineralfutteraufnahme durch die Kälber minimal war und somit bei der Berechnung der täglichen Aufnahme vernachlässigt werden konnte. Der Mineralstoffgehalt laut Deklaration (s. 3.1.1.) wurde mittels AAS und Eppendorf-Photometer an sechs Proben überprüft.

### 3.2.5 Tränkewasser: Aufnahme und Mineralstoffgehalte

Für die Berechnung der täglichen Wasseraufnahme wurde für die Mutterkühe ein durchschnittlicher Wasserbedarf von 4 Litern pro aufgenommenem kg Futtertrockenmasse sowie 4 Liter pro Liter Milchleistung veranschlagt. Für die Kälber wurden 3,5 Liter Wasser pro kg Futtertrockenmasse berechnet (NRC 1984, 1987; KIRCHGESSNER 1987b).

Der Mineralstoffgehalt von zehn Proben je Standort wurde mittels AAS und Eppendorf-Photometers, die Schwefel- und Schwermetallgehalte mit ICP-AES und ETA-AAS nach Mikrowellendruckaufschluß (NAUMANN u. BASSLER 1976) analysiert.

### 3.2.6 Bilanzierung der täglichen Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen

Um die tägliche Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen zu ermitteln, wurde für die Mutterkühe die tägliche Aufnahme an Trockensubstanz, Mineralfutter und Wasser mit den jeweiligen Inhaltsstoffen laut Analyse verrechnet.

Die tägliche Aufnahme der Kälber bis zum Alter von zehn Wochen wurde errechnet aus der Milchleistung der Mutterkühe und den Milchinhaltstoffen nach RENNER und RENZ-SCHAUEN (1986) sowie aus dem Tränkewasserbedarf und den Wasserinhaltstoffen.

TS	130 g/l	Na	0,5 g/l	Cu	0,12 mg/l
Rp	34 g/l	K	1,5 g/l	Fe	0,5 mg/l
Rfe	40 g/l	Ca	1,2 g/l	Zn	4 mg/l
NEL	3,13 MJ/l	P	1 g/l	Mn	0,03 mg/l
		Mg	0,12 g/l	Mo	0,055 mg/l

Tab. 3-7: Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte in der Milch nach RENNER und RENZ-SCHAUEN (1986)

Die Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte decken sich auch mit den im Literaturteil zitierten Angaben. Der Selengehalt wurden nach LEVANDER (1986) und MCDOWELL (1992) mit 0,02 mg/l, der Kadmium- und Bleigehalt nach STRIKAUSKA et al. (1995) mit 0,26 µg/l und 1,7 µg/l sowie der Kobaltgehalt nach WIESNER (1970) mit 0,6 µg/l veranschlagt.

Die tägliche Aufnahme der Kälber ab einem Alter von zehn Wochen wurde errechnet aus der täglichen Aufnahme über Milch, Gras und Wasser.

### ***3.2.7 Blut- und Speichelanalysen***

Entsprechend den betriebstechnischen Möglichkeiten konnten von einer repräsentativen Anzahl Mutterkühen pro Herde einmal während der Weidesaison im Juli und einmal nach Aufstallung Ende November sowohl Serum- als auch Speichelproben gezogen werden.

Das durch Punktion der Vena jugularis gewonnene Blut wurde in Plastikröhrchen aufgefangen und sofort bis zur Ankunft im Labor auf 4°C gekühlt. Dort wurden die Blutproben zentrifugiert, das Serum abgenommen und bei -20°C aufbewahrt. Bestimmt wurden die Magnesium-, Kalzium-, Phosphor-, Kupfer-, Zink- und Selengehalte mittels AAS.

Die Speichelproben wurden mit Hilfe eines Schaumstoffschwammes und einer Kornzange aus der seitlichen Backentasche entnommen. Der Natrium- und Kaliumgehalt der Speichelproben wurde nach entsprechender Verdünnung flammenphotometrisch bestimmt (LOTTHAMMER u. AHLWEDE 1973).

### ***3.2.8 Statistik***

Die statische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogrammpaket SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTS 1985). In den Tabellen wurden den Mittelwerten ( $\bar{x}$ ) mit  $\pm$  die Standardabweichungen (s) der Einzelwerte sowie Minimal- (Min) und Maximalwerte (Max) beigefügt. Da die Untersuchungen unter Feldbedingungen erfolgten, konnten nur die die Weide charakterisierenden Parameter verlaufsmäßig dargestellt werden. Unterschiede zwischen den einzelnen Weiden sind aufgrund der Inhomogenität des Datenmaterials partiell möglich. Da sich aber aus ernährungsphysiologischer Sicht Gemeinsamkeiten für alle Weiden ableiten ließen, wurde auf die Angabe von Signifikanzen verzichtet. Die Auswertung der Blutwerte erfolgte mittels t-Test.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Weideertrag und botanische Zusammensetzung

Die für die Weiden L, M, N, O und P errechneten Weideerträge lagen zwischen 47 und 75 dt Trockensubstanz pro Hektar:

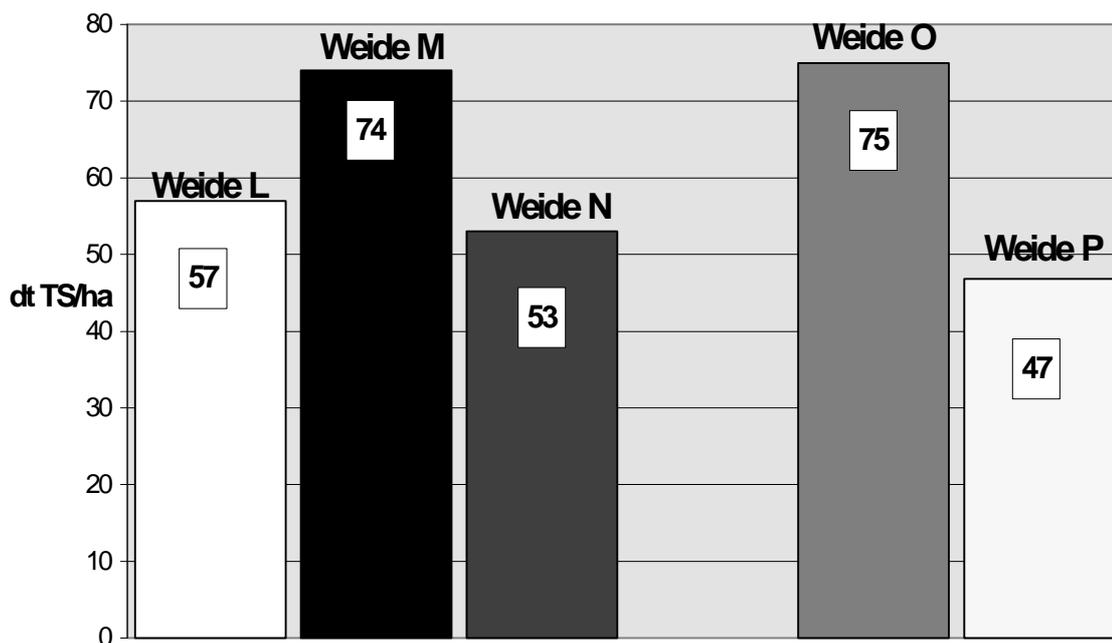


Abb. 3-1: Weideerträge der Standorte L, M, N, O und P.

Der Weideertrag umfaßt die in einem bestimmten Zeitraum entstandene pflanzliche Biomasse pro Flächeneinheit ohne Berücksichtigung der erzielten tierischen Nutzleistung (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987; GLATZLE 1990). Aufgrund der gleichen prozentualen Größe der Probeschnittfläche pro Standort, einer einheitlichen Beerntungstechnik und Häufigkeit der Probenentnahme konnte eine Beeinflussung von Seiten der Versuchsmethode oder des Weidemanagements ausgeschlossen werden.

Die botanische Zusammensetzung ist in folgender Tabelle dargestellt. Die Hauptertragsbildner auf Weide L waren die Gemeine Quecke mit 32%, danach folgten mit 16% das Wollige Honiggras, mit 14% der Knickfuchsschwanz und mit 12% der Wiesenschwingel. Auf Weide M waren das Wiesenlieschgras mit 30% und die Gemeine Quecke mit 20% vertreten.

Demgegenüber war auf Weide N das Wiesenlieschgras und die Gemeine Quecke nur zu jeweils 2% vertreten, während die Wiesenrispe mit 29%, der Wiesenschweidel mit 24% und der Knickfuchsschwanz mit 19% die Hauptertragsbildner darstellten. Diese waren auf Weide O die Gemeine Quecke mit 30%, die Weiche Trespe mit 28% und das Ausdauernde Weidelgras mit 18%. Ähnlich war auch die Lage auf Weide P. Hier waren die Hauptertragsbildner wiederum die Gemeine Quecke mit 25%, die Weiche Trespe mit 22% und das Ausdauernde Weidelgras mit 14%. Der Leguminosenanteil der Weiden L und M lag mit 10 bzw. 15% über dem der Weiden O und P mit 8 bzw. 11%. Weide N wies mit 1% Weißklee den geringsten Anteil an Leguminosen auf. Auf den Weiden L bis N lag der Anteil der Kräuter bei 3 bzw. 4%. Dreifach höhere Werte wurden für die Weiden O und P ermittelt.

Weiden:	L	M	N	O	P
Ausdauerndes Weidelgras		2%		18%	14%
Wiesenschwingel	12%	11%			8%
Wiesenschweidel			24%		2%
Wiesenrispe	5%	2%	29%	6%	5%
Wiesenlieschgras	4%	30%	2%		
Gemeine Quecke	32%	20%	2%	30%	25%
Knickfuchsschwanz	14%		19%		
Weiche Trespe			12%	28%	22%
Knaulgras		2%			1%
Glatthafer		1%			
Rohrglanzgras			3%		
Wolliges Honiggras	16%	13%	5%	1%	3%
Landreigras		1%			
Flatterbinse	6%				
Weißklee	10%	13%	1%	8%	11%
Rotklee		2%			
Löwenzahn		1%		7%	5%
Kriechender Hahnenfuß	3%		4%		2%
Echte Kamille		2%			
Sonstige Kräuter				2%	2%
	100%	100%	100%	100%	100%

Tab. 3-8: Ertragsanteile (%) von Gräsern und Kräutern

### 3.3.2 Mineralfutteraufnahme

Die für die gesamte Weidesaison ermittelte Mineralfutteraufnahme ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Deutliche Unterschiede waren zwischen der Mineralfutteraufnahme durch die Tiere der Herden L bis N einerseits (fast 50 g/Tier und Tag) und der durch die Tiere der Herden O und P andererseits (unter 30 g/Tier und Tag) festzustellen.

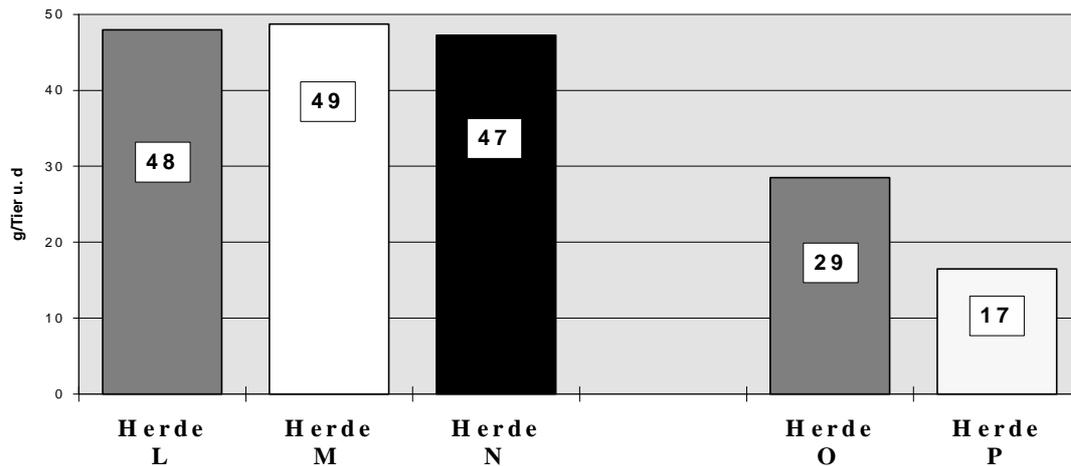


Abb. 3-2: Mineralfutteraufnahme pro Tier und Tag in g/Tier und Tag

### 3.3.3 Trockensubstanz-, Wasseraufnahme und Milchleistung

In den Tabellen 3-9 bis 3-12 sind die Trockensubstanzaufnahme (kg) über den Weideaufwuchs und die Tränkwasseraufnahme (l) pro Tier und Tag sowie die Milchleistung (l) der Mutterkühe aufgeführt. Unterschieden wurde bei der täglichen Aufnahme zwischen drei Gruppen von Tieren: den Mutterkühen, die Gras und Wasser aufnahmen, den Kälbern jünger als zehn Wochen, die nur Milch und Wasser aufnahmen und den Kälbern älter als zehn Wochen, die sowohl Milch als auch Gras und Wasser aufnahmen.

Die graviden Mutterkühe der Herde L nahmen bis zum 7.7. zwischen 8,5 und 9,3 kg TS pro Tag auf. Der Wasserbedarf lag bei 34 bis 40 Litern pro Tag. Ab dem 8.7. produzierten die Mutterkühe zwischen 10 und 12,4 Litern Milch. Dementsprechend stieg der Wasserbedarf der laktierenden Tiere auf 79 bis 91 Liter an, trotz ungefähr gleichbleibender TS-Aufnahme. Für die Milchkälber bestand ein Wasserbedarf von 4,5 bis 5,6 Litern pro Tag. Mit beginnendem Grasverzehr, dieser lag bei 2,25 und 2,32 kg TS pro Kalb und Tag, stieg der Wasserbedarf auf 12,6 bis 12,9 Liter an.

Herde L	Mutterkühe			Kälber		
				< 10 Wo.	> 10 Wochen	
	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)	Milchleistung (l)	Wasser-Aufnahme (l)	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)
22.5.-30.5.	8,5	34				
31.5.-15.6.	10,7	43				
16.6.-27.6.	10,0	40				
28.6.-7.7.	9,3	37				
8.7.-5.8.	9,7	79	10,0	4,5		
21.8.-2.9.	10,3	89	12,1	5,5		
3.9.-14.9.	10,3	91	12,4	5,6		
15.9.-27.9.	9,2	80	10,8	4,9	2,25	12,6
28.9.-12.10.	9,4	81	10,8	4,9	2,32	12,9

Tab. 3-9: Trockensubstanz- und Wasseraufnahme von Kälbern bzw. Mutterkühen der Herde L sowie deren Milchleistung

Herde M	Mutterkühe			Kälber		
				< 10 Wo.	> 10 Wochen	
	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)	Milchleistung (l)	Wasser-Aufnahme (l)	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)
23.5.-7.6	10,3	97	14,04	6,4		
8.6.-29.6.	10,8	102	14,57	6,6		
30.6.-26.7.	8,7	76	10,30	4,7	2,17	12,3
27.7.-17.8.	8,2	61	6,99		2,44	11,7
18.8.-29.8.	7,5	53	5,71		2,41	11,0
30.8.-12.9.	6,5	46	5,00		2,19	9,9
13.9.-27.9.	6,5	42	4		2,32	9,9
10.10.-27.10	5,9	39	3,8		2,15	9,3

Tab. 3-10: Trockensubstanz- und Wasseraufnahme von Kälbern bzw. Mutterkühen der Herde M sowie deren Milchleistung

Die tägliche TS-Aufnahme der Mutterkühe der Herde M sank während der Weidesaison kontinuierlich von zunächst über 10 kg auf 5,9 kg pro Tier und Tag und damit sank auch die Wasseraufnahme von ca. 100 Liter auf 39 Liter. Die aufgenommene Energie reichte im Mai und Juni noch für eine Milchleistung von mehr als 14 Litern aus, diese sank bis zum Oktober jedoch auf unter 4 Liter. Trockensubstanzaufnahme und Milchleistung waren im Herbst unrealistisch gering, und es war zu erwarten, daß die Kühe diese Unterversorgung durch Körpermasseabbau teilweise kompensierten. Die Grasaufnahme der Kälber lag wie auch bei den Kälbern der Herde L bei knapp über 2 kg TS pro Tag, und der Wasserbedarf schwankte um Werte von 10 Litern pro Tier und Tag.

Herde N	Mutterkühe			Kälber	
	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)	Milchleistung (l)	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)
4.6.-11.6.	10,7	88	11,32	2,5	14,0
12.6.-22.6.	9,6	79	10,36	2,4	13,1
19.7.-26.7.	7,6	57	6,68	2,3	11,1
27.7.-16.8.	7,5	55	6,13	2,3	11,0
27.8.-3.9.	9,3	82	11,24	2,2	13,0
12.9.-26.9.	9,9	87	11,74	2,3	13,4
3.10.-15.10.	8,7	76	10,20	2,2	12,3
18.10.-24.10	7,6	58	6,90	2,3	11,1

*Tab. 3-11: Trockensubstanz- und Wasseraufnahme von Kälbern bzw. Mutterkühen der Herde N sowie deren Milchleistung*

Die Trockensubstanzaufnahmen der Mutterkühe der Herden N und O schwankten um Werte zwischen 8 und 11 kg TS pro Tag, und die daraus resultierende Milchleistung lag zwischen 6 und 14 Litern. Der Wasserbedarf betrug je nach Milchleistung und TS-Aufnahme zwischen 90 und 40 Liter pro Kuh und Tag. Die Trockensubstanzaufnahme der Kälber, älter als zehn Wochen, betrug ca. 2 kg pro Kalb und Tag, und der Wasserbedarf schwankte zwischen 11 und 14 Litern.

Herde O	Mutterkühe			Kälber	
	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)	Milchleistung (l)	TS-Aufnahme (kg)	Wasser-Aufnahme (l)
16.5.-22.5.	8,1	67	8,67	2,2	11,6
23.5.-11.6.	10,7	99	14,03	2,3	14,4
27.7.-17.8.	10,2	85	10,90	2,5	13,6
5.10.-29.10.	9,5	38			
29.10.-1.11	9,6	39			

*Tab. 3-12: Trockensubstanz- und Wasseraufnahme von Kälbern bzw. Mutterkühen der Herde O sowie deren Milchleistung*

Mit Hilfe der Differenzschnittmethode ergab die Berechnung der Trockensubstanz- und Wasseraufnahme der Mutterkühe aus Herde P fehlerhafte Einzelwerte mit einer enormen Schwankungsbreite. Ursächlich war zum einen der inhomogene Pflanzenaufwuchs (s. Methodenkritik), der eine Bestimmung der täglichen TS-Aufnahme mittels Differenzschnittmethode erschwerte. Zum anderen wurden den Weidetieren partiell unterschiedlich große Teilstücke der untersuchten Weide zugeteilt. Zur Berechnung der täglichen Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen ließ sich für die Mutterkühe eine mittlere tägliche TS-Aufnahme von 9,03 kg TS, Wasseraufnahme von 79 Litern sowie Milchleistung von 10,4 Litern ermitteln. Die durchschnittliche tägliche TS-Aufnahme der Kälber lag bei 2,2 kg und die Wasseraufnahme bei 12,4 Litern.

### **3.3.4 Lebendmasse und Lebendmassezuwachs der Kälber**

In den folgenden Tabellen sind die Lebendgewichte der Kälber zu bestimmten Terminen aufgeführt.

	Herde L	Herde M			Herde N	
	22.11	17.8.	27.9.	5.12	14.9.	2.11
x	149 kg	128 kg	174 kg	244 kg	206 kg	236 kg
n	76	106	111	111	101	102
Max	224 kg	206 kg	275 kg	370 kg	275 kg	300 kg
Min	104 kg	69 kg	95 kg	120 kg	115 kg	147 kg
s	25,1	23	29	40	34	37

*Tab. 3-13: Lebendmasse der Kälber aus den Herden L bis N*

	Herde O			Herde P			
	25.4.	17.7.	9.8.	18.7.	8.8.	20.9.	9.11
x	144 kg	230 kg	230 kg	208 kg	228 kg	247 kg	265 kg
n	50	50	34	212	195	169	84
Max	203 kg	306 kg	287 kg	290 kg kg	300 kg	300 kg	319 kg
Min	86 kg	126 kg	137 kg	90 kg	132 kg	161 kg	200 kg
s	29,67	40,09	32,8	35	34	30	30

Tab. 3-14: Lebendmasse der Kälber aus den Herden O und P

Mit Hilfe des durchschnittlichen Geburtsgewichtes von 40 kg (GOLZE 1995a) konnte aus diesen Werten der Lebendmassezuwachs der Kälber berechnet werden. Er lag in allen Herden durchschnittlich zwischen 0,77 und 0,95 kg/Tier und Tag. Es wurden keine wesentlichen standortspezifischen Unterschiede festgestellt.

### 3.3.5 Lebendmasse der Mutterkühe

Die durchschnittliche Lebendmasse der 98 Mutterkühe aus Herde M betrug am 12.7.1995  $509 \pm 76$  kg. Die schwerste Kuh wog 690 kg, die leichteste Kuh 300 kg. Die 108 Mutterkühe aus Herde N wogen am 10.7.1995 durchschnittlich  $511 \pm 69$  kg. Das maximale Gewicht betrug 654 kg und das minimale Gewicht betrug 350 kg. Für die Gesamtheit der gewogenen Mutterkühe ergab dies ein durchschnittliches Gewicht von  $510 \pm 72$  kg. Die Mutterkühe der anderen Herden konnten betriebstechnisch bedingt nicht gewogen werden.

Lebendmasse der Mutterkühe			
	Herde M	Herde N	gesamt
x	509	511	510
n	98	108	206
Max	690	654	690
Min	300	350	300
s	75,75	69,11	72,17

Tab. 3-15: Lebendmasse der Mutterkühe

### 3.3.6 Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalte im Weideaufwuchs

#### Energie- und Nährstoffgehalte:

In den Abbildungen 3-3 bis 3-7 sind die durchschnittlichen Energie- und Rohnährstoffgehalte der Einzelweiden jedes Standortes abgebildet (L1-L4, M1-M5, N1-N3, O1-O3, P1). Die tabellarische Auflistung dieser Werte findet sich im Anhang.

Es zeigt sich für alle Weidestandorte eine jahreszeitlich bedingte Veränderung der Rohprotein-, Rohfaser- und Energiegehalte in den Aufwüchsen. So wies der Rohfasergehalt bis zum Sommer eine ansteigende und bis zum Herbst dagegen eine absteigende Tendenz auf. Gegenläufig verhielt sich der Rohproteingehalt, für den im Sommer besonders niedrige Werte ermittelt wurden. Beim Rohfettgehalt ließ sich keine einheitliche jahreszeitliche Abhängigkeit erkennen, und er schwankte zwischen 20 und 46 g/kg TS. Die Energiegehalte der einzelnen Aufwüchse nahmen im Sommer analog zum steigenden Rohfaser- und sinkenden Rohproteingehalt etwas ab, um dann im Herbst wieder anzusteigen.

In der folgenden Tabelle sind die für die gesamte Weidesaison ermittelten durchschnittlichen Energie- und Nährstoffgehalte der einzelnen Standorte aufgeführt. Die standortspezifischen Unterschiede waren gering. Nur Weide P wies auffallend hohe Rohprotein- und niedrige Rohfasergehalte auf.

	TS g/kg uS	Rp g/kg TS	Rfe g/kg TS	Rfa g/kg TS	Ra g/kg TS	NEL MJ/kg TS	Nfe g/kg TS
L	234	145	33	228	84	7,32	510
M	231	137	32	225	81	7,37	524
N	220	138	34	219	81	7,44	528
O	238	149	35	230	85	7,29	501
P	204	183	37	199	81	7,72	499

*Tab. 3-16: Mittlere Energie- und Nährstoffgehalte im Aufwuchs der Weidestandorte L bis P*

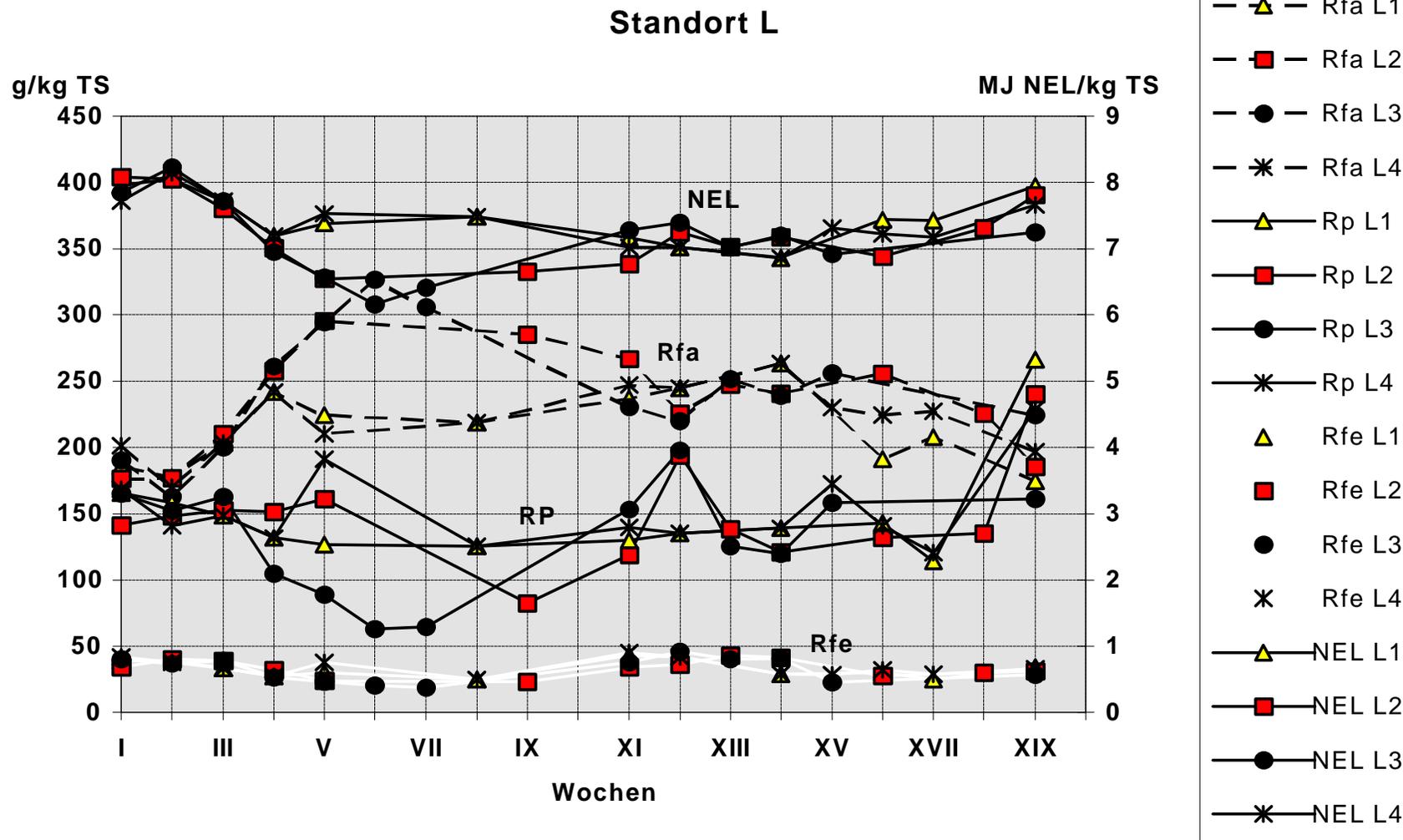


Abb. 3-3: Energie- und Rohnährstoffgehalte im Aufwuchs der Weiden L1 bis L4

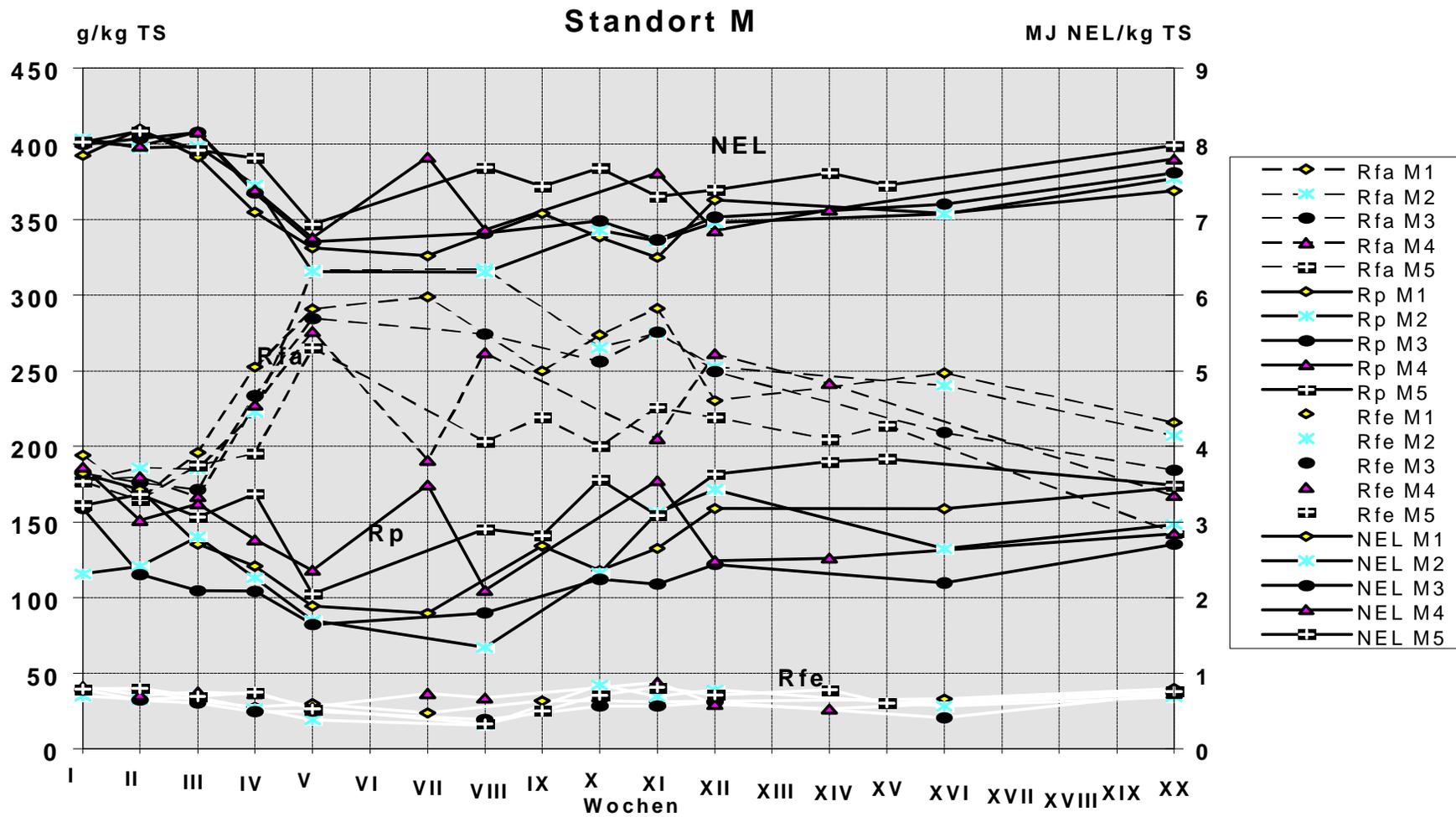
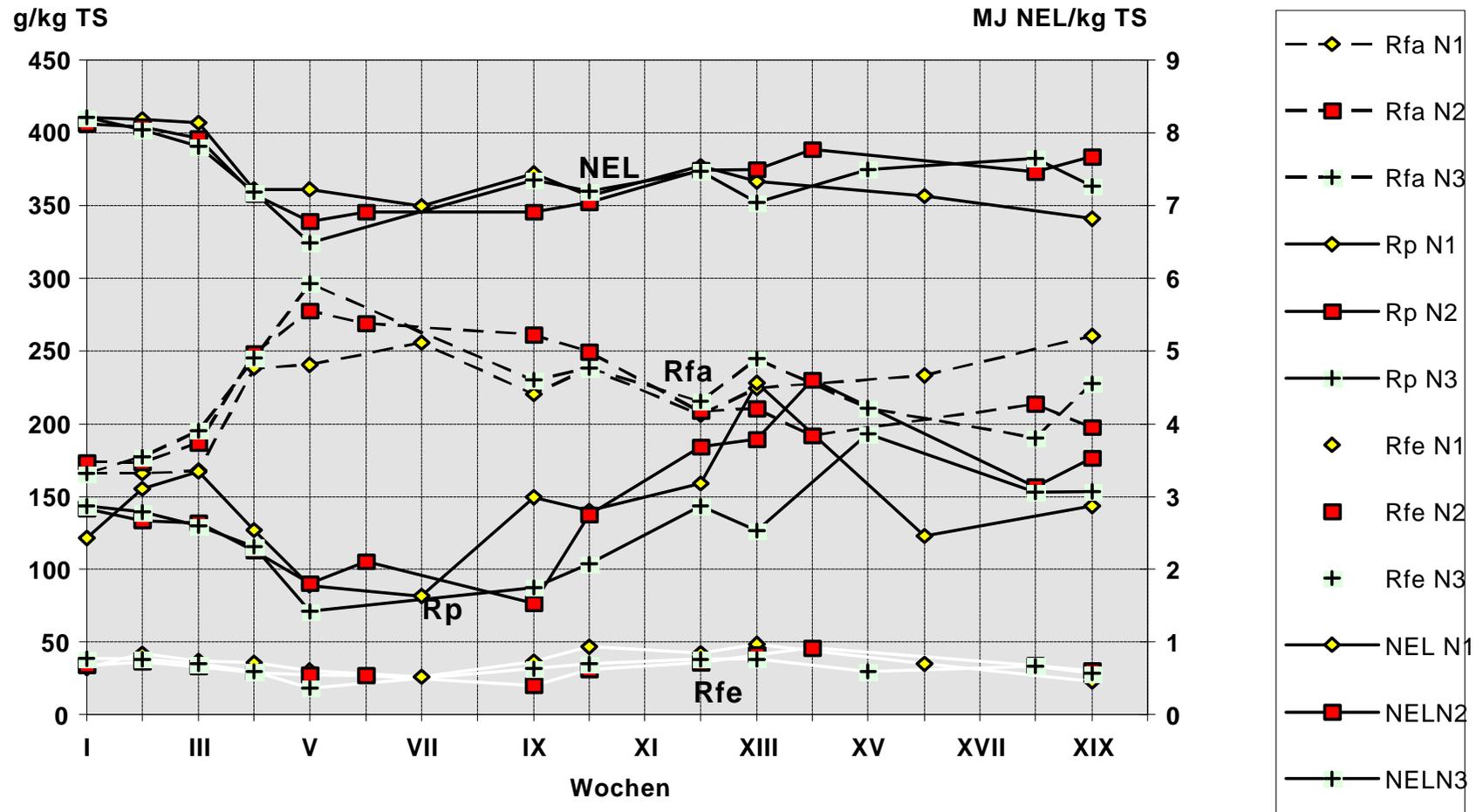


Abb.

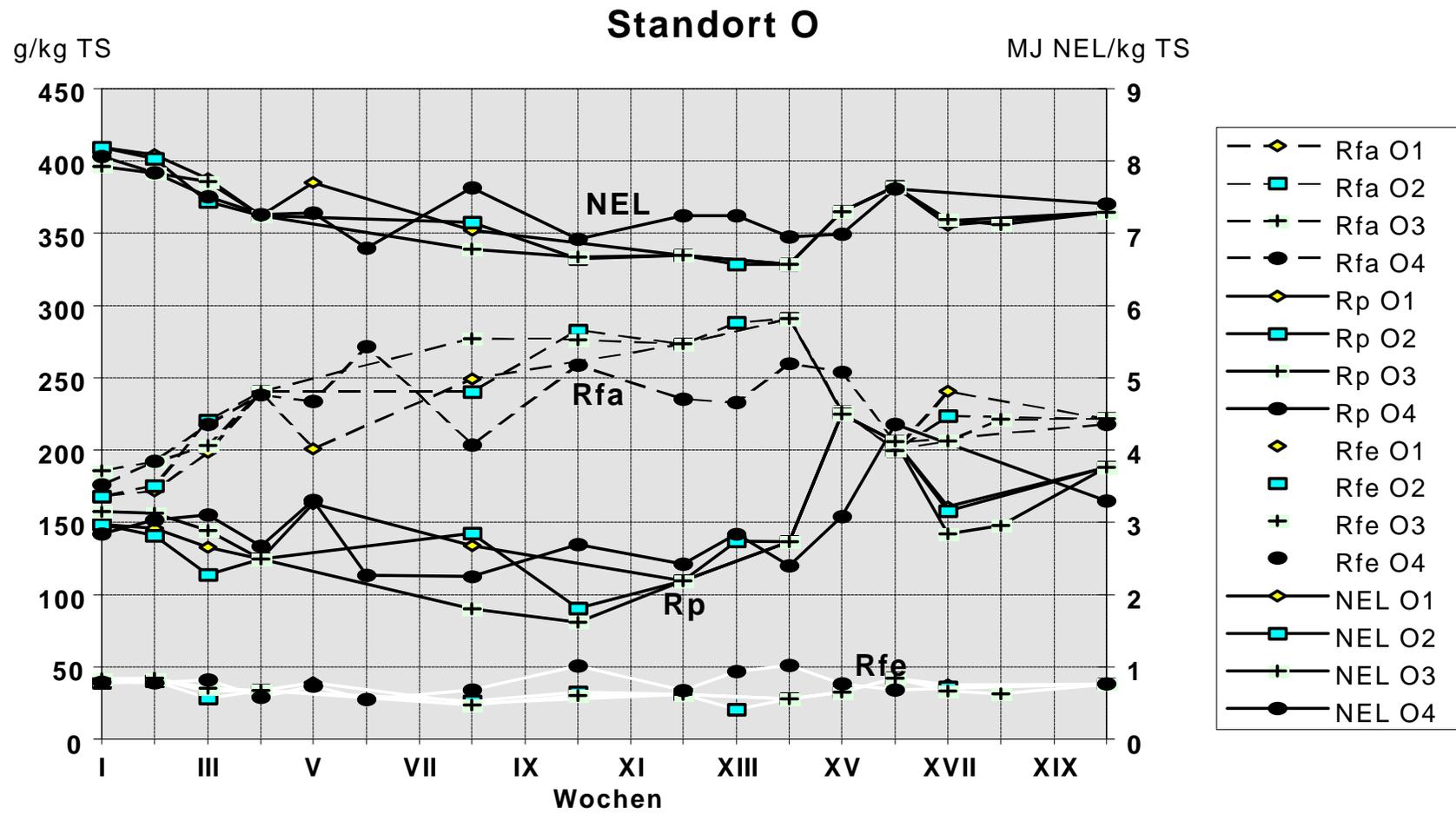
3-4: Energie- und Rohnährstoffgehalte im Aufwuchs der Weiden M1 bis M5

# Standort N



3-5: Energie- und Rohnährstoffgehalte im Aufwuchs der Weiden N1 bis N3

Abb.



3-6: Energie- und Rohnährstoffgehalte im Aufwuchs der Weiden O1 bis O4

Abb.

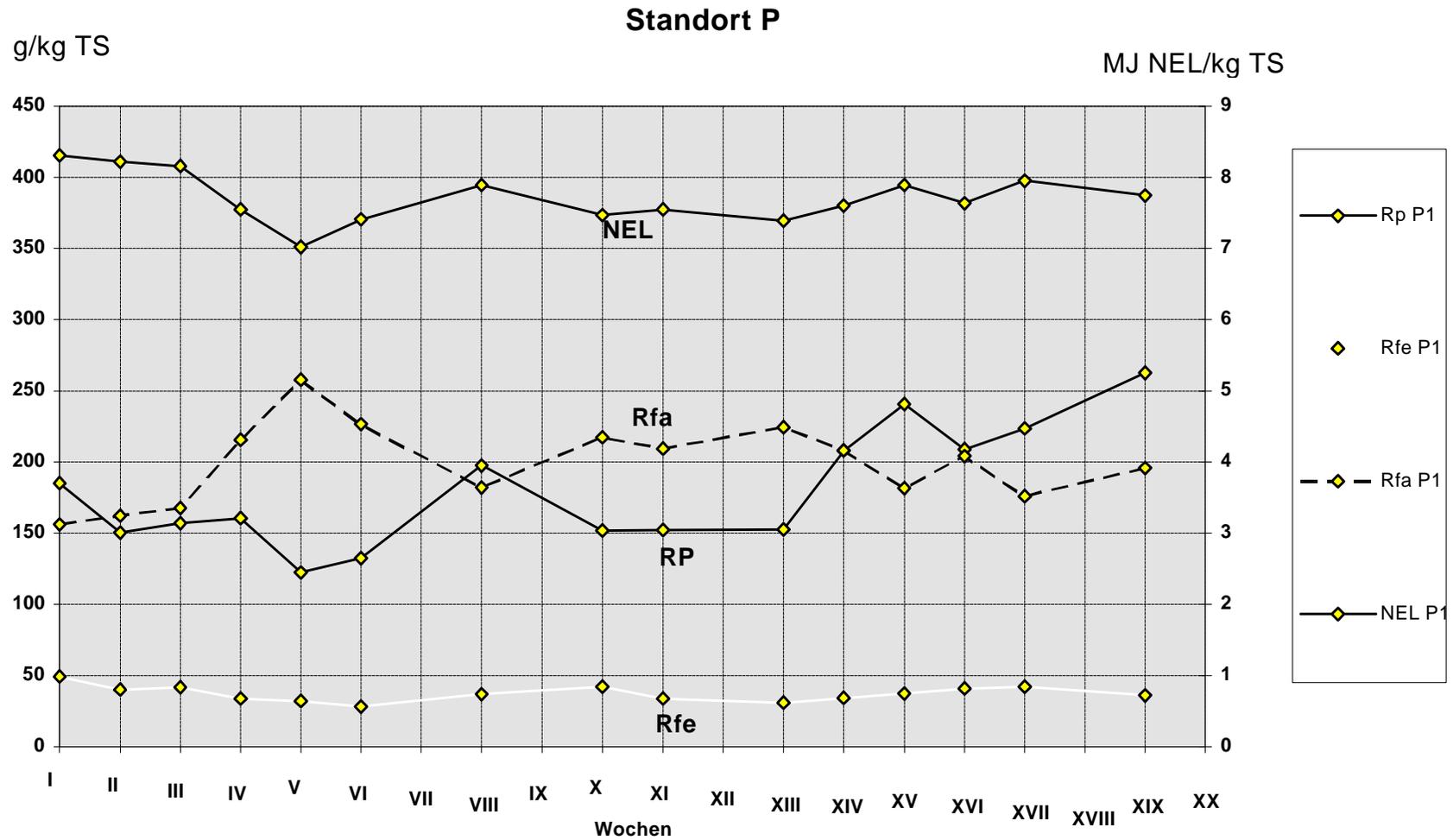


Abb. 3-7: Energie- und Rohnährstoffgehalte im Aufwuchs der Weide P1

Mineralstoffgehalte:

In den Tabellen 3-17 bis 3-26 sind die **Mengen-** und **Spurenelementgehalte** der bis zu 20 Grasproben jeder Einzelweide aller fünf Standorte aufgelistet, und in Tabelle 3-27 sind die **Schwermetallgehalte** von jeweils drei Grasproben der fünf Weidestandorte aufgeführt.

Die **Natriumgehalte** wiesen eine große Schwankungsbreite auf, zeigten jedoch keine einheitliche jahreszeitliche Veränderung. Der Mittelwert für alle Proben der Weidesaison betrug  $490 \pm 144$  mg/kg TS. In den Grasproben der Weide O wurde der niedrigste durchschnittliche Gehalt mit 407 mg pro kg TS und in denen der Weide P der höchste mit 658 mg/kg TS ermittelt.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XIX	XX
L1	327	741	402		720		746	807	600		457	
L2	389	299	149				680	616	510	582	460	
L3	327	415	347	285			676	616			473	
L4	271	411	402		720		746	807	698		634	
M1	378	660	400			319	431		398		507	535
M2	481	554	601		572	570	377		613		532	506
M3	662	458	457		397	427	378		712		498	440
M4	627	493	320		646		454	429			408	365
M5	678	353	334		684	607	500	699			633	635
N1	468	469	311			251	496		336		289	
N2	570	377	405	493		636	563	720		737	661	
N3	413	398	315			421	537			642	440	
O1	433	369	409		312		544	300	380			504
O2	432	415	409		332	438	544	300	380			504
O3	497	409	409		391	357	544	300	380	434		504
O4	525	511	299	279	327	281	338	331	461			462
P1	828	813	473	758	539	607		703	599		612	643

Tab. 3-17: Natriumgehalte der Weidestandorte L bis P in mg/kg TS.

Die **Kaliumgehalte** fielen vom Frühjahr bis zum Sommer tendenziell ab. Zum Herbst wurde ein unterschiedlich starker Anstieg dokumentiert. Im Mittel belief sich der Kaliumgehalt auf  $25 \pm 6,9$  g/kg TS.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XIX	XX
<b>L1</b>	22	22	23		18		24	19	20		41	
<b>L2</b>	21	26	23				41	16	19	18	36	
<b>L3</b>	28	24	22	17			32	16			23	
<b>L4</b>	32	30	23		18		24	19	25		30	
<b>M</b>												
<b>M1</b>	21	30	17			14	19		18			17
<b>M2</b>	25	17	20		8	13	21		17			12
<b>M3</b>	18	21	18		16	16	18		12			19
<b>M4</b>	32	32	25		23		28	20				23
<b>M5</b>	28	28	19		18	22	30	23				33
<b>N</b>												
<b>N1</b>	27	24	26			31	33		15		19	
<b>N2</b>	21	35	18	15		24	40	31		29	31	
<b>N3</b>	21	25	22			23	25			32	29	
<b>O</b>												
<b>O1</b>	29	31	25		31		24	17	36			33
<b>O2</b>	29	34	25		36		24	17	36			33
<b>O3</b>	35	29	25		17	27	24	17	36	27		33
<b>O4</b>	30	38	22	32	34	31	29	20	28			22
<b>P</b>												
<b>P1</b>	30	36	28	23	21	30		32	37		36	

Tab. 3-18: Kaliumgehalte der Weidestandorte L bis P in g/kg TS

Die jahreszeitliche Veränderung der **Magnesiumkonzentrationen** war für alle Grasproben einheitlich. So stiegen die Gehalte während des Sommers deutlich an, um dann im Herbst wieder auf die schon im Frühjahr gefundenen niedrigen Werte abzufallen. Der mittlere Gehalt aller Grasproben belief sich auf  $2,2 \pm 0,9$  g/kg TS. Den niedrigsten Durchschnittsgehalt wiesen die Proben des Standortes L auf. Er lag bei 1,8 mg/kg TS, während auf den anderen Weidestandorten mittlere Gehalte von 2,7 mg/kg TS, 2,2 mg/kg TS, 2,0 mg/kg TS und 2,5 mg/kg TS gemessen wurden.

<b>Weide</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>	<b>VIII</b>	<b>X</b>	<b>XII</b>	<b>XIV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
<b>L1</b>	1,3	2,1	1,6		2,3		2,6	1,9	1,9		1,7	
<b>L2</b>	1,1	2,3	1,8				1,4	1,9	1,6	1,6	1,8	
<b>L3</b>	1,4	2,2	1,3	1,0			2,0	1,9			1,6	
<b>L4</b>	1,4	1,8	1,6		2,3		2,6	1,9	1,5		1,8	
<b>M1</b>	2,3	2,6	1,7			4,6	3,3		2,2			2,5
<b>M2</b>	1,7	2,3	2,1		1,9	4,9	4,7		2,2			2,3
<b>M3</b>	1,7	2,0	1,6		2,6	6,7	4,4		2,1			2,2
<b>M4</b>	1,7	1,9	1,7		3,2		3,4	2,6				1,5
<b>M5</b>	2,3	2,0	1,8		2,6	3,8	3,0	4,6				2,0
<b>N1</b>	1,7	3,1	1,1			1,9	3,2		1,4		1,5	
<b>N2</b>	2,1	1,6	1,5	1,8		4,1	3,6	4,0		2,0	1,6	
<b>N3</b>	1,7	1,8	1,4			4,2	2,8			1,6	2,1	
<b>O1</b>	1,5	2,0	1,3		1,7		3,0	2,1	2,0			2,0
<b>O2</b>	1,7	1,9	1,3		1,9	2,6	3,0	2,1	2,0			2,0
<b>O3</b>	1,3	1,9	1,3		1,9	3,1	3,0	2,1	2,0	1,6		2,0
<b>O4</b>	1,2	1,7	1,3	1,4	2,4	2,5	2,81	3,2	1,9			1,9
<b>P1</b>	2,0	2,4	1,8	1,6	3,2	3,4		3,5	2,4		2,2	

Tab. 3-19: Magnesiumgehalte der Weidestandorte L bis P in g/kg TS

Auch die **Kalziumgehalte** der Proben zeigten eine deutliche jahreszeitliche Veränderung. Sie lagen in den Sommermonaten durchschnittlich doppelt so hoch wie zu Versuchsbeginn. Die sinkenden Konzentrationen im Herbst erreichten nicht so niedrige Werte wie im Frühjahr. Der durchschnittliche Kalziumgehalt aller untersuchten Proben belief sich auf  $6,0 \pm 2,4$  g/kg TS.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVII I	XIX	XX
<b>L1</b>	3,9	7,3	5,4		6,9		13,4	8,5	6,1		4,5	
<b>L2</b>	5,4	6,8	5,2				7,4	7,2	6,8	6,1	5,3	
<b>L3</b>	4,0	6,9	4,6	3,7			8,6	7,2			5,8	
<b>L4</b>	4,1	5,8	5,4		6,9		13,4	8,5	9,3		4,6	
<b>M1</b>	4,1	5,2	4,5			6,8	8,4		6,8			7,2
<b>M2</b>	5,4	5,6	6,7		4,5	9,0	12,8		7,3			6,7
<b>M3</b>	5,8	6,3	4,6		3,5	9,6	9,7		6,6			7,1
<b>M4</b>	4,5	5,5	4,8		6,7		8,6	7,3				6,3
<b>M5</b>	6,5	6,0	7,3		11,6	11,5	8,0	10,4				7,0
<b>N1</b>	2,9	5,1	3,8			7,5	9,1		6,8		5,3	
<b>N2</b>	4,2	4,0	4,6	4,9		10,8	9,2	8,8		6,7	4,9	
<b>N3</b>	4,8	4,1	4,8			10,1	2,4			5,1	7,1	
<b>O1</b>	2,6	3,1	3,4		3,3		9,6	3,7	6,5			4,6
<b>O2</b>	2,6	3,3	3,4		3,7	7,4	9,6	3,7	6,5			4,6
<b>O3</b>	3,1	4,0	3,4		4,0	5,5	9,6	3,7	6,5	4,7		4,6
<b>O4</b>	3,4	3,4	2,7	3,2	8,7	5,1	10,3	6,9	6,1			5,7
<b>P1</b>	3,2	4,1	3,3	3,2	4,5	6,2		6,6	5,4		3,7	

Tab. 3-20: Kalziumgehalte der Weidestandorte L bis P in g/kg TS

Die **Phosphorgehalte** stiegen zum Spätsommer hin an und wiesen dabei teilweise eine Steigerung um 300% auf. Im Herbst kam es zu einem leichten Abfallen der Gehalte, wobei die Werte im Herbst immer noch die des Frühjahres übertrafen. Der mittlere Phosphorgehalt lag bei  $7,1 \pm 2,2$  g/kg TS.

<b>Weide</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>	<b>VIII</b>	<b>X</b>	<b>XII</b>	<b>XIV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
<b>L1</b>	3,1	3,3	7,0	7,2		6,9		8,3	10,0	7,3		9,6	8,3
<b>L2</b>	2,8	4,1	5,1	7,5				8,0	5,7	7,4	8,9	10,6	9,0
<b>L3</b>	4,3	4,0	5,6	6,2	4,0			9,0	5,7			7,1	7,7
<b>L4</b>	3,7	3,7	7,0	7,2		6,9		8,3	10,0	9,0		10,3	9,5
<b>M1</b>	4,3	4,0	4,6	7,2			9,1	10,5		8,0		8,8	8,4
<b>M2</b>	3,1	3,7	4,5	7,5		5,2	9,5	11,3		8,7		7,3	6,1
<b>M3</b>	3,8	3,8	2,8	6,5		6,2	8,1	8,1		7,4		7,6	7,5
<b>M4</b>	5,5	4,4	3,8	9,1		8,1		8,1	6,9			7,6	7,7
<b>M5</b>	4,1	5,5	4,0	8,5		7,8	10,2	8,4	9,0			8,9	9,2
<b>N1</b>	3,8	4,3	4,4	8,7			11,0	10,9		7,5		8,2	8,0
<b>N2</b>	3,8	4,2	3,8	6,2	5,6		6,3	9,6	9,0		9,0	9,5	9,0
<b>N3</b>	3,6	4,5	3,7	7,0			9,0	7,3			9,4	9,1	8,8
<b>O1</b>	3,5	3,7	3,3	7,6		7,7		7,3		10,5		9,2	8,9
<b>O2</b>	3,6	3,9	3,3	7,6		7,5	6,9	7,3		10,5		9,2	8,9
<b>O3</b>	4,2	4,4	4,0	7,6		6,3	6,1	7,3		10,5	9,0	9,2	8,9
<b>O4</b>	3,8	4,3	3,8	7,2	7,7	9,1	8,3	6,0	5,2	9,0		8,4	8,6
<b>P1</b>	4,1	4,4	3,7	8,5	6,9	8,5	7,5		8,2	8,4		8,2	8,3

Tab. 3-21: Phosphorgehalte der Weidestandorte L bis P in g/kg TS

Der durchschnittliche **Kupfergehalt** aller Grasproben belief sich auf  $9,4 \pm 2,9$  mg pro kg TS. Auf fast allen Weiden waren jahreszeitlich bedingt ansteigende Gehalte bis zum Spätsommer sowie abnehmende Gehalte im Herbst zu erkennen. Die Weiden L, M und N wiesen mittlere Gehalte von 8,1 mg/kg TS, 9 mg/kg TS und 8,7 mg/kg TS auf. Diese lagen in den Proben der Standorte O und P mit 10,9 mg/kg TS und 11,4 mg/kg TS dagegen höher.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XIX	XX
<b>L1</b>	6,5	7,6	7,6		12,4		4,1	7,7	8,4		9,9	
<b>L2</b>	6,7	11,1	9,2				11,6	9,0	8,1	9,0	9,6	
<b>L3</b>	6,7	10,1	5,3	7,7			6,0	9,0			7,0	
<b>L4</b>	3,9	8,8	7,6		12,4		4,1	7,7	8,8		8,0	
<b>M1</b>	7,6	13,2	7,7			10,9	5,1		7,0			8,7
<b>M2</b>	6,8	9,2	9,4		10,5	17,1	9,7		6,7			9,5
<b>M3</b>	7,2	8,2	5,7		13,4	11,8	3,9		7,7			9,2
<b>M4</b>	4,9	7,4	8,5		12,6		6,0	7,1				7,1
<b>M5</b>	10,4	6,2	10,7		12,3	16,3	9,8	8,3				7,5
<b>N1</b>	6,4	8,0	9,6			10,5	14,6		6,8		7,4	
<b>N2</b>	5,9	7,7	9,1	9,6		13,5	9,0	13,1		7,2	7,2	
<b>N3</b>	6,3	9,7	8,6			7,9	7,0			6,8	7,1	
<b>O1</b>	9,5	9,8	11,8		16,8		7,9	9,9	14,4			9,9
<b>O2</b>	9,6	11,2	11,8		16,7	11,2	7,9	9,9	14,4			9,9
<b>O3</b>	6,2	13,2	11,8		14,2	11,8	7,9	9,9	14,4	9,6		9,9
<b>O4</b>	5,5	10,8	7,0	7,8	14,1	14,9	9,6	8,6	15,3			8,4
<b>P1</b>	7,8	10,3	10,2	10,4	16,1	13,4		8,6	13,8		12,0	

Tab. 3-22: Kupfergehalte der Weidestandorte L bis P in mg/kg TS

Der mittlere **Eisengehalt** aller Grasproben lag bei  $128 \pm 50$  mg/kg TS. Eine einheitliche jahreszeitliche Veränderung war durchgehend festzustellen. Die Eisengehalte fielen im Frühjahr leicht ab, um dann bis zum Herbst anzusteigen. Dabei wiesen die Grasproben im Herbst bis zu dreimal so hohe Konzentrationen auf wie im Frühjahr.

<b>Weide</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>	<b>VIII</b>	<b>X</b>	<b>XII</b>	<b>XIV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
<b>L1</b>	141	103	87		132		109	113	166		233	
<b>L2</b>	94	85	87				274	109	199	183	246	
<b>L3</b>	111	90	75	77			120	109			284	
<b>L4</b>	126	103	87		132		109	113	117		231	
<b>M1</b>	93	99	79			129	158		135			179
<b>M2</b>	92	86	80		111	110	163		141			201
<b>M3</b>	88	89	75		90	116	152		148			219
<b>M4</b>	103	112	71		163		123	168				193
<b>M5</b>	97	96	97		141	153	130	124				188
<b>N1</b>	92	186	59			138	111		103		231	
<b>N2</b>	84	92	68	84		133	94	132		108	162	
<b>N3</b>	84	90	59			123	92			169	160	
<b>O1</b>	83	76	59		124		144	149	173			255
<b>O2</b>	90	105	59		128	101	144	149	173			255
<b>O3</b>	98	89	59		118	128	144	149	173	193		255
<b>O4</b>	113	95	79	76	116	116	121	114	131			269
<b>P1</b>	93	93	61	82	178	117		136	147		108	

Tab. 3-23: Eisengehalte der Weidestandorte L bis P in mg/kg TS

Die jahreszeitliche Veränderung der **Zinkgehalte** war nicht so deutlich wie beim Eisen. Einige Proben zeigten abfallende Konzentrationen im Sommer, die im Herbst wieder anstiegen und zum Teil die Werte des Frühjahrs noch übertrafen. Andere Proben wiesen aber auch vom Frühjahr an einen tendenziellen Anstieg der Zinkkonzentration auf. Die Schwankungsbreite der Werte ist auffallend. Der mittlere Zinkgehalt aller Grasproben lag bei  $44 \pm 20$  mg/kg TS.

<b>Weide</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>	<b>VIII</b>	<b>X</b>	<b>XII</b>	<b>XIV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
<b>L1</b>	40	27	24		46		26	43	78		37	
<b>L2</b>	34	37	32				23	49	81	87	42	
<b>L3</b>	62	28	27	19			26	49			21	
<b>L4</b>	64	28	24		46		26	43	39		33	
<b>M</b>												
<b>M1</b>	69	33	16			40	24		67			47
<b>M2</b>	38	24	12		36	45	20		64			39
<b>M3</b>	77	26	15		40	50	16		69			52
<b>M4</b>	66	27	15		59		49	47				46
<b>M5</b>	57	25	38		64	66	24	76				69
<b>N</b>												
<b>N1</b>	38	27	12			26	27		75		87	
<b>N2</b>	36	30	25	53		49	55	71		90	72	
<b>N3</b>	35	26	20			47	20			95	82	
<b>O</b>												
<b>O1</b>	60	24	34		29		54	23	64			39
<b>O2</b>	66	21	34		33	42	54	23	64			39
<b>O3</b>	79	26	34		38	45	54	23	64	73		39
<b>O4</b>	73	25	15	52	31	51	49	28	62			67
<b>P</b>												
<b>P1</b>	65	23	34	60	58	67		42	66		68	

Tab. 3-24: Zinkgehalte der Weidestandorte L bis P in mg/kg TS

Die **Mangankonzentrationen** aller Grasproben zeigten einen deutlichen Anstieg bis zum Sommer um bis zu 300% und fielen im Herbst wieder geringfügig ab. Der mittlere Mangangehalt betrug  $176 \pm 105$  mg/kg TS.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XIX	XX
<b>L1</b>	119	73	115		237		274	352	346		107	
<b>L2</b>	138	125	73				79	170	308	268	97	
<b>L3</b>	124	102	36	40			65	170			135	
<b>L4</b>	137	174	115		237		274	352	496		176	
<b>M</b>												
<b>M1</b>	112	225	54			242	244		175			250
<b>M2</b>	113	163	44		243	459	104		338			234
<b>M3</b>	123	113	115		261	449	234		456			498
<b>M4</b>	60	45	88		130		94	80				228
<b>M5</b>	85	54	32		182	488	83	230				189
<b>N</b>												
<b>N1</b>	120	58	52			289	67		197		139	
<b>N2</b>	115	81	103	142		437	108	309		258	306	
<b>N3</b>	100	135	86			294	128			302	211	
<b>O</b>												
<b>O1</b>	102	89	71		192		159	149	219			166
<b>O2</b>	80	65	71		189	221	159	149	219			166
<b>O3</b>	79	77	71		257	259	159	149	219	169		166
<b>O4</b>	105	75	84	85	211	207	187	137	229			250
<b>P</b>												
<b>P1</b>	134	113	20	159	256	283		273	274		237	

Tab. 3-25: Mangangehalte der Weidestandorte L bis P in mg/kg TS

Der Trend der jahreszeitlichen Veränderung war bei den **Selenwerten** am stärksten ausgeprägt. Während die Selenkonzentrationen im Frühjahr bei Werten um 13 µg/kg TS lagen, wiesen sie bis zum Herbst eine kontinuierliche Steigerung auf bis zu 10-fach höhere Gehalte auf. Die mittlere Selenkonzentration belief sich auf  $20 \pm 14$  µg/kg TS.

Weide	I	II	IV	VI	VIII	X	XII	XIV	XVI	XVIII	XIX	XX
<b>L1</b>	16	13	10		15		21	29	41		53	
<b>L2</b>	9	7	12				17	23	25	32	34	
<b>L3</b>	13	10	16	17				23			42	
<b>L4</b>	20	14	10		15		21	29	25		37	
<b>M1</b>	13	10	15			13	12		18			44
<b>M2</b>	9	11	17		15	13	16		29			93
<b>M3</b>	12	9	10		17	13	16		30			65
<b>M4</b>	11	13	10		15		17	23				59
<b>M5</b>	13	17	10		14	11	19	25				50
<b>N1</b>	9	12	10			16	19		24		43	
<b>N2</b>	7	7	9	10		9	15	12		31	35	
<b>N3</b>	8	7	11			9	15			23	24	
<b>O1</b>	13	12	14		17		17	29	27			55
<b>O2</b>	14	15	14		17	14	17	29	27			55
<b>O3</b>	14	10	14		15	13	17	29	27	34		55
<b>O4</b>	24	9	16	13	14	13	20	31	33			61
<b>P1</b>	13	8	11	9	9	7		15	17		23	41

Tab. 3-26: Selengehalte der Weidestandorte L bis P in µg/kg TS.

Die **Cadmiumgehalte** wiesen bis auf Weide L einen deutlichen Anstieg vom Frühjahr bis zum Herbst auf. Der mittlere Cadmiumgehalt lag bei 0,04 mg/kg TS. Weniger ausgeprägt war der Anstieg bei den **Bleigehalten**. Die höchsten wurden jedoch auch hier im Herbst ermittelt. Der mittlere Gehalt lag bei 0,50 mg/kg TS. Auch die **Kobalt-** und **Molybdängehalte** waren im Herbst am höchsten und schwankten um Mittelwerte von 0,11 mg/kg TS bzw. 5,15 mg/kg TS. Die **Schwefelgehalte** in den Grasproben fielen auf den Weiden M, N und O im Herbst wieder leicht ab, während die Gehalte auf den Weiden L und P kontinuierlich anstiegen. Die mittlere Schwefelkonzentration aller Grasproben lag bei 4,2 g/kg TS.

Weide-standort	Woche	Cd mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Co mg/kg TS	Mo mg/kg TS	S g/kg TS
<b>L</b>	II	0,03	0,34	0,12	6,56	3,0
	XII	0,06	0,33	0,11	3,71	4,0
	XIX	0,04	0,76	0,09	7,08	4,2
<b>M</b>	II	0,03	0,39	0,10	5,78	2,8
	XII	0,03	0,28	0,09	4,03	4,7
	XX	0,09	1,39	0,21	9,11	4,1
<b>N</b>	II	0,02	0,31	0,09	3,56	3,1
	XII	0,02	0,40	0,08	4,34	4,7
	XIX	0,04	0,75	0,15	4,77	3,7
<b>O</b>	II	0,03	0,22	0,09	4,13	3,2
	XII	0,03	0,30	0,11	4,20	5,6
	XX	0,06	1,18	0,15	4,54	4,5
<b>P</b>	III+IV	0,02	0,30	0,05	6,34	3,6
	XI	0,04	0,42	0,09	4,40	5,4
	XIX	0,05	0,42	0,08	4,67	5,9

Tab. 3-27: Schwermetallgehalte der Weidestandort L bis P

### 3.3.7 Mineralstoffgehalte im Mineralfutter

Mengen- elemente	Natrium (g/kg)	Kalium (g/kg)	Magnesium (g/kg)	Kalzium (g/kg)	Phosphor (g/kg)
Analyse	106 ±2	2,9±0,1	104±5	129±5	25±2
Deklaration	100	3	100	125	25
Spuren- elemente	Kupfer (g/kg)	Eisen (g/kg)	Zink (g/kg)	Mangan (g/kg)	Selen (mg/kg)
Analyse	1,5±0,1	8,1±0,2	2,9±0,1	2,1±0,1	19±2
Deklaration	1,5	8	3	2	20

Tab. 3-28: Ergebnis der Mineralstoffanalyse des Mineralfutters (n=6) und die entsprechenden Gehalte laut Deklaration

In Tabelle 3-28 sind die Mineralstoffgehalte im Mineralfutter aufgeführt. Analysiert wurden sechs Einzelproben. Die Abweichungen vom deklarierten Mineralstoffgehalt war für alle Elemente außer Natrium (6,2 %) kleiner als fünf Prozent.

### 3.3.8 Mineralstoffgehalte im Tränkewasser

In Tabelle 3-29 sind die Mineralstoffgehalte der einzelnen Weidetränken aufgelistet. Die Probenzahl betrug je Standort n=10. Die Natriumgehalte der einzelnen Tränken unterschieden sich auffallend. So betrug die Konzentration auf den Standorten L bis N durchschnittlich 2 g/l, während im Tränkewasser der Standorte O und P nur 0,3 g Natrium pro Liter nachweisbar waren. Tendenziell traf dies auch für die Elemente Kalium und Magnesium zu. Der Kaliumgehalt im Tränkewasser der Standorte L bis N betrug durchschnittlich 74 bis 88 mg/l, auf den Standorten O und P jedoch nur 15 bzw. 18 mg pro Liter, und der Magnesiumgehalt lag auf den Standorten L bis P zwischen 309 und 481 mg/l, während er auf den Standorten O und P nur 74 bzw. 86 mg/l betrug. Die Kalziumkonzentration schwankte in allen Wasserproben zwischen 90 und 143 mg/l und die Phosphorkonzentration zwischen 29 und 45 mg/l. Der Kupfergehalt des Weidewassers lag relativ einheitlich auf allen fünf Standorten bei 0,24 oder 0,23 mg/l. Geringe Schwankungen wiesen auch die Eisen-, Zink- und Manganwerte auf. Sie lagen bei durchschnittlich 1,1 bis 1,5 mg Eisen, 0,15 bis 0,26 mg Zink und 1,25 bis 1,34 mg Mangan pro Liter. Die

Schwefelkonzentrationen schwankten auf allen fünf Standorten zwischen Werten von 110 bis 138 mg pro Liter.

		Weide L	Weide M	Weide N	Weide O	Weide P
Na	ppm	1966 ± 24	1835 ± 16	2059 ± 69	303 ± 11	369 ± 7
K	ppm	88 ± 2	74 ± 3	77 ± 2	15 ± 1	18 ± 1
Mg	ppm	482 ± 14	309 ± 13	327 ± 14	74 ± 2	86 ± 3
Ca	ppm	143 ± 5	116 ± 3	132 ± 6	90 ± 4	126 ± 5
P	ppm	45 ± 2	29 ± 1	39 ± 2	44 ± 2	30 ± 1
S	ppm	126 ± 4	138 ± 5	135 ± 7	110 ± 6	125 ± 5
Cu	ppm	0,24 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01
Fe	ppm	1,10 ± 0,05	1,53 ± 0,06	1,13 ± 0,09	1,43 ± 0,06	1,15 ± 0,10
Zn	ppm	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,26 ± 0,00	0,15 ± 0,00
Mn	ppm	1,34 ± 0,07	1,34 ± 0,08	1,32 ± 0,09	1,26 ± 0,01	1,25 ± 0,04
Mo	ppb	<5	<5	<5	<5	<5
Cd	ppb	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	ppb	<30	<30	<30	<30	<30

Tab. 3-29: Mineralstoffgehalte der Weidetränken (n=10)

### 3.3.9 Tägliche Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen

In den Tabellen 3-30 bis 3-37 ist die tägliche Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen aller Tiere der fünf untersuchten Herden aufgeführt. Aufgrund der Berechnungsgrundlage wurde hier eine Genauigkeit der Werte unterstellt, die der theoretischen Kalkulation entspricht. Unter- bzw. Überschreitungen konnten nur bedingt berücksichtigt werden. Für die Herde P wurde infolge der fehlerhaften Einzelwerte eine mittlere TS- und Wasseraufnahme sowie Milchleistung der Mutterkühe verrechnet. (s. 3.3.3).

Auffallend war die zehnfach höhere Natrium- und zweifach höhere Magnesiumversorgung der Mutterkühe aus den Herden L, M und N sowie die enorme Schwankung der Werte während der Weidesaison um mehr als 100%. Ursächlich hierfür waren die im Vergleich zu den Standorten O und P etwa sechsfach höheren Gehalte der beiden Elemente im Tränkwasser. So nahmen beispielsweise Mutterkühe der Herde L während der Gravidität täglich weniger als 10 g Natrium mit dem Weideaufwuchs und Mineralfutter, aber nahezu 70 g mit dem Tränkwasser auf.

Während der Laktation stieg die Natriumaufnahme mit dem Tränkwasser analog zur höheren Wasseraufnahme auf bis zu 180 g/d. Die Magnesiumaufnahme der graviden Mutterkühe mit dem Tränkwasser betrug etwa 20 g pro Tag und verdoppelte sich bei einsetzender Laktation. In geringerem Ausmaß sind diese Unterschiede ebenfalls bei den Kälbern nachvollziehbar.

Die tägliche Manganaufnahme schwankte entsprechend dem Gehalt im Weideaufwuchs um bis zu 600%.

Im Gegensatz zu den anderen Herden sank die Energie-, Nähr- und Mineralstoffaufnahme der Mutterkühe aus Herde M kontinuierlich im Laufe der Weidesaison ab. Ursächlich waren hierfür keinesfalls geringere oder sinkende Gehalte im Weideaufwuchs, sondern vielmehr Fehler im Weidemanagement.

Die Kälber der Herden L und M, die jünger als zehn Wochen waren, nahmen durchschnittlich nur ein Zehntel der Menge der Mengenelemente und etwa ein Hundertstel der Menge der Spurenelemente Eisen, Mangan, Molybdän sowie der akzidentellen Spurenelemente auf, die für die Mutterkühe errechnet wurde.

Mit einsetzender Grasaufnahme der mehr als zehn Wochen alten Kälber verdoppelte sich in etwa das Volumen der Mengenelementaufnahme, während sich das Volumen der Aufnahme von akzidentellen Spurenelementen sowie von Mangan um teilweise über 100% steigerte. Auch die Spurenelementaufnahme lag bis auf die des Selens deutlich höher.

		22.5.- 30.5.	31.5.- 15.6.	16.6.- 27.6.	28.6.- 7.7.	8.7.- 5.8.	21.8.- 2.9.	3.9.- 14.9.	15.9.- 27.9.	28.9.- 12.10
g/d	<b>Rp</b>	1191	1671	721	1169	976	1412	1372	1398	1177
	<b>Rfe</b>	257	298	206	232	277	364	360	277	261
	<b>Rfa</b>	1892	2961	3090	2037	2548	2616	2525	1979	2154
MJ/d	<b>NEL</b>	63,4	72,9	63,8	69,6	65,1	71,5	73,1	67,4	67,7
g/d	<b>Na</b>	75	91	86	84	166	188	190	168	169
	<b>K</b>	199	250	174	171	236	229	173	214	181
	<b>Mg</b>	35	45	34	44	61	71	68	59	59
	<b>Ca</b>	57	68	49	76	85	132	93	88	78
	<b>P</b>	64	83	43	67	91	99	64	80	81
	<b>S</b>	30	38	35	42	49	52	53	49	50
mg/d	<b>Cu</b>	145	181	159	196	179	154	187	170	172
	<b>Fe</b>	1161	1362	1198	1652	1785	1625	1607	1774	2269
	<b>Zn</b>	354	494	341	578	547	514	664	696	947
	<b>Mn</b>	1119	935	550	2350	2169	3439	1969	4076	2912
	<b>Se</b>	1,05	1,09	1,13	1,10	1,19	1,22	1,20	1,26	1,23
	<b>Mo</b>	56	70	66	35	36	38	38	65	67
mg/d	<b>Cd</b>	0,26	0,32	0,30	0,56	0,58	0,62	0,62	0,37	0,38
	<b>Pb</b>	2,89	3,64	3,40	3,07	3,20	3,40	3,40	6,99	7,14
	<b>Co</b>	1,02	1,28	1,20	1,02	1,07	1,13	1,13	0,83	0,85

*Tab. 3-30: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Mutterkühe aus Herde L*

		<b>Kälber &lt; 10 Wochen</b>					<b>Kälber &gt; 10 Wochen</b>	
		8.7.- 5.8.	21.8.- 2.9.	3.9.- 14.9.	15.9.- 27.9.	28.9.- 12.10	15.9.- 27.9.	28.9.- 12.10
g/d	<b>Rp</b>	340	422	421	366	367	708	654
	<b>Rfe</b>	400	496	495	430	432	498	496
	<b>Rfa</b>						484	525
MJ/d	<b>NEL</b>	31	39	39	34	34	50	50
g/d	<b>Na</b>	14	17	17	15	15	32	32
	<b>K</b>	15	19	19	17	17	68	60
	<b>Mg</b>	3,4	4,2	4,2	3,7	3,7	11	11
	<b>Ca</b>	13	16	16	14	14	32	30
	<b>P</b>	10	13	13	11	11	30	30
	<b>S</b>	0,57	0,71	0,71	0,62	0,62	11	11
mg/d	<b>Cu</b>	2,3	2,8	2,8	2,5	2,5	24	24
	<b>Fe</b>	10	12	12	11	11	338	457
	<b>Zn</b>	41	51	50	44	44	177	238
	<b>Mn</b>	6,4	7,9	7,9	6,9	6,9	964	677
	<b>Se</b>	0,20	0,25	0,25	0,22	0,22	0,29	0,28
	<b>Mo</b>	0,55	0,68	0,68	0,59	0,59	17	17
mg/d	<b>Cd</b>	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,09	0,09
	<b>Pb</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	1,73	1,76
	<b>Co</b>	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,21	0,21

*Tab. 3-31: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Kälber aus Herde L*

		23.5.- 7.6.	8.6.- 29.6.	30.6.- 26.7.	27.7.- 17.8.	18.8.- 29.8.	30.8.- 12.9.	13.9.- 27.9.	10.10.- 27.10.
g/d	<b>Rp</b>	1457	1432	1347	1018	1133	1241	864	919
	<b>Rfe</b>	339	354	225	270	266	226	177	221
	<b>Rfa</b>	2227	2624	1807	2237	1750	1361	1503	1091
MJ/d	<b>NE L</b>	78	77	66	55	54	49	46	46
g/d	<b>Na</b>	187	199	150	120	106	94	85	79
	<b>K</b>	203	256	180	122	214	153	104	127
	<b>Mg</b>	53	71	56	68	47	49	32	30
	<b>Ca</b>	57	90	115	83	77	79	56	51
	<b>P</b>	45	92	82	76	64	61	54	49
	<b>S</b>	42	44	51	47	43	37	32	30
mg/d	<b>Cu</b>	134	161	143	124	58	65	56	59
	<b>Fe</b>	1148	1917	1396	1064	1004	877	977	1224
	<b>Zn</b>	408	655	579	380	377	502	438	307
	<b>Mn</b>	460	1541	3016	3225	776	1557	2143	1711
	<b>Se</b>	1,08	1,14	1,09	1,09	1,1	1,14	1,15	1,28
	<b>Mo</b>	60	62	35	33	30	26	59	54
mg/d	<b>Cd</b>	0,31	0,32	0,17	0,16	0,15	0,13	0,58	0,53
	<b>Pb</b>	4,02	4,21	2,44	2,30	2,10	1,82	8,98	8,26
	<b>Co</b>	1,03	1,08	0,78	0,74	0,68	0,59	1,36	1,25

*Tab. 3-32: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Mutterkühe aus Herde M*

		<b>Kälber &lt; 10 Wochen</b>			<b>Kälber &gt; 10 Wochen</b>					
		23.5.- 7.6.	8.6.- 29.6.	30.6.- 26.7.	30.6.- 26.7.	27.7.- 17.8.	18.8.- 29.8.	30.8.- 12.9.	13.9.- 27.9.	10.10.- 27.10.
g/d	<b>Rp</b>	477	495	350	686	541	558	588	446	462
	<b>Rfe</b>	562	583	412	468	360	314	276	224	232
	<b>Rfa</b>				451	666	562	458	540	395
MJ/d	<b>NEL</b>	44	46	32	49	38	35	32	29	28
g/d	<b>Na</b>	19	20	14	29	26	24	22	22	20
	<b>K</b>	22	22	16	60	46	77	59	43	51
	<b>Mg</b>	3,7	3,8	2,7	12	18	12	14	9	8
	<b>Ca</b>	18	18	13	39	30	29	30	22	20
	<b>P</b>	14	15	10	30	29	26	25	23	21
	<b>S</b>	0,88	0,91	0,65	12	13	13	12	11	10
mg/d	<b>Cu</b>	3,2	3,3	2,4	35	36	18	21	19	21
	<b>Fe</b>	17	17	12	343	310	316	289	345	438
	<b>Zn</b>	57	59	42	184	140	143	188	172	126
	<b>Mn</b>	9,0	9,3	6,6	744	951	241	517	763	613
	<b>Se</b>	0,28	0,29	0,21	0,23	0,17	0,16	0,15	0,14	0,18
	<b>Mo</b>	0,77	0,80	0,57	9	10	10	9	21	20
mg/d	<b>Cd</b>	0,004	0,004	0,003	0,05	0,05	0,05	0,05	0,21	0,19
	<b>Pb</b>	0,024	0,025	0,018	0,63	0,70	0,68	0,62	3,23	2,99
	<b>Co</b>	0,008	0,009	0,006	0,20	0,22	0,22	0,20	0,49	0,45

*Tab. 3-33: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Kälber aus Herde M*

		4.6.- 11.6.	12.6.- 22.6.	19.7.- 26.7.	27.7.- 6.8.	27.8.- 3.9.	12.9.- 26.9.	3.10.- 15.10	18.10.- 24.10.
g/d	<b>Rp</b>	997	938	788	1031	1693	1215	1373	1200
	<b>Rfe</b>	258	261	265	234	389	346	292	206
	<b>Rfa</b>	2898	2626	1811	1869	2007	2311	1755	1736
MJ/d	<b>NEL</b>	73	66	55	53	69	71	66	55
g/d	<b>Na</b>	190	172	125	123	180	187	167	128
	<b>K</b>	249	150	179	184	295	155	271	205
	<b>Mg</b>	51	48	55	53	69	47	45	37
	<b>Ca</b>	57	63	90	94	99	85	67	57
	<b>P</b>	55	58	72	51	88	79	84	71
	<b>S</b>	45	40	43	43	55	48	43	36
mg/d	<b>Cu</b>	108	110	73	114	141	87	78	68
	<b>Fe</b>	931	896	1000	1060	1321	1118	1291	1467
	<b>Zn</b>	303	522	366	376	674	757	817	620
	<b>Mn</b>	1261	1468	2310	3350	2982	2065	2536	1739
	<b>Se</b>	1,04	1,04	1,01	1,01	1,05	1,18	1,17	1,20
	<b>Mo</b>	38	34	33	33	40	47	42	36
mg/d	<b>Cd</b>	0,21	0,19	0,15	0,15	0,19	0,40	0,35	0,30
	<b>Pb</b>	3,32	2,98	3,04	3,00	3,72	7,43	6,53	5,70
	<b>Co</b>	0,96	0,86	0,61	0,60	0,74	1,49	1,31	1,14

*Tab. 3-34: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Mutterkühe aus Herde N*

		4.6.- 11.6.	12.6.- 22.6.	19.7.- 26.7.	27.7.- 6.8.	27.8.- 3.9.	12.9.- 26.9.	3.10.- 15.10	18.10.- 24.10.
g/d	<b>Rp</b>	618	587	466	525	783	681	694	598
	<b>Rfe</b>	513	480	348	317	542	550	482	338
	<b>Rfa</b>	677	657	548	573	475	537	444	525
MJ/d	<b>NEL</b>	53	49	37	35	52	53	49	38
g/d	<b>Na</b>	35	33	27	27	34	34	32	27
	<b>K</b>	75	53	64	65	86	53	83	72
	<b>Mg</b>	10	10	14	14	14	9	9	8
	<b>Ca</b>	27	26	33	34	35	32	27	23
	<b>P</b>	24	24	28	21	32	30	31	28
	<b>S</b>	10	9	12	12	12	10	10	10
mg/d	<b>Cu</b>	25	27	22	34	33	20	19	20
	<b>Fe</b>	216	222	299	321	311	258	324	440
	<b>Zn</b>	115	171	137	139	203	222	246	214
	<b>Mn</b>	286	358	691	1020	697	471	633	518
	<b>Se</b>	0,25	0,23	0,15	0,14	0,25	0,29	0,26	0,22
	<b>Mo</b>	10	9	10	10	10	12	11	11
mg/d	<b>Cd</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,09	0,09	0,09
	<b>Pb</b>	0,79	0,76	0,93	0,93	0,90	1,74	1,67	1,74
	<b>Co</b>	0,23	0,22	0,19	0,19	0,18	0,35	0,34	0,35

*Tab. 3-35: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Kälber (größer 10 Wochen) aus Herde N*

		Mutterkühe					Kälber		
		16.5.- 22.5.	23.5.- 11.6.	27.7.- 17.8.	5.10.- 29.10.	29.10.- 1.11.	16.5.- 22.5.	23.5.- 11.6.	27.7.- 17.8.
g/d	<b>Rp</b>	1244	1335	1019	1591	1583	633	764	620
	<b>Rfe</b>	325	361	318	342	369	435	639	514
	<b>Rfa</b>	1661	2569	2815	2112	2089	451	552	690
MJ/d	<b>NE L</b>	62	78	68	69	71	44	61	51
g/d	<b>Na</b>	27	37	33	19	19	9	12	11
	<b>K</b>	277	269	272	286	212	88	79	83
	<b>Mg</b>	20	24	37	22	24	5,1	5,6	9,2
	<b>Ca</b>	57	49	77	51	62	19	26	31
	<b>P</b>	36	44	71	87	85	18	23	28
	<b>S</b>	33	45	67	47	48	8	9	16
mg/d	<b>Cu</b>	81	149	148	101	90	22	32	36
	<b>Fe</b>	938	773	1290	2183	2638	250	163	311
	<b>Zn</b>	414	390	466	542	653	145	138	156
	<b>Mn</b>	813	884	2555	1639	2449	213	182	617
	<b>Se</b>	0,71	0,73	0,72	1,01	1,17	0,21	0,31	0,25
	<b>Mo</b>	34	44	43	43	44	10	10	11
mg/d	<b>Cd</b>	0,24	0,32	0,31	0,57	0,58	0,07	0,07	0,08
	<b>Pb</b>	1,78	2,35	4,08	7,13	7,20	0,50	0,53	1,02
	<b>Co</b>	0,73	0,96	1,12	1,43	1,44	0,20	0,22	0,28

*Tab. 3-36: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Mutterkühe und Kälber aus Herde O*

		<b>Mutterkühe</b>				<b>Kälber</b>			
		7.6.- 18.6.	27.7.- 18.8.	22.9.- 27.9.	24.10.- 27.10.	7.6.- 18.6.	27.7.- 18.8.	22.9.- 27.9.	24.10.- 27.10.
g/d	<b>Rp</b>	1149	1372	1884	2370	633	688	813	931
	<b>Rfe</b>	274	342	370	324	482	499	506	495
	<b>Rfa</b>	2185	1924	1840	1766	533	469	449	431
MJ/d	<b>NEL</b>	65	68	69	70	48	49	49	50
g/d	<b>Na</b>	38	36	36	36	12	11	11	11
	<b>K</b>	209	272	335	326	66	82	97	95
	<b>Mg</b>	23	39	30	28	5,8	9,7	7,5	7,2
	<b>Ca</b>	57	68	61	46	21	28	26	29
	<b>P</b>	65	71	79	77	26	27	29	29
	<b>S</b>	42	59	63	63	10	13	15	15
mg/d	<b>Cu</b>	112	139	143	126	27	34	34	31
	<b>Fe</b>	831	1147	1417	1065	200	277	343	257
	<b>Zn</b>	553	617	608	626	175	191	189	193
	<b>Mn</b>	1533	2653	2571	2237	366	638	619	537
	<b>Se</b>	0,42	0,4	0,49	0,55	0,23	0,22	0,25	0,26
	<b>Mo</b>	57	40	42	42	15	10	11	11
mg/d	<b>Cd</b>	0,18	0,36	0,45	0,45	0,05	0,09	0,11	0,11
	<b>Pb</b>	2,71	3,79	3,79	3,79	0,68	0,94	0,94	0,94
	<b>Co</b>	0,45	0,81	0,72	0,72	0,12	0,20	0,18	0,18

*Tab. 3-37: Tägliche Aufnahme an Energie, Mineral- und Nährstoffen der Mutterkühe und Kälber (größer 10 Wochen) aus Herde P*

### **3.3.10 Blut- und Speichelproben**

In den Tabellen 3-38 bis 3-45 sind die Natrium- und Kaliumgehalte im Speichel sowie die Magnesium-, Kalzium-, Phosphor-, Kupfer-, Zink- und Selengehalte im Serum von Mutterkühen aus den Herden L bis P aufgeführt.

Der **Natriumgehalt** im Speichel aller untersuchten Mutterkühe lag im Mittel zwischen 100 und 130 mmol/l. Die Natriumgehalte der Proben aus Herde M, O und P sanken bis zum zweiten Untersuchungszeitpunkt im Winter ab, während die Proben aus Herde L und N durchschnittlich höhere Gehalte aufwiesen.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
	<b>Datum</b>	13.7. 5.12.	13.7. 7.11.	13.7. 22.11.	19.7. 7.11.	15.7. 15.11.				
	115	139	124	158	122	156	94	117	81	116
	126	154	107	118	102	142	148	84	122	114
	105	142	149	149	88	138	136	137	128	97
	97	141	121	139	112	133	110	136	128	116
	120	146	137	122	80	148	85	122	132	59
	136	140	163	109	135	109	130	79	131	129
	128	136	151	144	124	132	106	134	123	86
	95	113	129	141	130	101	137	94	115	105
	132	139	138	117	128	73	155	69	150	129
	140	143	116	112	70	153	118	113	103	60
	127	154	116	122	54	153	140	131	138	129
	130	129	125	145	74	114	144	73	137	152
	110	150	94	95	84	109	140	121	119	86
	137	139	87	71	105	124	137	136	122	113
	135	132	139	97	101	141	134	145	120	102
	129	143	156	129	96	94	125	137	95	76
	149	139	111	93	115	136	109	115	94	85
	129	133	131	93	104	169	80	106	131	130
	128	135	159	105	129	128	115	100	123	151
	144	144	100	125	128	114	141	149	104	138
<b>x</b>	126	139	127	119	104	128	124	115	120	109
<b>s</b>	14,7	9,1	21,6	22,7	23,1	23,7	21,3	24,6	17,0	27,2
<b>Max</b>	149	154	163	158	135	169	155	149	150	152
<b>Min</b>	95	113	87	71	54	73	80	69	81	59

*Tab.3-38: Natriumgehalte im Speichel von Mutterkühen der Herden L bis P in mmol/l.*

Die durchschnittlichen **Kaliumgehalte** in den Speichelproben aus der Herde M bis P zeigten eine ansteigende Tendenz bis zum Winter, während der mittlere Gehalt in den Proben aus der Herde L abfiel. Alle Mittelwerte lagen über 10 mmol/l.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
	<b>Datum</b>	13.7. 5.12.	13.7. 7.11.	13.7. 22.11.	19.7. 7.11.	15.7. 15.11.				
	10,6	10,9	13,5	6,8	9,0	12,1	15,9	14,5	12,2	16,5
	10,8	8,0	13,9	4,7	17,0	13,4	6,7	14,9	7,9	16,2
	23,8	9,1	5,9	8,6	18,6	17,5	6,9	11,2	9,3	25,6
	15,0	11,7	21,0	14,5	18,0	15,1	9,4	34,2	6,3	16,8
	14,3	6,8	8,6	19,5	31,1	12,0	20,6	22,2	10,9	47,6
	10,2	12,8	6,8	20,7	13,1	20,3	9,1	36,1	6,3	19,4
	14,4	12,6	8,9	8,5	9,9	19,2	20,9	9,8	9,0	21,4
	20,0	20,1	9,3	23,1	13,3	15,5	9,6	25,4	13,2	14,9
	16,4	11,4	11,4	11,7	9,9	28,9	4,8	46,0	6,3	9,0
	13,3	4,9	14,1	18,0	18,8	17,8	7,8	15,6	15,2	29,7
	8,8	7,9	12,5	9,2	20,8	13,2	10,3	12,2	12,2	10,8
	13,5	15,4	14,6	8,1	14,0	16,7	6,9	21,9	7,2	6,4
	20,0	7,3	14,2	22,9	25,1	19,9	13,2	19,4	28,0	19,1
	10,8	16,3	16,2	25,9	15,0	12,5	8,4	9,5	10,3	16,0
	9,9	6,5	9,1	33,0	18,3	21,6	8,0	11,9	11,7	18,6
	15,2	9,6	5,8	9,9	21,8	20,8	10,6	26,1	25,5	15,0
	9,8	10,3	24,1	13,0	13,0	13,6	12,4	14,8	14,4	19,0
	12,5	8,9	12,4	21,9	15,4	8,7	5,6	18,5	11,7	8,4
	15,2	10,9	7,7	11,9	10,9	15,0	10,2	24,5	13,5	8,4
	11,3	7,2	17,1	13,1	9,2	11,6	6,7	8,9	12,7	13,9
<b>x</b>	13,8	10,4	12,4	15,2	16,1	16,3	10,2	19,9	12,2	17,6
<b>s</b>	3,9	3,7	4,9	7,5	5,7	4,6	4,5	10,0	5,7	9,1
<b>Max</b>	23,8	20,1	24,1	33,0	31,1	28,9	20,9	46,0	28,0	47,6
<b>Min</b>	8,8	4,9	5,8	4,7	9,0	8,7	4,8	8,9	6,3	6,4

*Tab.3-39: Kaliumgehalte im Speichel von Mutterkühen der Herden L bis P in mmol/l*

Die mittleren **Magnesiumgehalte** im Serum lagen alle zwischen 0,73 und 0,95 mmol/l. Bis zum zweiten Untersuchungstermin am 5.12. waren die Magnesiumgehalte bis auf die der Tiere aus Herde M deutlich abgesunken.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>			
	<b>Datu</b>	<b>m</b>	13.7.	5.12.	13.7.	7.11.	13.7.	22.11	19.7.	7.11.	15.7.	15.11.
			0,82	0,89	1,04	0,66	0,87	1,07	0,76	0,66	0,89	0,82
			0,76	0,62	0,88	0,80	0,87	0,93	0,97	0,79	0,95	0,99
			0,89	0,64	0,83	0,54	0,92	1,03	0,92	0,70	1,03	1,06
			0,89	0,69	0,82	0,86	0,76	0,97	0,90	0,88	0,90	0,90
			0,85	0,67	0,83	0,76	0,95	0,98	0,95	0,81	0,99	0,88
			0,85	0,78	0,82	0,84	0,77	0,94	0,92	0,90	1,00	0,90
			0,80	0,71	0,80	0,79	0,95	0,98	0,78	0,85	0,98	0,89
			0,76	0,67	0,94	0,80	0,87	1,02	0,83	0,91	0,83	0,78
			0,85	0,71	0,79	0,77	0,84	0,96	0,92	0,91	0,93	0,93
			0,82	0,82	0,86	0,72	0,91	1,07	0,94	0,87	0,96	0,86
			0,89	0,81	0,84	0,75	0,86	0,97	0,74	0,89	0,94	0,81
			0,84	0,80	0,95	0,85	0,94	0,91	0,97	0,97	0,91	0,92
			0,77	0,65	0,88	0,85	0,73	0,82	0,97	0,88	0,96	0,82
			0,77	0,67	0,91	0,84	0,85	0,88	0,87	0,76	0,91	0,80
			0,85	0,80	1,08	0,86	0,82	0,82	0,90	0,74	0,85	0,82
			0,75	0,77	0,90	0,65	0,84	0,99	0,87	0,78	0,92	0,94
			0,88	0,70	0,98	0,96	0,84	0,90	0,84	0,72	1,00	0,99
			0,86	0,70	0,98	0,91	0,96	0,98	0,94	0,80	0,92	0,73
			0,92	0,69	0,92	0,86	0,90	1,05	0,86	1,00	1,12	0,79
			0,76	0,84	0,83	0,79	0,83	1,17	0,92	0,92	0,96	0,79
<b>x</b>			0,83	0,73	0,89	0,79	0,86	0,97	0,89	0,84	0,95	0,87
<b>s</b>			0,05	0,08	0,08	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,06	0,08
<b>Max</b>			0,92	0,89	1,08	0,96	0,96	1,17	0,97	1,00	1,12	1,06
<b>Min</b>			0,75	0,62	0,79	0,54	0,73	0,82	0,74	0,66	0,83	0,73

Tab.3-40: *Magnesiumgehalte im Serum von Mutterkühen der Herden L bis P in mmol/l*

Für die **Kalziumgehalte** konnte aufgrund der hormonalen Regulation kein eindeutiger Trend festgestellt werden. Die mittleren Gehalte lagen alle über 2 mmol/l, und die geringste Konzentration lag bei 1,92 mmol/l. Die Kalziumgehalte stiegen bei den Tieren der Herden L, N sowie P und sanken bei den Tieren der Herden M und O zum Winter ab.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
<b>Datum</b>	13.7.	5.12.	13.7.	7.11.	13.7.	22.11.	19.7.	7.11.	15.7.	15.11.
	2,24	2,45	2,15	2,45	2,47	2,35	2,39	2,22	2,15	2,55
	2,21	2,47	2,38	2,34	2,33	2,50	2,46	2,25	2,36	2,69
	2,08	2,67	2,26	2,23	2,38	2,49	2,39	2,28	2,46	2,61
	2,13	2,48	2,21	2,31	2,22	2,41	2,32	2,00	2,17	2,61
	2,25	2,24	2,28	2,47	2,51	2,18	2,39	2,03	2,38	2,54
	2,05	2,39	2,33	2,25	2,17	2,22	2,33	2,23	2,25	2,58
	2,43	2,46	2,27	2,26	2,36	2,39	2,36	2,31	2,38	2,57
	2,23	2,38	2,42	2,25	2,41	2,37	2,35	2,18	2,24	2,68
	2,27	2,55	2,28	2,28	2,52	2,61	2,57	2,17	2,30	2,82
	2,34	2,47	2,42	2,23	2,18	2,34	2,33	2,24	2,24	2,70
	2,43	2,40	2,36	2,20	2,18	2,38	2,30	2,40	2,64	2,57
	2,22	2,23	2,32	2,37	2,41	2,36	2,57	2,39	2,19	2,67
	1,92	2,42	2,29	2,21	2,11	2,48	2,48	2,31	2,39	2,57
	2,13	2,31	2,26	2,30	2,26	2,40	2,46	2,16	2,26	2,63
	2,06	2,43	2,32	2,49	2,37	2,17	2,49	2,14	2,19	2,53
	2,17	2,43	2,38	2,17	2,47	2,12	2,32	2,44	2,40	2,46
	2,29	2,02	2,34	2,19	2,26	2,32	2,45	2,16	2,42	2,66
	2,41	2,39	2,48	2,31	2,26	2,40	2,48	2,28	2,60	2,46
	2,44	2,37	2,29	2,35	2,32	2,41	2,21	2,31	2,45	2,52
	2,38	2,22	2,15	2,37	2,27	2,42	2,41	2,25	2,37	2,55
<b>x</b>	2,23	2,39	2,31	2,30	2,32	2,37	2,40	2,24	2,34	2,60
<b>s</b>	0,15	0,14	0,09	0,09	0,12	0,12	0,09	0,11	0,14	0,09
<b>Max</b>	2,44	2,67	2,48	2,49	2,52	2,61	2,57	2,44	2,64	2,82
<b>Min</b>	1,92	2,02	2,15	2,17	2,11	2,12	2,21	2,00	2,15	2,46

Tab.3-41: Kalziumgehalte im Serum von Mutterkühen der Herden L bis P in mmol/l

Der durchschnittliche **Phosphorgehalt** im Blutserum der Mutterkühe aus den Herden L, M, O und P lag beim zweiten Untersuchungszeitpunkt niedriger als im Juli und stieg bei den Tieren der Herden N an. Alle mittleren Gehalte waren höher als 1,6 mmol/l.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
	<b>Datum</b>	13.7. 5.12.	13.7. 7.11.	13.7. 22.11.	19.7. 7.11.	15.7. 15.11.				
	1,57	1,52	1,66	1,69	1,69	3,30	2,50	1,60	1,69	2,06
	2,06	2,62	1,50	1,79	1,27	2,20	2,12	1,79	2,38	2,29
	2,35	1,97	2,08	1,68	1,84	2,22	2,48	1,69	2,58	1,59
	2,57	1,95	1,78	1,70	2,08	1,64	2,07	1,83	2,47	1,79
	2,07	1,76	1,83	1,84	2,09	2,38	2,27	2,09	2,56	1,60
	2,76	2,13	2,23	1,62	1,55	1,25	2,32	1,96	2,09	2,05
	2,50	1,91	2,17	2,02	1,63	1,78	1,94	1,97	1,68	1,82
	2,92	1,80	1,74	2,42	1,25	2,01	2,70	1,65	1,94	2,23
	2,11	1,47	2,26	2,12	1,66	2,35	2,45	1,58	2,60	2,18
	1,63	1,73	1,88	1,70	1,74	2,03	1,99	2,36	1,95	2,19
	2,11	1,67	1,76	1,75	1,86	1,31	1,78	2,10	2,04	1,85
	2,98	2,02	1,88	1,61	1,45	1,73	2,42	1,77	3,16	1,81
	3,07	1,76	1,47	2,12	1,79	1,59	2,08	2,06	1,94	1,81
	2,84	2,20	2,26	1,79	1,56	1,36	2,52	2,39	1,85	1,74
	2,64	2,19	1,70	2,39	1,16	2,28	1,91	1,80	2,07	1,85
	2,75	1,84	1,97	2,60	1,71	1,77	2,06	1,82	2,12	2,08
	2,54	1,35	2,12	1,83	1,78	1,61	1,74	1,56	2,13	1,81
	1,98	1,97	1,93	1,76	1,45	2,00	2,15	2,14	2,11	2,17
	2,24	1,89	1,89	1,55	1,97	1,31	1,82	1,85	1,59	1,80
	2,32	1,90	1,66	1,58	1,35	1,49	1,81	1,93	1,84	1,92
<b>x</b>	2,40	1,88	1,89	1,88	1,64	1,88	2,16	1,90	2,14	1,93
<b>s</b>	0,43	0,28	0,24	0,30	0,27	0,49	0,29	0,24	0,38	0,21
<b>Max</b>	3,07	2,62	2,26	2,60	2,09	3,30	2,70	2,39	3,16	2,29
<b>Min</b>	1,57	1,35	1,47	1,55	1,16	1,25	1,74	1,56	1,59	1,59

Tab. 3-42: Phosphorgehalte im Serum von Mutterkühen der Herden L bis P in mmol/l

Die **Kupfergehalt** lag durchschnittlich bis auf die Werte der Tiere aus Herde N deutlich unter 10  $\mu\text{mol/l}$  und fiel bis zum November/Dezember in den Serumproben aller fünf Herden ab.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
<b>Datum</b>	13.7.	5.12.	13.7.	7.11.	13.7.	22.11.	19.7.	7.11.	15.7.	15.11.
	15,0	5,0	6,0	6,2	9,8	11,0	7,3	9,2	8,5	9,3
	9,5	4,4	5,5	5,1	16,1	7,5	7,5	7,5	9,0	6,5
	10,0	6,5	6,5	6,4	9,7	10,5	6,0	5,7	8,0	3,0
	9,0	6,9	6,0	5,8	16,9	10,0	8,0	9,8	10,0	2,5
	11,0	5,4	10,0	5,4	10,2	10,0	9,5	10,7	5,0	5,8
	6,5	4,0	4,5	6,1	9,6	9,0	6,5	11,4	5,5	3,2
	12,0	4,8	7,5	7,3	16,0	9,5	11,0	5,2	10,0	4,9
	9,5	7,5	8,5	4,9	15,1	7,0	4,0	7,3	9,0	4,6
	9,5	8,4	5,0	12,5	10,7	8,5	11,0	9,5	11,5	2,3
	11,0	8,1	6,5	5,5	13,7	9,0	9,5	5,5	8,5	3,1
	11,5	8,9	6,0	5,4	11,9	8,5	7,0	4,9	13,5	3,2
	9,5	6,4	9,5	11,2	14,7	9,5	4,5	4,7	6,5	2,2
	7,0	9,0	5,5	5,7	10,6	11,0	10,0	5,7	3,5	2,6
	9,0	11,1	7,5	5,4	14,4	7,5	10,0	5,3	8,5	5,3
	11,5	5,5	9,0	4,0	8,9	10,0	11,5	6,6	8,5	3,6
	6,0	5,6	6,0	5,7	9,8	11,5	11,5	6,8	6,0	3,0
	6,0	5,5	6,5	5,4	16,2	10,5	10,5	7,8	5,5	3,0
	9,0	6,7	6,5	7,0	10,1	9,5	10,0	5,9	9,0	2,8
	8,5	8,7	7,0	7,4	10,3	6,0	11,0	7,3	6,5	5,5
	9,5	12,6	4,5	8,1	16,6	10,0	7,5	6,0	8,5	3,2
<b>x</b>	9,5	7,1	6,7	6,5	12,6	9,3	8,7	7,1	8,1	4,0
<b>s</b>	2,2	2,3	1,6	2,1	2,9	1,4	2,3	2,0	2,4	1,8
<b>Max</b>	15,0	12,6	10,0	12,5	16,9	11,5	11,5	11,4	13,5	9,3
<b>Min</b>	6,0	4,0	4,5	4,0	8,9	6,0	4,0	4,7	3,5	2,2

Tab.3-43: Kupfergehalte im Blutserum von Mutterkühen der Herden L bis P in  $\mu\text{mol/l}$

Die mittleren **Zinkgehalte** im Serum der Mutterkühe der Herden L, M, N und P stiegen während des Untersuchungszeitraumes um durchschnittlich 30% an. Nur in Herde O sank der Zinkgehalt auf etwa 85%. Alle Mittelwerte lagen über 10  $\mu\text{mol/l}$ .

Herde	L		M		N		O		P	
	Datum	13.7. 5.12.	13.7. 7.11.	13.7. 22.11.	19.7. 7.11.	15.7. 15.11.				
	10,6	14,1	10,6	14,4	12,5	16,1	16,9	10,5	13,2	16,1
	12,1	14,3	9,3	9,0	12,0	11,8	14,2	14,3	14,1	12,9
	11,8	14,5	9,7	5,2	9,9	16,8	14,8	12,4	12,0	15,7
	8,9	16,5	8,9	10,3	10,5	17,8	14,7	9,2	8,7	15,0
	10,7	15,8	9,5	16,4	9,8	16,1	13,0	14,7	12,1	14,4
	9,2	12,8	11,4	13,7	8,5	13,8	12,9	13,0	11,4	16,1
	12,5	16,2	10,8	14,7	10,1	17,0	17,8	11,0	13,1	15,8
	15,4	18,4	12,4	13,7	12,0	18,6	16,4	14,0	11,9	16,4
	9,2	16,7	13,8	14,9	12,5	15,6	18,3	11,1	12,6	18,6
	11,1	18,4	9,6	14,4	10,2	15,7	16,6	14,7	11,4	16,6
	11,5	13,4	7,9	10,2	8,3	17,2	11,6	13,4	12,6	14,7
	9,9	16,9	9,7	14,7	9,6	16,9	16,2	12,9	13,0	13,8
	8,7	14,1	7,6	14,5	10,5	14,7	13,0	13,0	14,1	16,1
	9,7	17,8	11,8	15,8	12,0	16,9	14,8	12,8	9,9	10,8
	8,9	14,7	8,7	14,3	10,5	16,7	15,7	13,0	13,0	16,0
	11,1	17,7	8,7	12,7	12,2	16,5	13,3	14,0	13,8	13,7
	9,2	14,9	9,3	8,9	13,5	14,6	14,1	13,0	14,6	13,4
	10,9	12,2	12,5	9,3	9,8	17,5	14,5	14,0	10,4	17,1
	11,3	14,0	9,6	11,2	11,9	18,0	13,4	11,3	14,7	13,7
	10,6	12,3	8,9	9,0	10,6	16,3	14,7	11,4	18,3	13,6
<b>x</b>	10,7	15,3	10,0	12,4	10,8	16,2	14,8	12,7	12,7	15,0
<b>s</b>	1,6	2,0	1,6	3,0	1,4	1,6	1,8	1,5	2,0	1,8
<b>Max</b>	15,4	18,4	13,8	16,4	13,5	18,6	18,3	14,7	18,3	18,6
<b>Min</b>	8,7	12,2	7,6	5,2	8,3	11,8	11,6	9,2	8,7	10,8

Tab.3-44: Zinkgehalte im Serum von Mutterkühen der Herden L bis P in  $\mu\text{mol/l}$

Die **Selengehalte** im Blutserum wiesen eine hohe Schwankungsbreite auf. Sie lagen durchschnittlich alle deutlich unter 40 µg/l. Die Selengehalte der Tiere aus den Herden L und M fielen im Mittel bis zum zweiten Untersuchungszeitpunkt im Winter ab, während die Selengehalte aus den Herden N, O und P deutlich anstiegen.

<b>Herde</b>	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>P</b>	
<b>Datum</b>	13.7.	5.12.	13.7.	7.11.	13.7.	22.11.	19.7.	7.11.	15.7.	15.11.
	39,2	28,0	27,2	27,2	28,8	15,2	35,2	20,8	16,0	24,8
	37,6	25,6	19,2	41,6	28,8	29,6	41,6	61,6	15,2	32,8
	31,2	14,4	28,8	30,4	28,8	16,0	23,2	42,2	18,4	17,6
	26,4	25,6	37,6	29,8	56,0	34,4	20,8	51,2	28,8	24,8
	34,4	19,7	51,2	31,2	32,8	20,8	36,0	37,6	14,8	19,2
	29,6	16,0	20,0	51,2	16,8	28,8	25,6	28,0	19,2	32,0
	35,2	13,2	20,8	28,8	26,4	32,8	19,2	44,8	20,0	36,0
	34,4	22,4	32,8	43,2	32,8	31,2	33,6	40,0	16,8	40,0
	34,4	24,0	36,0	44,8	21,6	28,8	27,6	24,8	18,4	8,0
	56,0	33,6	45,6	28,8	16,0	40,8	41,6	33,6	28,0	32,8
	32,8	20,0	28,8	24,0	28,8	20,8	23,2	39,2	25,6	12,0
	54,4	28,6	32,0	23,2	20,0	40,8	37,6	38,4	13,6	58,4
	16,8	32,2	53,6	20,0	23,2	31,2	28,8	50,4	15,2	13,6
	53,6	42,2	27,2	20,0	30,4	45,6	43,2	16,8	20,0	25,6
	36,8	26,4	31,2	32,4	19,6	28,0	56,0	32,8	19,2	28,0
	16,0	28,8	40,8	29,6	25,6	18,4	52,0	24,8	16,8	11,2
	24,8	32,6	53,2	32,0	19,2	42,4	33,6	46,4	23,2	12,8
	25,6	34,4	50,4	40,0	32,6	26,4	30,4	33,6	19,2	14,4
	35,2	16,8	32,0	44,8	19,6	29,6	28,7	28,0	19,2	20,8
	27,2	16,0	36,6	22,4	24,0	26,4	36,4	44,8	20,0	26,4
<b>x</b>	34,1	25,0	35,3	32,3	26,6	29,4	33,7	37,0	19,4	24,6
<b>s</b>	10,9	7,8	10,9	9,0	8,8	8,6	9,8	11,3	4,2	12,1
<b>Max</b>	56,0	42,2	53,6	51,2	56,0	45,6	56,0	61,6	28,8	58,4
<b>Min</b>	16,0	13,2	19,2	20,0	16,0	15,2	19,2	16,8	13,6	8,0

*Tab.3-45: Selengehalte im Serum von Mutterkühen der Herden L bis P in µg/l*

## 4 Diskussion

### 4.1 Kritik der Methoden

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die Energie-, Nähr- und Mineralstoffversorgung von extensiv gehaltenen Mutterkühen und ihren Kälbern zu prüfen. Hierfür standen fünf Mutterkuhherden mit durchschnittlich 100 Kühen zur Verfügung.

Für die Kalkulation der zootechnischen Leistungen fanden **Wiegedaten** von Mutterkühen und Kälbern Berücksichtigung. Aus betriebsinternen Gründen konnten nur die Mutterkühe aus den Herden M und N am 10.7.1995 und 12.7.1995 gewogen werden. Ohne weitere Daten von anderen Zeitpunkten konnte keine Aussage über die Gewichtsentwicklung der Kühe während der Weidesaison getroffen werden.

Die Kalkulation der **Mineralfutteraufnahme** erfolgte unter Berücksichtigung der zugeteilten Menge pro Weidestandort, der Weidedauer und Anzahl der Mutterkühe. Da die Höhe der Mineralfutteraufnahme durch die Kälber in den ersten Wochen minimal war, wurde sie nicht in der Kalkulation berücksichtigt.

Die **Grasaufnahme** pro Tier und Tag wurde bilanziert unter Berücksichtigung des Weideertrages, des Weiderestes, der Weidedauer und der Tierzahl. Für die Berechnung der Grasaufnahme pro Kalb und Tag wurde zugrunde gelegt, daß sich die Kälber in den ersten zehn Wochen nur über die Milch ernährten. Ab der 11. Lebenswoche wurde für die Kälber eine zusätzliche Energieaufnahme von 16,5 MJ NEL veranschlagt (HAMPEL 1994, STOCKINGER et al. 1994). Da diese Energieaufnahme über das Rauhfutter nicht gestaffelt in die Bilanzierung einfloß, wurde bei jungen Kälbern eine zu hohe und bei älteren Kälbern eine zu geringe Versorgung vorgetäuscht. Die ermittelten TS-Aufnahmen für die Mutterkühe lagen bei Werten bis zu 10 kg TS pro Tier und Tag. Fehlerhafte Werte ergab die Berechnung der TS-Aufnahme für die Tiere der Herde P. Der Grund für diese Fehlberechnung kann standortspezifisch bedingt sein: Vom Weidestandort P (86 ha) stand für Untersuchungen nur ein Teilstück von 14,5 ha zur Verfügung, was in seinem Aufwuchs sehr uneinheitlich war.

Es wechselten sich dichte, grasbewachsene Teilflächen mit kargen, krautbewachsenen Teilflächen bzw. Flächen mit im Sommer völlig verdorrtem Auf-

wuchs ab, so daß es schon durch die Aufstellung der Weidekäfige zu einer starken Beeinflussung der Meßwerte kam. Die anderen Weidestandorte waren in ihrem Aufwuchs wesentlich einheitlicher. Dementsprechend war dort die Grundvoraussetzung für die Berechnung des Weideertrages mit Hilfe des Differenzschnittverfahrens in höherem Maße gewährleistet.

Die zum Teil unausgeglichene Anzahl an Grasproben pro Weidestandort war versuchsbedingt (Witterung, betriebstechnische Gründe, zerstörte Weidekäfige, Revierverhalten und Mutterinstinkt der Herdentiere).

Die **Berechnung der NEL** erfolgt entsprechend DLG (1991) nach der Formel:  $NEL = 8,31 - 0,064 \cdot XF$  (%Rfa von oS). In diese Regressionsgleichung fließt als Regressor nur der Gehalt (in %) der organischen Masse an Rohfaser XF ein. Sie wird charakterisiert durch das Bestimmtheitsmaß (B) von 0,26 und den relativen Schätzfehler ( $s_{y,x}\%$ ) von 5,2. RODEHUTSCORD et al. (1994) stellten in ihren Untersuchungen jedoch heraus, daß die Anwendung dieser Formel, die aus Verdauungsversuchen an Hammeln mit konventionell erzeugtem Material geeicht wurde, bei extensiv gewonnenem Material nicht empfohlen werden kann. Eine Beziehung zwischen dem NEL-Gehalt und dem Gehalt an Rohfaser ließ sich nicht erkennen. Bei einem Vergleich von berechnetem Energiegehalt mittels Verdauungsversuch und geschätztem Energiegehalt mittels Gasbildung (MENKE u. STEINGASS 1987), Enzymlösbarer Organischer Substanz (Rodehutscord et al. 1993) und DLG-Formel, lagen letztere Werte um ca. 10% zu hoch. RODEHUTSCORD et al. (1994) empfehlen für die Beurteilung des Energiegehaltes extensiv erzeugten Materials die Schätzung unter Einbeziehung der Gasbildung und der Weender Analysen. Eine exaktere Berechnung oder Schätzung hätte den Rahmen dieser Untersuchungen jedoch gesprengt.

Aus betriebstechnischen Gründen konnten während der Weidesaison keine **Milchproben** von den Mutterkühen gezogen werden. Somit mußten für die Kalkulation der täglichen Aufnahme an Energie, Nähr- und Mineralstoffen durch die Kälber Werte für die Milch Inhaltsstoffe angenommen werden, wie sie in der Literatur aufgeführt werden (RENNER u. RENZ-SCHAUEN 1986). Hierbei blieb eine eventuelle Mangelversorgung der Mutterkühe und der dadurch beeinflusste Gehalt in der Milch unberücksichtigt.

Wie in der Literatur beschrieben, wurde bei der Kalkulation der **Wasseraufnahme** pro Tier und Tag ein Wasserbedarf von 4 Litern pro kg TS und 4 Litern pro Liter Milch hinsichtlich der Kühe, bzw. 3,5 Litern pro kg TS für die Kälber berechnet (NRC 1984, 1987; KIRCHGESSNER 1987b).

Dies führte zum Teil zu einem Wasserbedarf von über 100 Litern pro Kuh und Tag. Dieser Wert wird nach HAMPEL (1994) als Richtwert für den maximalen Tränkwasserbedarf angegeben. Nach NRC (1984) liegt die durchschnittliche

Wasseraufnahme jedoch deutlich unter 100 Litern pro Kuh und Tag. Dementsprechend ist der hier kalkulierte Wasserbedarf zu hoch angesetzt, ohne daß in der Literatur andere Berechnungsmodelle angegeben werden. Nach eigenen orientierenden Untersuchungen beträgt die Wasseraufnahme im thermoneutralen Bereich 35 bis 40 Liter bzw. 70 Liter. Dies führte zu einer Überschätzung der Natrium- und Magnesiumaufnahme von etwa 30%, hatte jedoch aus ernährungsphysiologischer Sicht keine Auswirkungen auf die Höhe der Spurenelementversorgung.

## 4.2 Weidestandorte

Eine extensive Weidewirtschaft mit Rücknahme von Grünlandpflege und verspäteter erster Nutzung, wie sie von Auflagen des Landschaftsschutzes gefordert werden, hat weitreichende Auswirkungen auf den Weideertrag, die botanische Zusammensetzung und die Futterqualität (s. Literaturteil). Um den Pflegezustand des Grünlandes zu erhalten, muß der Weidetierbesatz diesem Entwicklungsprozeß folgen. Eine Überbeweidung führt zu Narbenschäden und Einwanderung von Unkräutern, eine Unterbeweidung zur Ausbreitung der von den Tieren verschmähten Pflanzenarten (WEIßBACH 1993). Nur eine gute Abstimmung von Futterertrag und -bedarf kann somit Produktivitätsverluste vermeiden. Für eine optimale Weideführung mit angemessenem Weidetierbesatz muß der Ertragsrückgang während einer Extensivierung berücksichtigt werden und der Weideertrag bekannt sein. Die **kalkulierten Weideerträge** auf den untersuchten fünf Standorten lagen zwischen 47 und 75 dt Trockensubstanz pro Hektar. Die Schwankung macht deutlich, wie unterschiedlich die Auswirkung einer extensiven Weidewirtschaft in Abhängigkeit von standortspezifischen Faktoren sein kann. Trotz gleichem Aufwand an Grünlandpflege lagen die Weideerträge der Weiden M und O mit 74 und 75 dt/ha deutlich über den Werten für die Weiden L, N und P, was auf die unterschiedliche natürliche Produktivität der Flächen hindeutet. Relativ gesehen lagen die Weideerträge der fünf Standorte noch hoch, wobei auch die Rückführung N-haltiger Verbindungen durch die Exkremamente eine Rolle spielen dürfte (RODEHUTSCORD et al. 1994). Zum Vergleich geben WOLF und BRIEMLE (1989) Weideerträge von mehr als 90 dt/ha bei hoher und weniger als 30 dt/ha bei geringer Bewirtschaftungsintensität an (s. Abbildung 2-1).

Zum anderen muß bei der Höhe dieser Weideerträge berücksichtigt werden, daß es sich hierbei um Flächen handelte, die 1989 noch gedüngt wurden. Nach DAHMEN und KÜHBAUCH (1990), WEIßBACH (1993) sowie RODEHUTSCORD et al. (1994) kann es jedoch deutlich mehr als fünf bis sechs

Jahre dauern, bis sich ein neues Gleichgewicht in der Ertragsfähigkeit einer Fläche eingestellt hat. Es kann auf den untersuchten Flächen also noch zu einem weiteren Rückgang des Weideertrages kommen. Eine Aussage, ob oder wann sich ein Gleichgewicht eingestellt hat bzw. noch einstellen wird, ist mit dieser einmaligen Datenerhebung nicht möglich.

Ähnliches gilt für die **botanische Zusammensetzung** der Weiden. Sie verändert sich unter extensiver Bewirtschaftungsintensität. Es kommt zu einem Rückgang der Hauptbestandbildner und zunehmender Artenvielfalt (s. Schrifttum). Grünlandflächen zeigen unterschiedliche Reaktionen, und das Ausmaß der Veränderungen ist nur schwer abzuschätzen. Es hängt zum einen vom natürlichen Samenpotential und vorherigen Pflanzenbestand, aber auch vom Beweidungsdruck während der Extensivierung ab (RODEHUTSCORD et al. 1994; KÜHBAUCH et al. 1994). Die botanischen Zusammensetzungen der fünf untersuchten Standorte verdeutlichen dies. Es kam nicht zu einer gleichgerichteten Entwicklung. Auffallend ist auf allen Flächen jedoch, daß keine Dominanz von drei bis fünf Hauptertragsbildnern, wie es von ZIEBARTH (1995) als typisch für intensiv bewirtschaftetes Grünland angegeben wird, vorlag. Auch lag keine Dominanz der 1989 ausgesäten Weidelgras/Klee-Mischung vor, was für eine erhöhte Artenvielfalt aufgrund der sechsjährigen extensiven Bewirtschaftung spricht. Ein Rückschluß auf ein Gleichgewicht in der botanischen Zusammensetzung ist analog zu oben Ausgeführten nicht möglich.

### **4.3 Zootechnische Leistungen**

Die Auswertung der **Mutterkuhgewichte** aus den Herden N und M ergab jeweils eine mittlere Lebendmasse von 509 bzw. 513 kg. Diese liegen unter dem durchschnittlichen Gewicht von Mutterkühen, welches in der Literatur je nach Rasse mit etwa 550 bis 650 kg angegeben wird (WEIßBACH 1993; HAMPEL 1994; STOCKINGER et al. 1994). Die maximale Lebendmasse von 690 bzw. 654 kg entspricht jedoch durchaus dem Endgewicht von Kühen der prozentual überwiegenden Rasse Fleckvieh. Das niedrigste Gewicht lag in der Herde M bei 300 und in der Herde N bei 350 kg.

Beide Herden bestanden aus laktierenden Kühen. Da in der Mutterkuhhaltung eine Erstbelegung bei ca. 60% des Endgewichtes erfolgt (SCHWARK et al. 1991, GOLZE 1996a), läßt sich das niedrige Durchschnittsgewicht mit einem hohen Anteil an relativ jungen Kühen erklären. Auch spielt hierbei der Anteil an

klein- und mittelrahmigen Mutterkühen, beispielsweise von der häufig eingesetzten Gebrauchskreuzung Fleckvieh × SMR, eine Rolle.

Bis auf die Herden N und P lagen die durchschnittlichen **Lebendmassезunahmen** der Kälber zwischen 0,77 und 0,95 kg. Dies stimmt auch mit den Literaturangaben über die in der Mutterkuhhaltung erreichbaren Kälberzunahmen überein. Zwar stehen sie in direkter Abhängigkeit zu Weideleistung und Herdenmanagement, werden jedoch mit durchschnittlich 900 bis 1000 g/d angegeben (WEIßBACH 1993; GOLZE 1995a). In den Herden N und P sanken die Lebendmassезunahmen der Kälber kontinuierlich bis zum Herbst auf Werte kleiner 800 g/d ab. Ein Erklärungsansatz dürfte zumindest für die Kälber der Herde P darin liegen, daß seit dem ersten Wiegetermin am 18.7. laufend die raschwüchsigsten Kälber, die ein Gewicht von über 300 kg erreicht hatten, aus der Herde herausgenommen wurden.

Mutterkühe nehmen nach GOLZE (1994), HAMPEL (1994) und HOCHBERG (1995) durchschnittlich 1,8 - 2 kg TS pro 100 kg Lebendmasse auf. Die mittlere Milchleistung liegt bei 10 Litern pro Tag (GOLZE 1994; HAMPEL 1994; STOCKINGER et al. 1994). Diese Literaturangaben stimmen mit den mittels Differenzschnittverfahren kalkulierten Werten für die **Trockensubstanzaufnahme** durch die Mutterkühe der Herden L, O und P überein. Die **Milchleistung** muß in allen Herden aufgrund der unter 4.1 dargelegten Schätzungenauigkeit der DLG-Formel für den Energiegehalt in extensiv produziertem Aufwuchs etwas geringer eingestuft werden und deckt sich damit in den Herden L, O und P mit den Literaturangaben.

Obwohl Weide M mit einem Weideertrag von 74 dt TS/ha als ertragreich eingestuft werden muß, sank die Trockensubstanzaufnahme der Mutterkühe während der Weidesaison kontinuierlich. Sie lag im September bei 6,5 kg TS/d und im Oktober bei 5,9 kg TS/d. Dies deutet auf einen zu hohen Beweidungsdruck und damit einen Fehler im Weidemanagement hin. Im Juli wurden ca. 17% des Weideertrages als Überschuß abgemäht, die Beweidungsdauer lag mit durchschnittlich 18 Tagen pro Weidefläche sehr hoch und auch die Besatzdichte war auf Weidestandort M mit durchschnittlich zehn Mutterkuheinheiten pro Hektar deutlich höher als auf den anderen Standorten. Nach HAMPEL (1994) sollte die Besatzdichte je nach Weideertrag bei einer viertägigen Beweidung 17 Mutterkuheinheiten pro Hektar und bei einer siebentägigen Beweidung sieben bis acht Mutterkuheinheiten pro Hektar betragen.

An diesem Standort wird deutlich, welche Folgen ein Ungleichgewicht zwischen Futterangebot und Futterbedarf, ein unangemessener Weidetierbesatz und Fehler im Weidemanagement auf die Produktivität einer Weide haben. Die mit dem Gras aufgenommene Energiemenge reichte in Herde M für eine Milchleistung

von zunächst 16 Litern im Frühjahr, im Herbst jedoch gerade noch für knapp 4 Liter. Bei einer genetisch festgelegten Milchleistung von durchschnittlich 10 Litern lag ab Ende Juli eine deutliche energetische Unterversorgung der Kühe vor. Eine Gewichtsabnahme von 1 kg bringt eine Einsparung des Energiebedarfes um 25 MJ NEL (WEIßBACH 1993). Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann also darauf geschlossen werden, daß die energetisch unterversorgten Mutterkühe der Herde M zumindest ab Mitte Juli Körpermasse zugunsten der Milchproduktion abbauen mußten. Dies ließ sich aufgrund der in 4.1 beschriebenen Gründe nicht anhand von Wiegedaten belegen, deckt sich jedoch mit Untersuchungsergebnissen von SCHMIDT (1994) über die Gewichtsentwicklung von Mutterkühen bei ganzjähriger Weidehaltung. Die Trockensubstanzaufnahme der Kühe aus Herde N wies eine Schwankung von mehr als 3 kg TS/d auf. Im Juli und Oktober sank sie auf etwa 7,6 kg TS/d ab, während sie sonst zwischen 9 und 10 kg TS/d lag. Dementsprechend reichte die Energieaufnahme zu diesen Zeitpunkten nur für eine Milchleistung von 6-7 Litern/d aus. Für die Gesamtsituation der Mutterkühe aus Herde N läßt sich jedoch festhalten, daß sie bis auf eine marginale Versorgung zu den oben aufgeführten Zeitpunkten mit den in der Literatur aufgeführten Versorgungsrichtlinien übereinstimmte.

Die **Wasseraufnahme von Mutterkühen** wird in der Literatur mit durchschnittlich 50 Litern pro Tag und maximal 100 Litern pro Tag und die von **Kälbern** bis sechs Monate mit 15 bis maximal 25 Litern pro Tag angegeben (HAMPEL 1994; STOCKINGER et al. 1994). Siehe auch 4.1. Der kalkulierte Tränkwasserbedarf deckte sich bis auf wenige Einzelwerte mit diesen Angaben. Unter 15 Litern lag jeweils die Wasseraufnahme der weniger als 10 Wochen alten Kälber, da diese sich ausschließlich von der Milch ernährten und hierfür ein Wasserbedarf von 3,5 Litern Wasser pro Kilogramm Futtertrockenmasse veranschlagt wurde.

Die **Trockensubstanzaufnahme der Kälber**, die älter sind als zehn Wochen, mit dem Weideaufwuchs lag in allen Herden zwischen 2 und 3 kg pro Tag. Diese Werte sind aufgrund der angewandten Methodik (s. 4.1) als Mittelwerte zu betrachten. Die Trockensubstanzaufnahme der Kälber steigt natürlicherweise mit zunehmendem Alter. Als Vergleichsdaten können Untersuchungsergebnisse von LOWMAN und LEWIS (1996) herangezogen werden:

Gewicht der Kälber (kg)	Benötigte Milchmenge (kg) für 1,1 kg LMZ/d	Angenommene Milchleistung der Kühe (kg/d)	Angenommene Heuaufnahme (kg/d)	Benötigtes Kraftfutter (kg/d)
50	8,6	10		
100	10,9	9	0,5	0,2

150	13,5	8	1,0	1,1
200	16,4	7	2,0	2,0
250	19,8	6	2,5	2,9

Tab. 4-1: Theoretischer Futterbedarf von Milchkälbern für eine LMZ von 1,1 kg/Tag (LOWMAN u. LEWIS 1996)

Auch LOWMAN und LEWIS (1996) stellten eine beginnende Heuaufnahme ab einem Gewicht von 100 kg fest. Diese steigerte sich von 0,5 kg/d auf 2,5 kg/d. Da in diese Kalkulation jedoch eine gleichzeitige Aufnahme von Kraftfutter einfloß, konnte sie nicht als Berechnungsgrundlage für die Gras-aufnahme von Kälbern einer Mutterkuhherde ohne Beifütterung herangezogen werden.

Die durchschnittliche **Mineralfutteraufnahme** der Mutterkühe lag in den Herden L bis N bei 47 bis 49 g/Tier und Tag, in den Herden O und P jedoch nur bei 29 und 17 g/Tier und Tag. Literaturangaben zufolge kann bei ad libitum Fütterung nach HAMPEL (1994) mit einer Mineralfutteraufnahme von 50 bis 100 g/Tier und Tag bzw. nach GÜNTHER (1991) sowie LAIBLIN und METZNER (1996) von 100 - 200 g/Tier und Tag gerechnet werden. Die Herden L bis N und die Herden O und P wurden von jeweils zwei verschiedenen Weidewirten betreut. Da die Bedingungen wie Mineralfutterart, Zuteilungsbedingungen, Weideaufwuchs bei allen fünf Herden gleich waren, sind die geringe Aufnahme bzw. der große Unterschied zwischen der Mineralfutteraufnahme der Herden L bis N und O, P weniger auf mangelnde Akzeptanz als auf Fehler des Weidemanagements bzw. der Herdenbetreuung zurückzuführen.

#### 4.4 Energie- und Nährstoffversorgung

Der mittels DLG-Formel geschätzte **Energiegehalt** lag auf allen Standorten über 7 MJ NEL/kg TS. Dies ist für Aufwuchs von extensiv bewirtschafteten Weiden vergleichsweise hoch. Literaturangaben zufolge liegt er bei durchschnittlich zwischen 5 und 6 MJ NEL/kg TS (KÜHBAUCH et al. 1994; RODEHUTSCORD et al. 1994). Diese Abweichung beruht auf der Ungenauigkeit der angewandten Schätzmethode, worauf unter 4.1 näher eingegangen wurde.

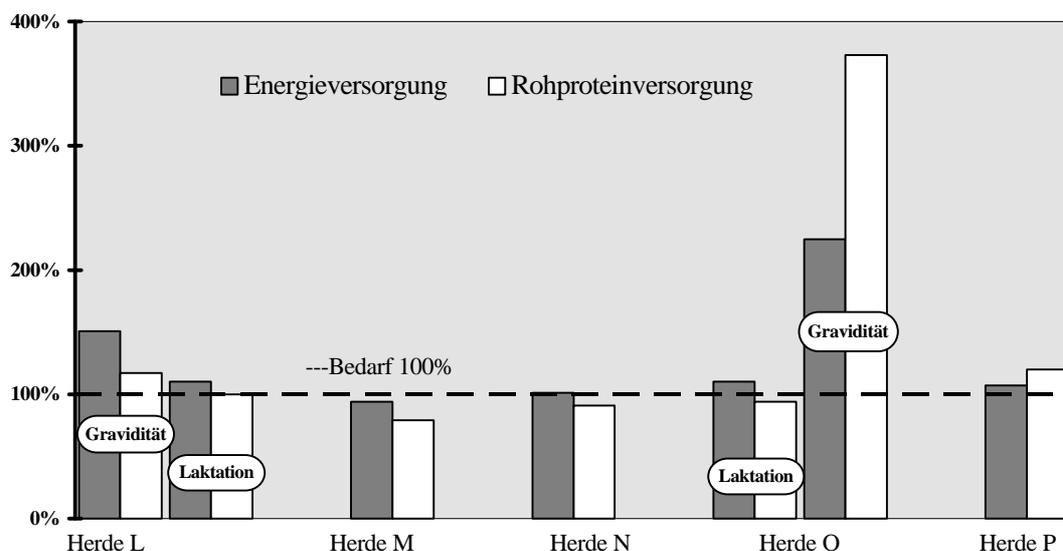
Der **Rohproteingehalt** der Grasproben betrug auf Weidestandort L bis O durchschnittlich 140 g/kg TS. Der mittlere Rohproteingehalt der Weide P war mit 183 g/kg TS auffallend hoch. Nach DLG (1991) liegt der durchschnittliche Rohproteingehalt von extensiven Weiden bei Werten kleiner als 150 g/kg TS, in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium. Die Rohproteingehalte in Aufwüchsen von intensiv bewirtschafteten Weiden liegen bei mittleren Gehalten größer als

200 g/kg TS. Damit deckten sich die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Werte mit den nach Literaturangaben gemessenen durchschnittlichen Rohproteingehalten von extensiv gewonnenem Material. Unabhängig davon fielen große Schwankungen des Rohproteingehaltes in den Grasproben auf. Diese beruhten auf dem sehr unterschiedlichen Wachstumsstadium der untersuchten Aufwüchse. Zum Teil wurden die Herden schon auf eine andere Teilweide getrieben, wenn deren Aufwuchs noch relativ jung war, zum Teil waren die Aufwüchse beim Auftrieb der Tiere jedoch auch schon überständig.

Der **Rohfettgehalt** in Aufwüchsen von extensiv bewirtschafteten Weiden liegt nach DLG (1991) mit durchschnittlich 30 g/kg TS deutlich unter dem von intensiv bewirtschafteten Weiden mit 40 g/kg TS. Diese Literaturangabe für extensiv gewonnenes Material stimmt mit den Analysenwerten der untersuchten Aufwüchse überein.

Der analysierte **Rohfasergehalt** betrug durchschnittlich 220 g/kg TS und deckte sich mit dem von der Literatur angegebenen mittleren Rohfasergehalt in Aufwüchsen extensiv bewirtschafteter Weiden.

Die graviden Mutterkühe der **Herde L** waren mit durchschnittlich mehr als 60 MJ NEL/d eindeutig energetisch üerversorgt. Sobald sie ins Laktationsstadium kamen, war die Energieaufnahme ausreichend für eine Milchleistung von über 10 Litern. Die Rohproteinversorgung war für die tragenden Tiere im Frühjahr, selbst für steigenden Bedarf kurz vor der Geburt, ausreichend. Eine relativ geringe Rohproteinaufnahme von 721 g Rp/d lag nur für den Zeitraum vom 16.6. bis 27.6. vor. Während des Laktationsstadiums war die Rohproteinversorgung marginal.



*Abb. 4-1: Prozentuale Energie- und Rohproteinversorgung der Mutterkühe*

Die Mutterkühe der **Herde M** befanden sich während der gesamten Weidesaison im Laktationsstadium. Während der ersten drei Untersuchungszeiträume (bis zum 26.7.) war sowohl die Energie- als auch die Rohproteinversorgung bedarfsdeckend. Ab dem 27.7. sanken Energie- und Rohproteinaufnahmen unter den Bedarf für 10 Liter Milchleistung, wobei im Vergleich die Rohproteinversorgung besonders niedrig war. Dies bestätigt die unter 4.3 festgestellte zunehmende Unterversorgung aufgrund mangelhaften Weidemanagements, die zu einer Gewichtsabnahme führen mußte und im Laufe der Weidesaison immer gravierender wurde.

Die laktierenden Mutterkühe aus **Herde N** waren bis zum 22.6. ausreichend mit Energie versorgt. Vom 19.7. bis zum 6.8. reichte die aufgenommene Energie jedoch nicht mehr für eine Laktationsleistung von durchschnittlich zehn Litern aus, so daß auch hier von einem Abbau an Körpersubstanz ausgegangen werden muß. Die zum Oktober hin sinkende Energieaufnahme deckte sich mit dem natürlichen Verlauf der Laktationskurve. Die Kälber waren im Herbst durchschnittlich acht Monate alt, und die Laktationsleistung hatte bis zu diesem Zeitpunkt stark abgenommen, so daß die Energieversorgung als ausreichend eingestuft werden kann. Die Rohproteinversorgung war während der gesamten Weidesaison marginal bis unzureichend. Ab dem 5.9. befanden sich zehn nicht tragende oder laktierende Kühe in der Herde. Diese Tiere waren sowohl mit Energie als auch mit Rohprotein übertversorgt.

Die Energie- und Rohproteinaufnahme der Mutterkühe aus **Herde O** deckte den Bedarf für durchschnittlich 10 Liter Milch. Relativ gesehen war die Rohproteinversorgung marginal. Nach dem Absetzen der Kälber waren die im Januar bis März besamten, tragenden Kühe sowohl mit Energie als auch mit Rohprotein übertversorgt.

Die Energie- und Rohproteinaufnahme der Mutterkühe der **Herde P** wurde anhand einer mittleren TS-Aufnahme von 9,03 kg/d bilanziert (s. Ergebnisse). Die während der gesamten Weidesaison laktierenden Kühe waren für eine Milchleistung von 10,4 Litern sowohl mit Energie als auch Rohprotein ausreichend versorgt.

Die mittlere Rohfettaufnahme lag in allen Herden bei allen Tieren unter 4% und die mittlere Rohfaseraufnahme bei durchschnittlich 22%. Dies entspricht den Anforderungen einer wiederkäuergerechten Ernährung (MEYER et al. 1989; HAMPEL 1994).

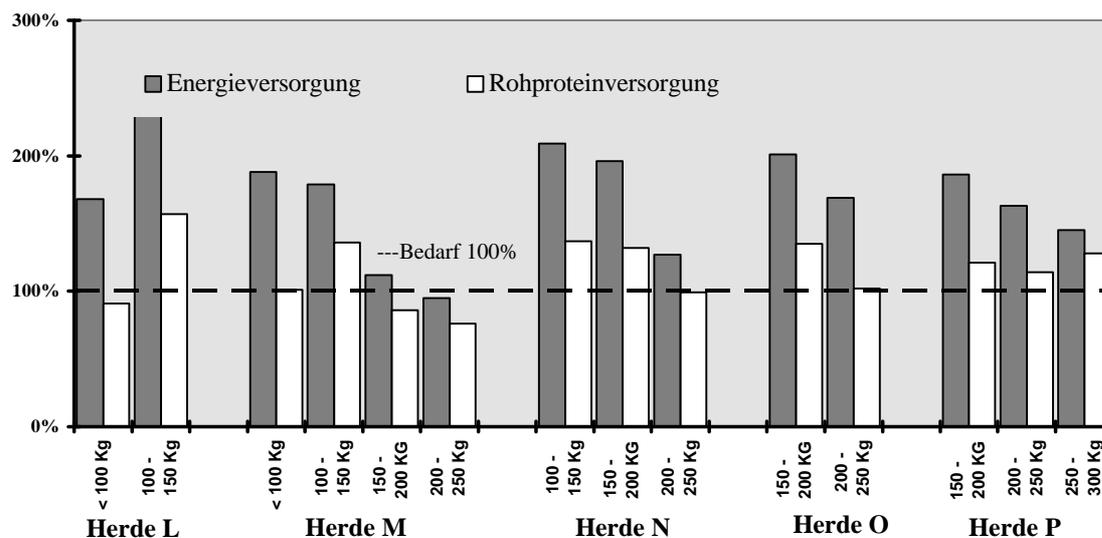


Abb. 4-2: Prozentuale Energie- und Rohproteinversorgungslage der Kälber

Die weniger als zehn Wochen alten **Kälber der Herden L und M** waren über die Milchaufnahme mit Energie überversorgt, während die Rohproteinversorgung teilweise marginal war.

Mit zunehmendem Alter setzte bei den Kälbern der Herde L die Grasaufnahme ein. Bei einer durchschnittlichen TS-Aufnahme von über 2 kg/d war der Energie- und Nährstoffbedarf für eine Zunahme von mehr als 800 g/d reichlich abgedeckt. Selbst bei einer geringeren Grasaufnahme für die 100 - 150 kg schweren Tiere waren die Kälber ausreichend versorgt.

Bei den mehr als zehn Wochen alten Kälbern der Herde M deckte die Energie- und Nährstoffversorgung den Bedarf bis zum September reichlich ab. Im September und Oktober, die Kälber lagen durchschnittlich in einem Gewichtsbereich von 150 bis 250 kg LM, kam es zu einer marginalen Energie- und Rohproteinversorgung (für LMZ von 1 kg/d). Diese konnte jedoch zum einen durch die höhere Trockensubstanzaufnahme der älteren Kälber teilweise ausgeglichen werden, zum anderen wird es, wie oben erläutert, bei den Mutterkühen zu einem Abbau von Körpersubstanz gekommen sein und damit auch zu einer höheren Milchleistung, mit der die Mangelversorgung der Kälber wegfiel.

Die **Kälber der Herden N, O und P** waren während aller Untersuchungszeiträume mit Energie und Rohprotein überversorgt.

## 4.5 Mineralstoffversorgung

### 4.5.1 Mengenelemente

Die analysierten **Natriumgehalte** im Weideaufwuchs lagen unter dem von der Literatur angegebenen Bereich von 0,4 bis 1,5 g/kg TS, mit einem vergleichsweise niedrigen Mittelwert aller Proben von 490 mg/kg TS. Eine tendenzielle jahreszeitliche Veränderung, über die WOLF (1971) berichtete, konnte nicht festgestellt werden. Dies steht in Übereinstimmung mit Untersuchungsergebnissen von ANKE et al. (1961) und MÜLLER et al. (1971). Mit den gegebenen Natriumkonzentrationen im Aufwuchs konnte der Bedarf der Weidetiere nicht gedeckt werden, was auch LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) sowie KEMP und GEURINK (1978) in ihren Untersuchungen feststellten.

Der mittlere **Kaliumgehalt** lag in den untersuchten Grasproben bei 25 g/kg TS und deckte sich in etwa mit dem von verschiedenen Autoren angegebenen durchschnittlichen Gehalt von 30 g/kg TS (DLG 1960; MÜLLER et al. 1971; HEALY 1973). Wie auch PIATKOWSKI et al. (1990) herausstellten, betrug er damit ein Mehrfaches des Bedarfes, so daß bei Mutterkühen kein Kaliummangel zu erwarten war (KÄDING et al. 1993). Eine eindeutige jahreszeitliche Veränderung der Kaliumgehalte konnte in Übereinstimmung mit MÜLLER et al. (1971) nicht festgestellt werden.

Unter Einbeziehung der mit Mineralfutter und Tränkwasser aufgenommenen Natrium- und Kaliummengen ergaben sich Werte für die tägliche Aufnahme, die den Bedarf nach GEH (1986) immer übertrafen.

Dies geht auch aus folgender Abbildung hervor:

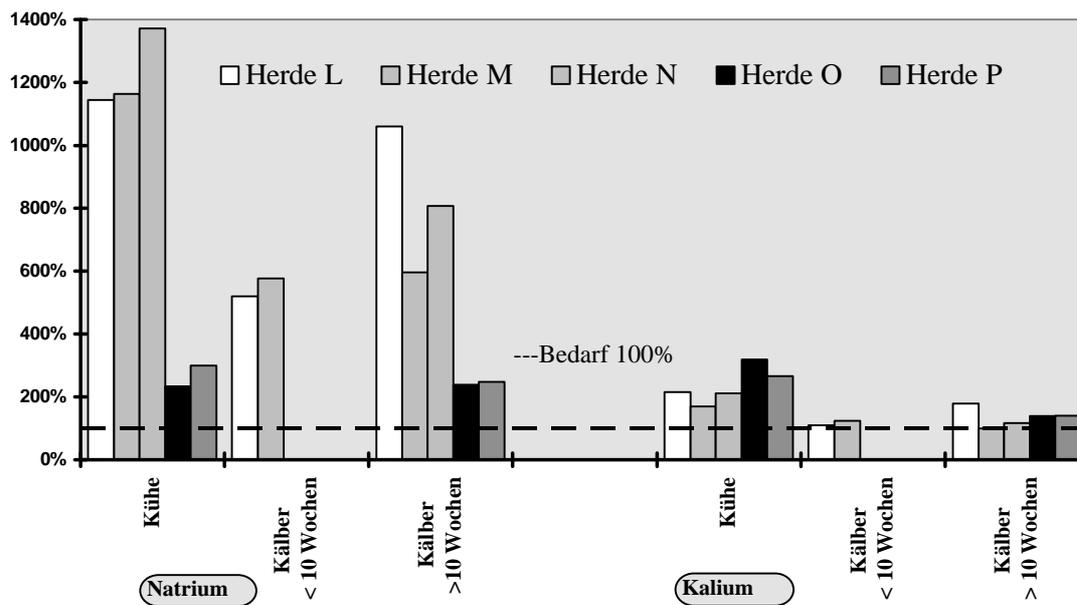


Abb. 4-3: Prozentuale Natrium- und Kaliumversorgungslage der Mutterkühe und Kälber

Auffallend sind die hohen Natriumaufnahmen durch die Tiere der Herden L, M und N. Dies erklärt sich aus der Höhe der Mineralfutteraufnahme und den unterschiedlichen Natrium- und Kaliumkonzentrationen im Weidewasser. Die Entwässerungsgräben der Standorte L bis N standen in direkter Verbindung zur Ostsee und wiesen einen bis zu sechsfachen Gehalt an Natrium und einen bis zu fünffachen Gehalt an Kalium auf. Die Tiere der Herden L bis N nahmen täglich bis zu 180 g Natrium allein mit dem Tränkwasser auf.

Diese Bilanzierung der täglichen Natrium- und Kaliumaufnahmen konnte durch die Analysen des Natrium- und Kaliumgehaltes im **Speichel** nicht belegt werden! Die mittleren Natriumgehalte im Speichel lagen im Juli alle im Bereich von 87 bis 130 mmol/l, der nach KEMP und GEURINK (1978) auf eine unzureichende Natriumversorgung ohne klinische Symptome hinweist.

Diese niedrigen Ausgangswerte könnten von Fütterungsfehlern während der Stallhaltung im Winter herrühren, über die keine zuverlässigen Angaben vorlagen. Während der Weidesaison stiegen die Natriumkonzentrationen im Speichel der Tiere aus den Herden L und N an. Dieser Anstieg fiel jedoch wesentlich geringer aus, als es die kalkulierte Natriumübersversorgung hätte erwarten lassen. Die Natriumkonzentrationen im Speichel der Tiere aus den Herden M, O und P fielen während der Weidesaison sogar ab.

Der Widerspruch zwischen der kalkulierten Natriumübersorgung durch Weideaufwuchs, Mineralfutter sowie Weidewasser und den auffallend niedrigen Natriumkonzentrationen im Speichel konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht endgültig geklärt werden. Ein Erklärungsansatz könnte in der zum Teil sehr hohen bilanzierten Wasseraufnahme liegen, die zu einer Überschätzung der Natrium- und Magnesiumaufnahme geführt haben könnte (s. 4.1 Kritik der Methoden).

Die Entwicklung der Kaliumgehalte im Speichel verhielt sich gegenläufig zu derjenigen des Natriumgehaltes. Die durchschnittlichen Kaliumgehalte lagen über 10 mmol/l, was nach GROPPPEL (1995a) als Grenzwert angegeben wird. Die Bewertung des Kaliumgehaltes bereitet aufgrund der starken Beeinflussung durch Pansensaft vom Wiederkauen gewisse Schwierigkeiten (LOTTHAMMER u. AHLWEDE 1973).

Aufgrund des von LOTTHAMMER u. AHLWEDE (1973) und anderen Autoren festgestellten engen Zusammenhangs zwischen niedrigen Natriumkonzentrationen im Speichel und unregelmäßigen Zyklen sowie Ovarialzysten (s. Schrifttum) ist eine negative Auswirkung auf die Fruchtbarkeit speziell in den Herden M, O und P anzunehmen.

Der **Magnesiumgehalt** betrug in den untersuchten Grasproben durchschnittlich 2,21 g/kg TS und war damit höher als der von DLG (1960) und MÜLLER et al. (1971) angegebene Mittelwert. Dies deckt sich mit der Feststellung von JILG und BRIEMLE (1993), daß Aufwüchse von extensiv bewirtschafteten Weiden aufgrund der Bestandumschichtung einen höheren Magnesiumgehalt aufweisen als solche von intensiv bewirtschafteten Weiden. Die ermittelten Magnesiumgehalte wiesen große Schwankungen auf, wobei die höchsten Werte im Sommer gemessen wurden. Dies deckt sich mit den Ausführungen von REID und HORVATH (1980), wonach der durchschnittliche Magnesiumgehalt im Frühjahr und Herbst aufgrund der hohen Bodenfeuchte und dem schnelleren Pflanzenwachstum besonders niedrig ist.

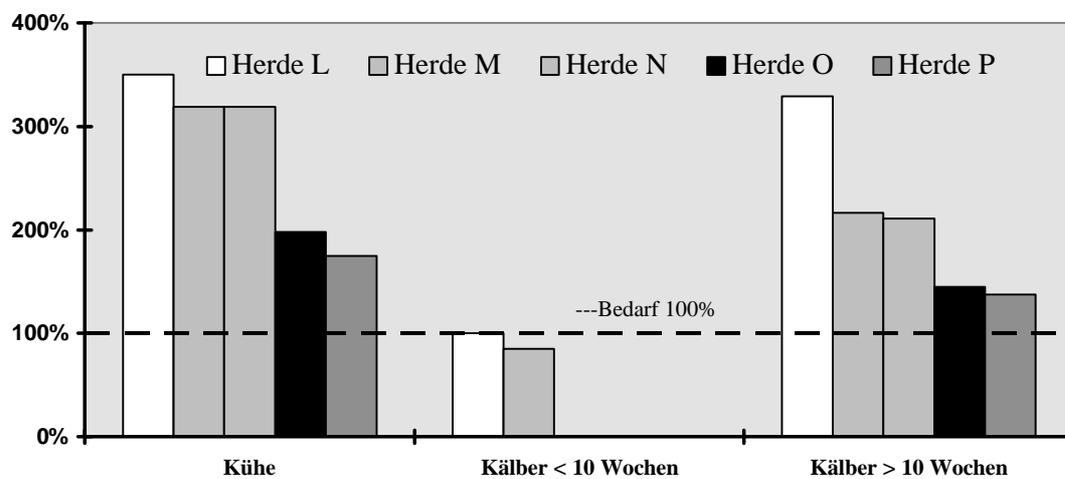


Abb. 4-4: *Prozentuale Magnesiumversorgungslage der Mutterkühe und Kälber*

Unterstellt man einen Erhaltungsbedarf von 10 g pro Tag und einen Bedarf von 0,6 g/Liter Milch (GEH 1986), waren die Mutterkühe aller Herden unter Einbeziehung der mit dem Mineralfutter und Tränkwasser aufgenommenen Magnesiummengen deutlich übertersorgt. Nach FLACHOWSKY et al. (1995) und HUNGER (1995) ist die Magnesiumresorption aus Weidegras jedoch vergleichsweise schlecht. Folgt man den Bedarfswerten von 2,5 g/kg TS bei Weidehaltung laut NRC (1989) und PIATKOWSKI et al. (1990), so war die **Magnesiumversorgung** der Herde O marginal. Mit durchschnittlich 2,6 und 3,2 g Magnesium/kg TS waren die Mutterkühe der Herden O und P schlechter versorgt als die der Herden L bis N mit durchschnittlichen Gehalten von 4 bis 5 g Magnesium/kg TS. Dies resultierte, analog zur Natriumversorgung, aus der unterschiedlichen Höhe der Mineralfuttermittelaufnahme und dem bis zu vierfachen Magnesiumgehalt im Weidewasser der Standorte L bis N.

Die Magnesiumversorgung der weniger als zehn Wochen alten Kälber aus Herde L war bis zum 14.9. marginal und ab dem 15.9. mangelhaft. Die Milchkälber aus Herde M waren durchgehend unterversorgt. Mit beginnender Grasaufnahme durch die Kälber, ab einem Alter von zehn Wochen, war in den Herden L bis N eine Überversorgung mit Magnesium festzustellen, in den Herden O und P waren die Kälber im Juni marginal versorgt.

Die Analyse der Magnesiumgehalte im **Blutserum** ergab für alle Herden Mittelwerte im Bereich von 0,73 bis 0,95 mmol/l. Im Vergleich mit den von WIESNER (1970), NCMN (1973) und NRC (1984) angegebenen Normalwerten bestätigte sich damit die ausreichende Magnesiumversorgung der Mutterkühe aller Herden. Das Absinken der Magnesiumgehalte im Serum bis zum zweiten Untersuchungstermin im November könnte auf die Wirkung von Antagonisten zurückzuführen sein.

So sinkt nach NRC (1984), EDRISE und SMITH (1986) sowie MARTENS und GÄBEL (1987) bei Natriummangel oder Kaliumüberschuß die scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums, nach STANDISH et al. (1971) geschieht dies ebenso bei Eisenüberschuß im Futter. Hohe Kaliumaufnahmen fördern die Magnesiumausscheidung genauso wie hohe Phosphor- und Kalziumgehalte im Futter (CHICCO et al. 1973). Nach REID und HORVATH (1980) sollte das Verhältnis  $K/(Ca+Mg)$  kleiner oder gleich 2,2 sein. Für die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Analysenwerte ergab sich im Aufwuchs der Standorte O und P ein Verhältnis, daß prinzipiell größer war als 2,2 und maximal 4,8 betrug. Entsprechend den Ausführungen von MCDOWELL (1992) konnte somit auf eine antagonistische Wirkung der hohen Kaliumgehalte auf die Magnesiumresorption geschlossen werden. Über die Aussagefähigkeit von Magnesiumanalysen im Blutserum liegen unterschiedliche Literaturangaben vor. Nach NRC (1984) sind sie gut geeignet, um einen Magnesiummangel zu diagnostizieren, nach KEMP und GEURINK (1978) sowie MCDOWELL (1992) ist jedoch die Analyse des Harnspiegels vorzuziehen, da sich dieser bei einer akuten Unterversorgung schneller verändert und nicht, wie der Blutserumspiegel, erst bei schwerem Defizit. Da die Harnentnahme bei den extensiv gehaltenen Mutterkühen jedoch sehr schwierig und aufwendig gewesen wäre, mußte auf die Analyse des Magnesiumgehaltes im Blutserum zurückgegriffen werden.

In den Grasproben wurde ein durchschnittlicher **Kalziumgehalt** von 6,2 g/kg TS ermittelt. Nach NRC (1989) liegt der Kalziumbedarf laktierender Kühe bei bis zu 6 g/kg TS. Eine Mangelversorgung ist dementsprechend bei den Mutterkühen nicht zu erwarten, wie auch ROHR (1976) sowie REID und HORVATH (1980) es in ihren Untersuchungen herausstellten. Die mittlere Kalziumkonzentration lag in dem von verschiedenen Autoren angegebenen Normalbereich von 6 bis 8 g/kg TS (s. Schrifttum). Die für extensive Weiden typischen hohen Kalziumkonzentrationen (KEMP u. GEURINK 1978) konnten hier nicht festgestellt werden. Vom Frühjahr bis zum Hochsommer stiegen die Kalziumgehalte im Aufwuchs deutlich an, um dann zum Herbst in unterschiedlichem Maße abzufallen.

Nach ANKE et al. (1961), MÜLLER et al. (1971) sowie REID und HORVATH (1980) steigt der Kalziumgehalt im Laufe der Vegetationsperiode ständig an. Dies konnte in den vorliegenden Untersuchungen nur teilweise bestätigt werden.

Unterstellt man die **Bedarfwerte** der GEH (1986), so waren die Mutterkühe der Herden L bis N deutlich üerversorgt. Aufgrund der niedrigen Kalziumgehalte im Aufwuchs waren die Mutterkühe der Herde O im Frühjahr und die der Herde P im Herbst unterversorgt.

Die weniger als zehn Wochen alten Kälber der Herden L und M waren mit Kalzium unterversorgt. Die mehr als zehn Wochen alten Kälber der Herde L waren bei einsetzender Rauhfutteraufnahme ausreichend versorgt. Im September und Oktober wurde für die mehr als zehn Wochen alten Kälber der Herde M ein Kalziummangel bilanziert. Da die Kälber zu diesem Zeitpunkt jedoch im Mittel schon die Gewichtsklasse von 200 bis 250 kg LM erreicht hatten, konnte eine höhere Trockensubstanzaufnahme als die in die Rechnung eingeflossenen 2,3 kg unterstellt werden, so daß ein Kalziummangel auch nicht mehr zu erwarten war. Die Kalziumversorgung der Kälber der Herde N war im Frühjahr und im Herbst analog zu den niedrigen Kalziumgehalten des Aufwuchses zu diesen beiden Zeitpunkten nicht bedarfsdeckend. Der Kalziummangel im Herbst konnte aufgrund einer zu unterstellenden höheren Trockensubstanzaufnahme der bis dahin 200 bis 250 kg schweren Kälber kompensiert werden. Die Kalziumaufnahme der Kälber der Herde O war bis zum Absetzen am 17.8. unzureichend. Das gleiche gilt für die Kälber der Herde P, die jedoch im September ein durchschnittliches Gewicht von 250 bis 300 kg aufwiesen und durch eine zu unterstellende höhere Trockensubstanzaufnahme ausreichend mit Kalzium versorgt waren.

Für die Kalziumversorgungslage ist allerdings nicht nur die absolute Aufnahme des Elementes entscheidend. Eine wichtige Rolle für die Resorption beider Elemente spielt auch das **Kalzium-Phosphor-Verhältnis**. Dieses sollte optimalerweise bei 1/1 bis 2/1 liegen (WIESNER 1970; HOFMANN 1992; MCDOWELL 1992). In den analysierten Grasproben lag es bei durchschnittlich 0,93/1 und damit geringfügig unter dem von der Literatur angegebenen Richtwert.

Die Analyse des Kalziumgehaltes im **Blutserum** ergab ausnahmslos Mittelwerte, die über 2,3 mmol/l lagen. Dies entspricht laut Literaturangaben einem normalen Kalziumspiegel im Blutserum. Lediglich die DVG (1977) gibt mit 2,5 bis 2,87 mmol/l höhere Normalwerte an. Nach GRÜNDER (1991), GROPPPEL (1995) und anderen zitierten Autoren bestätigten die ermittelten Kalziumgehalte im Blutserum eine ausreichende Kalziumversorgung der Mutterkühe.

Da die Blutserumanalyse von BUHM und GRÜNDER (1985), GRÜNDER (1991) sowie GÜNTHER (1991) aufgrund des stabilen Kalziumgehaltes als ungeeignet eingeschätzt wird, können die Untersuchungsergebnisse eher als Hinweis darauf bewertet werden, daß kein länger anhaltender Kalziummangel vorgelegen hat.

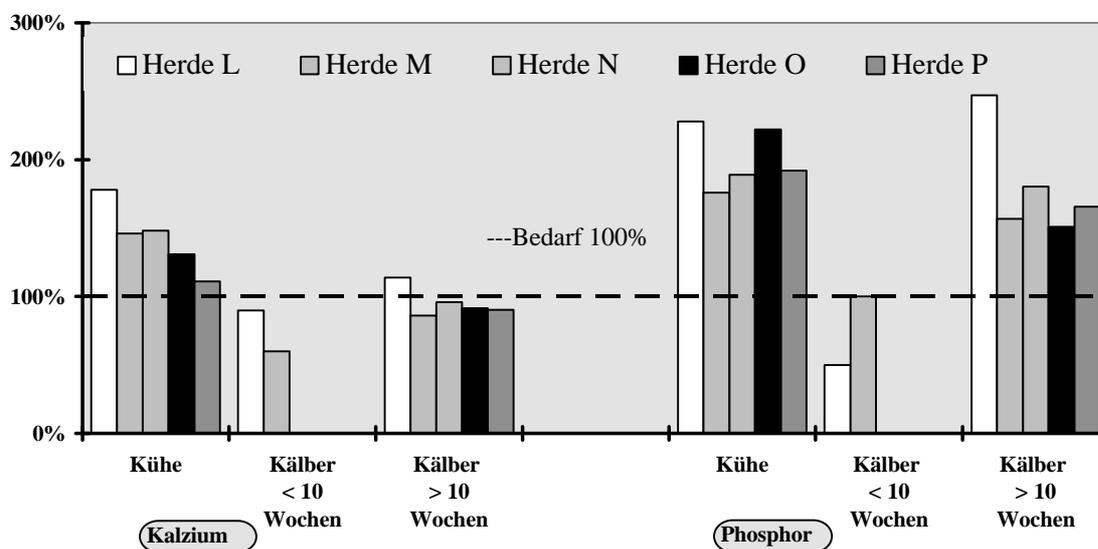


Abb. 4-5: Prozentuale Kalzium- und Phosphorversorgungslage der Mutterkühe und Kälber

Der mittlere **Phosphorgehalt** der untersuchten Grasproben lag bei 6,93 g/kg TS und übertraf damit deutlich die in der Literatur angegebenen Mittelwerte von 3 und 5 g/kg TS. Der Grund hierfür könnte in den höheren Phosphorgehalten der Kräuter und Leguminosen sowie der unter extensiver Bewirtschaftung eingetretenen Bestandumschichtung (KÄDING et al. 1993) oder auch der Rückführung des Phosphors mit den Exkrementen der Weidetiere liegen (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987). Der von verschiedenen Autoren beschriebene, im Laufe der Vegetationsperiode sinkende Phosphorgehalt des Weidegrases konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden, vielmehr fand sich ein kontinuierlicher Anstieg bis zum Herbst.

Die Mutterkühe aller Herden waren während der Weidesaison ausreichend bis überschüssig mit Phosphor versorgt. Die **Phosphoraufnahme** der Milchkälber aus Herde L war während der ersten zehn Wochen unzureichend, und bei den Tieren aus Herde M lag eine marginale Versorgung vor. Sobald die Grasaufnahme der Kälber einsetzte, waren sie auf allen Standorten - wie auch die Mutterkühe - mit Phosphor überversorgt.

Die **Blutserumanalyse** ergab durchschnittliche Phosphorgehalte von über 1,8 mmol/l, nur ein Wert lag bei 1,64 mmol/l. Dies sind Werte, die nach Angaben aller zitierten Autoren als normaler Phosphorspiegel im Blutserum eingeschätzt werden. Damit bestätigte sich die oben bilanzierte ausreichende Phosphorversorgung der weidenden Mutterkühe. Nach NCMN (1973) und GÜNTHER (1991) ist die Analyse des Serums bei fütterungsbedingten Mangelzuständen nicht aussagefähig, nach GRÜNDER (1991) und MCDOWELL (1992) jedoch auch dann. Eine alternative Phosphoranalyse im Harn konnte aus den oben angeführten Gründen nicht durchgeführt werden.

#### **4.5.2 Spurenelemente**

In den untersuchten Grasproben wurde ein durchschnittlicher **Kupfergehalt** von 9,4 mg/kg TS ermittelt, wobei zwischen den einzelnen Weiden große Unterschiede deutlich wurden. So betrug der mittlere Gehalt der Aufwüchse von Weide P 11,4 mg/kg TS und der von Weide L 8,1 mg/kg TS. Besonders die Kupfergehalte der Weiden M, O und P lagen im Vergleich mit den Literaturangaben höher als der angegebene Durchschnittsgehalt von 8,2

mg/kg TS bei extensiv und 8,4 mg/kg TS bei intensiv bewirtschafteten Weiden (DLG 1973).

Ein einheitliche jahreszeitliche Veränderung konnte nicht festgestellt werden. Nach ANKE et al. (1961), CZUBA und HUTCHINSON (1980) sowie ANKE et al. (1994c) sinken die Kupfergehalte im Laufe der Vegetationsperiode ständig ab. Auf den untersuchten Flächen wurde hingegen meist ein Ansteigen der Kupfergehalte bis zum Spätsommer festgestellt mit unterschiedlich deutlich ausgeprägtem Abfall im Herbst. Die Kupfergehalte im Herbst lagen jedoch durchgängig über den im Frühjahr ermittelten Werten, so daß hier ein Widerspruch zu den Literaturangaben festgehalten werden kann. Ebenfalls nicht bestätigt werden konnten die Angaben von ANKE et al. (1980, 1994a), wonach es sich bei Moor- und Torfstandorten sowie Standorten mit diluvialer Bodenherkunft um Kupfermangelgebiete handelt.

Unterstellt man die Bedarfswerte der GEH (1986), so waren die Mutterkühe der Herden L und O während der ganzen Weidesaison ausreichend mit Kupfer versorgt; bei den Tieren der Herden M, N und P war die **Kupferaufnahme** im Frühjahr und Sommer bedarfsdeckend, im Herbst jedoch unzureichend. Die Milchkälber der Herden L und M waren mit durchschnittlich 2 mg Kupfer/kg TS unterversorgt. Sobald die Kälber ab einem Alter von zehn Wochen Gras aufnahmen, verbesserte sich die Versorgungslage, war jedoch immer noch marginal.

Daß gerade für die Einschätzung der Kupferversorgung eine ausschließliche Betrachtung der aufgenommenen Kupfermengen nicht ausreichend ist, belegten die analysierten **Kupfergehalte im Blutserum** der Mutterkühe. Sie lagen schon bei der ersten Untersuchung im Juli, bis auf die Tiere der Herde N, unter 10 µmol/l. Nach Angaben von MAAS (1987) und MACKENZIE et al. (1996) entspricht dies einem marginalen Kupferstatus. Bis zum zweiten Untersuchungstermin im November waren alle durchschnittlichen Kupfergehalte im Blutserum auf Werte bis zu 4 µmol/l gefallen (Mutterkühe der Herde P). Dies ließ sich durch Vergleich der aufgenommenen Kupfermenge mit dem entsprechenden Bedarf (GEH 1986) allein nicht erklären. Vielmehr mußte hier die zusätzliche Einwirkung von Antagonisten berücksichtigt werden (NRC 1984; DAVIS u. MERTZ 1987; WARD et al. 1993b). Zu diesem Zweck wurde der Gehalt an Schwefel und Molybdän im Weideaufwuchs und Tränkwasser analysiert.

Die durchschnittlichen **Schwefelgehalte** im Weideaufwuchs schwankten zwischen 2,8 und 5,6 g/kg TS. Von VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) wird

ein mittlerer Gehalt von 2 bis 3,5 g/kg TS angegeben. Somit konnte auf eine erhöhte Schwefelbelastung der Weiden geschlossen werden. Der Schwefelbedarf der Weidetiere, der nach NRC (1984, 1989) bei 1 bis 2 g/kg TS liegt, war in allen Fällen gedeckt.

Der durchschnittliche Schwefelgehalt im Weidewasser lag zwischen 0,11 und 0,14 g pro Liter, so daß bei einer durchschnittlichen Wasseraufnahme von 60 Litern allein mit dem Wasser täglich eine Menge von 7 bis 9 g aufgenommen wurde, was die Schwefelbelastung der Tiere nicht unwesentlich erhöhte. Die unter Berücksichtigung der mit dem Wasser und dem Weideaufwuchs aufgenommenen Mengen bilanzierte tägliche Gesamtaufnahme des Schwefels lag mit ansteigender Tendenz während der Weideperiode zwischen 3,5 und 7 g/kg TS.

Der durchschnittliche **Molybdängehalt** der untersuchten Weideaufwüchse lag zwischen 3,6 und 9,1 mg/kg TS. Der niedrige Molybdänbedarf von 0,1 bis 0,2 mg/kg TS (VOIGTLÄNDER u. JACOB 1987) war damit gedeckt. Im Vergleich mit dem in der Literatur angegebenen durchschnittlichen Molybdängehalt im Weideaufwuchs von weniger als 1 mg/kg TS konnte auf eine erhöhte Molybdänbelastung der Weidestandorte geschlossen werden.

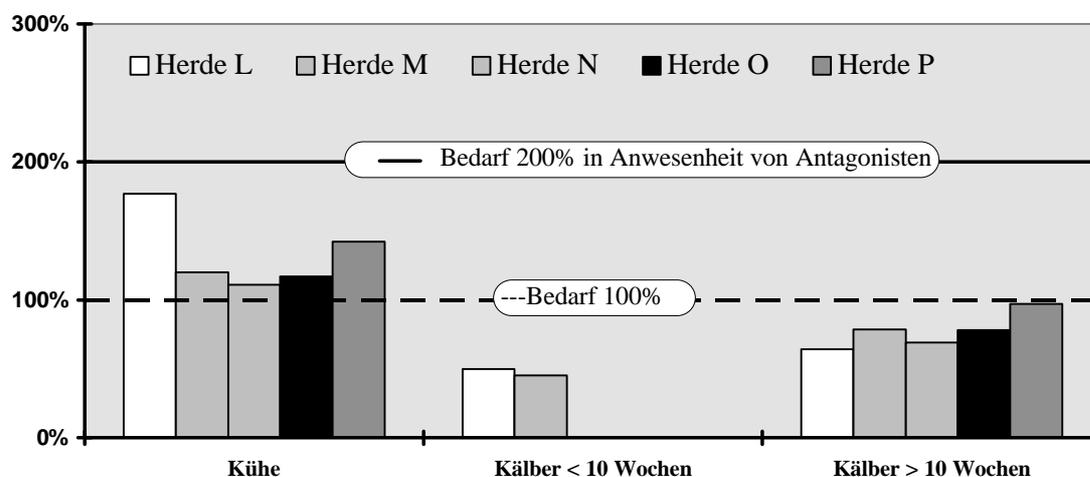


Abb. 4-6: Prozentuale Kupferversorgungslage der Mutterkühe und Kälber mit einem Bedarf von 100% in Abwesenheit und von 200% in Anwesenheit von Antagonisten

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Schwefel- und Molybdänbelastung muß die Kupferversorgung der Weidetiere als unzureichend eingestuft werden. Nach Angaben von ANKE et al. (1989c) verdoppelt sich der Kupferbedarf in Anwesenheit von Antagonisten. Dies geht auch deutlich aus Abbildung 4-6 hervor. Neben dem Kupferbedarf von 100 % laut Angaben der GEH (1986) wurde auch der doppelte Bedarf bei Anwesenheit von Antagonisten

eingezeichnet. Untersuchungen von REID und HORVATH (1980) bestätigten eine Abnahme der Kupferverfügbarkeit um 50% bei Verfütterung von 4 mg Molybdän/kg TS. Diese Molybdängehalte wurden auf den untersuchten Weidestandorten fast ausnahmslos erreicht.

Nach WARD (1978), HIDIROGLOU et al. (1990) und MCDOWELL (1992) wird ein Kupfer-Molybdän-Verhältnis ab 2/1 als kritisch und eine ausreichende Kupferversorgung erst ab einem Verhältnis von 4/1 als gewährleistet angesehen. In Anwesenheit von Schwefel kann nach MCDOWELL (1992) schon bei einem Verhältnis von 2,8/1 eine Hypocupriose ausgelöst werden. Die ermittelten Kupfer-Molybdän-Verhältnisse unterschritten diesen Wert besonders im Frühjahr und Herbst ausnahmslos auf allen fünf Weidestandorten. Verschärft wird diese Situation durch die hohe Molybdän- und die geringe Kupferverfügbarkeit auf Niedermoorstandorten (PIATKOWSKI et al. 1990; MCDOWELL 1992). Die biologischen Auswirkungen (FERGUSON et al. 1938) mit Auslösung eines sekundären Kupfermangels und einer Molybdänose, auf die im Schriftteil näher eingegangen wurde, sind bei der vorliegenden hohen Belastung als gegeben anzusehen.

Eine erhöhte Schwefelbelastung führt zu einem nach ANKE et al. (1987b, 1992) zu vermindertem Futterverzehr und Wachstumsdepressionen. Sowohl Schwefel als auch Molybdän bilden mit Kupfer unlösliche Komplexe, die mit dem Kot oder Harn ausgeschieden werden (WETZEL u. MENKE 1978a, KELLEHER u. IVAN 1985, MATHUR et al. 1985). Zum anderen bilden sich Thiomolybdate, die im Pansen mit Kupfer unlösliche und nicht resorbierbare Komplexe bilden oder die resorbiert werden, Kupfer aus dem Gewebe mobilisieren und die Kupferausscheidung fördern (s. Schrifttum). Eine erhöhte Kupferausscheidung aufgrund von Komplexbildungen erklärt auch die nach Literaturangaben ungewöhnlichen, ansteigenden Kupfergehalte im Weideaufwuchs. Falls erhebliche Konzentrationen an Thiomolybdaten resorbiert wurden und somit ein großer Teil des metabolischen Kupferpools nicht biologisch verfügbar ist, kann die Blutanalyse nach TELFER et al. (1996) fehlerhafte Werte anzeigen. Aufgrund der gegebenen gleichzeitig vorhandenen Schwefel- und Molybdänbelastung kann dieser Umstand bei den untersuchten Mutterkühen unterstellt werden. Somit täuschten die Ergebnisse der Blutserumanalysen zu hohe Werte vor.

Neben Schwefel und Molybdän kommt auch einem hohen Kalziumgehalt in der Ration die Rolle eines Kupferantagonisten zu. So sollte das Kalzium-Kupfer-Verhältnis kleiner sein als 350/1 (MÄNNER u. BRONSCH 1987). In den untersuchten Rationen der Mutterkühe und Kälber lag dieses Verhältnis fast ausnahmslos über 350/1 und erreichte Werte von über 1000/1. Somit war im

vorliegenden Fall auch eine Senkung der Kupferlöslichkeit im Pansen aufgrund hoher Kalziumgehalte im Futter nicht auszuschließen.

Ausgelöst durch die hohe Molybdän- und Schwefelbelastung sowie das ungünstige Kalzium-Kupfer-Verhältnis kann sowohl bei den Mutterkühen als auch den Kälbern ein **sekundärer Kupfermangel** unterstellt werden. Auf die Symptome einer Hypocupriose wurde im Schriftteil näher eingegangen. Hervorzuheben sind die für die Wirtschaftlichkeit der Mutterkuhhaltung relevante Beeinträchtigung der Herdenfruchtbarkeit und Lebendmasseentwicklung der Kälber (THOMAS et al. 1981a; MCDOWELL 1992; ANKE 1993, 1994c; KEGLEY u. SPEARS 1993; LAIBLIN 1995).

Der mittlere **Eisengehalt** lag in den untersuchten Grasproben bei durchschnittlich 128 mg/kg TS und war damit im Vergleich mit den von der Literatur angegebenen Werten relativ niedrig. Da es sich bei den untersuchten Weidestandorten um extensiv bewirtschaftetes Grünland handelte, mit einer Bestandsumschichtung zugunsten von eisenreichen Kräutern und Leguminosen, wäre ein höherer Eisengehalt zu erwarten gewesen (ANKE et al. 1994c). Hohe Eisengehalte finden sich nach GRÜN et al. (1980) auch auf diluvialen Sandstandorten. Bei hohen Phosphorgehalten des Bodens sinkt nach VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) die Eisenverfügbarkeit für die Pflanzen. Diese Interaktion zwischen Eisen und Phosphor scheint auch auf den untersuchten Weiden vorgelegen zu haben: So lag der Phosphorgehalt mit durchschnittlich knapp 7 g/kg TS über den von der Literatur angegebenen Werten, und der Eisengehalt, der aufgrund der extensiven Bewirtschaftung und Bodenherkunft vergleichsweise hohe Werte hätte erwarten lassen, lag mit durchschnittlich 128 mg/kg TS auffallend niedrig. Eine gleichgerichtete jahreszeitliche Veränderung des Eisengehaltes konnte in Übereinstimmung mit Untersuchungsergebnissen von KIRCHGESSNER et al. (1971) nicht festgestellt werden.

Die Mutterkühe aller Standorte waren entsprechend den **Bedarfwerten** der GEH (1986) deutlich übersorgt. Die Kälber der Herde L und M, die sich während der ersten zehn Wochen noch ausschließlich über die Milch ernährten, waren gravierend unterversorgt. Der Bedarf für Kälber bis zu 150 kg LM liegt bei 100 mg Eisen/kg TS und die durchschnittliche Versorgung der Kälber der Herden M und N lag bei 8 bzw. 9 mg/kg TS. Zwar würde eine Eisenversorgung mit 40 - 50 mg/kg TS für eine normale Gewichtsentwicklung und Blutbildung

ausreichen, sie wäre jedoch unzureichend für eine ausreichende Myoglobinsynthese im Muskelgewebe (ARC 1980).

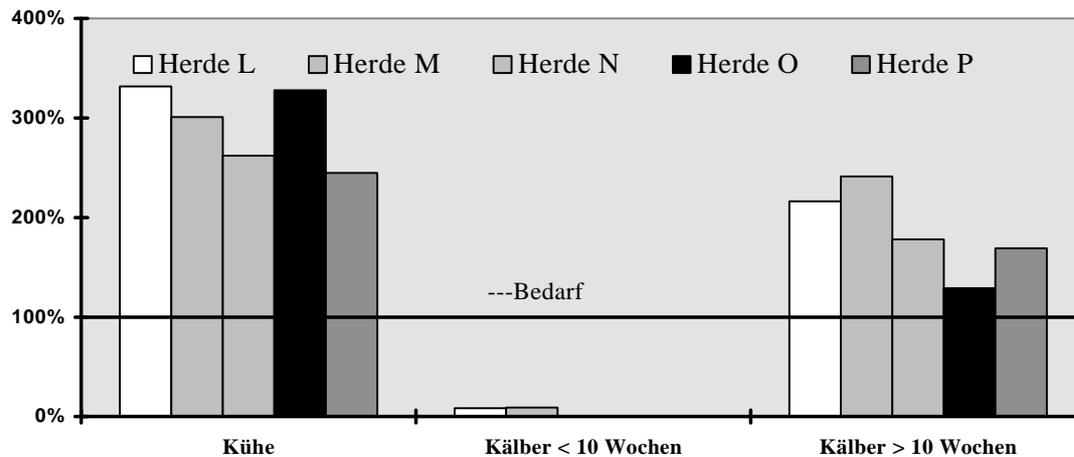


Abb. 4-7: Prozentuale Eisenversorgungslage der Mutterkühe und Kälber

Die hier vorliegende gravierende Unterversorgung läßt die Schlußfolgerung zu, daß die Kälber, falls keine Behandlung mittels der Weidewarte, wie etwa eine orale Eisensubstitution, während der ersten zwölf Stunden oder eine Eiseninjektion (BÜNGER et al. 1987; NRC 1989) erfolgt, innerhalb von acht bis zehn Wochen einen Eisenmangel mit Eisenmangelanämie entwickeln (PIATKOWSKI et al. 1990; HOFMANN 1992; GROPPPEL 1995). Kälber mit Eisenmangel zeigen eine erhöhte Infektionsanfälligkeit, verminderte Resistenz gegen Herz-Kreislauf-Erkrankung, und in Belastungssituationen kann es zu erhöhter Morbidität sowie Mortalität kommen (BÜNGER et al. 1987; PIATKOWSKI et al. 1990; HOFMANN 1992). Mit zunehmendem Alter der Kälber und damit steigender Aufnahme an Grünfutter verbesserte sich die Versorgungslage der Kälber, und ab einem Gewicht von 150 bis 200 kg, ab dem auch der Eisenbedarf auf 50 mg/kg TS sinkt, war meist eine ausreichende Eisenversorgung gesichert. Ein Eisenüberschuß, wie bei den Mutterkühen bilanziert, kann antagonistische Auswirkungen auf die Magnesiumresorption haben (STANDISH et al. 1971). Aufgrund der kontinuierlich sinkenden Magnesiumgehalte im Blutserum ist eine solche Interaktion im vorliegenden Fall nicht auszuschließen.

Der mittlere **Zinkgehalt** aller Weideaufwüchse lag bei 44 mg/kg TS und entspricht damit den von der Literatur angegebenen Werten. Wie auch von JILG und BRIEMLE (1993) sowie ANKE et al. (1994c) herausgestellt, konnte mit diesen stark schwankenden Gehalten der Zinkbedarf oftmals nicht gedeckt werden. Ein einheitlicher jahreszeitlicher Anstieg der Zinkgehalte (ANKE et al.

1994c, DLG 1973) im Aufwuchs konnte nur auf einigen Weiden festgestellt werden.

Auf anderen Weiden fiel der Zinkgehalt zunächst in unterschiedlichem Maße ab, um dann im Herbst wieder anzusteigen und zum Teil die im Frühjahr ermittelten Werte noch zu übertreffen.

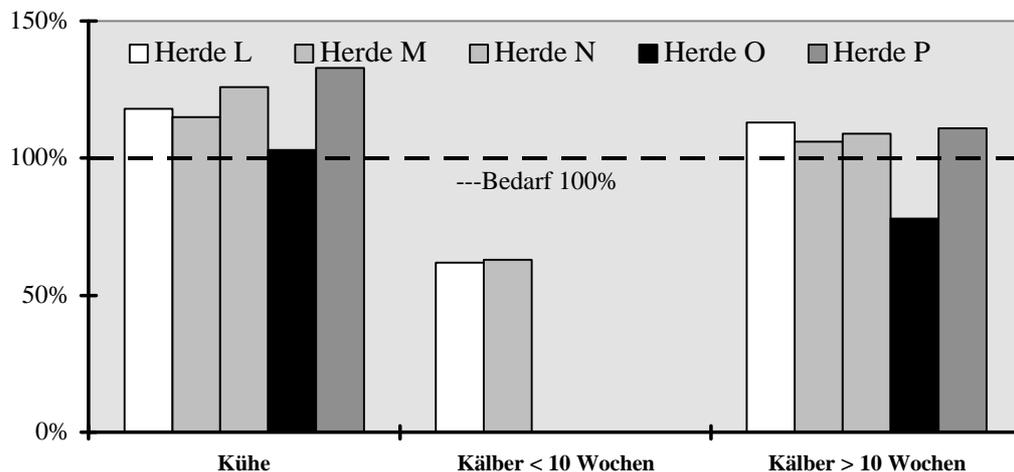


Abb. 4-8: Prozentuale Zinkversorgungslage der Mutterkühe und Kälber

Bezieht man die Zinkaufnahme über das Wasser und Mineralfutter in die Bilanzierung der **täglichen Aufnahme** mit ein, so lag der Zinkgehalt pro aufgenommenem Kilogramm Trockensubstanz analog zur jahreszeitlichen Veränderung im Frühjahr bei allen Mutterkühen noch unterhalb des Bedarfs von 50 mg/kg TS, stieg danach jedoch auf bedarfsdeckende Werte an. Die weniger als zehn Wochen alten Milchkälber der Herden L und M waren mit Zinkgehalten von durchschnittlich 31 mg/kg TS eindeutig unterversorgt. Negative gesundheitliche Auswirkungen mit vermindertem Wachstum, reduzierter Futtermittelaufnahme und -verwertung (KIRCHGESSNER u. WEIGAND 1982; NRC 1984; GEH 1986) sowie einer beeinträchtigten geschlechtlichen Entwicklung (GEH 1986; ANKE 1993; WIESEMÜLLER 1994) können daher unterstellt werden. Sobald die Kälber anfangen Gras aufzunehmen, verbesserte sich die Zinkversorgungslage zunehmend. So war die Zinkaufnahme bei allen Kälbern, die älter als zehn Wochen waren, zunächst noch marginal, stieg jedoch mit zunehmender Grasaufnahme auf bedarfsdeckende Werte über 50 mg Zink/kg TS an.

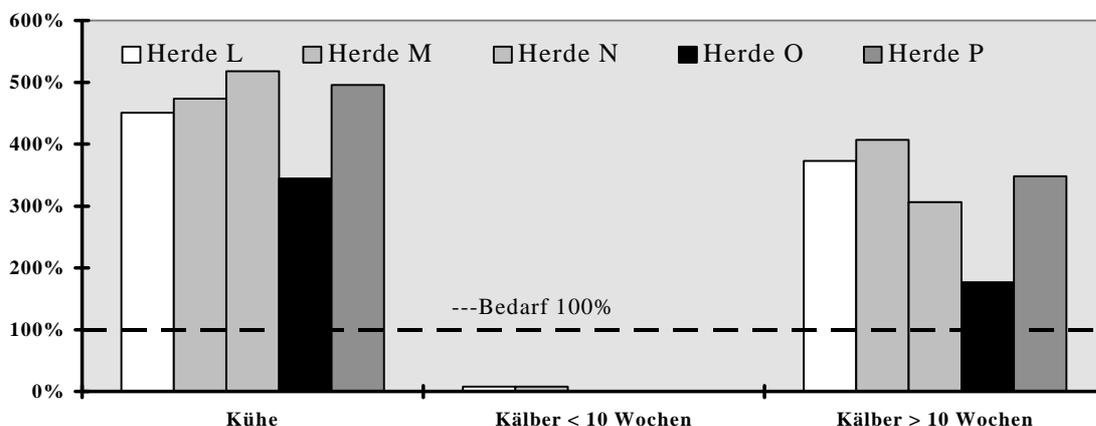
Die **Blutserumanalyse** ergab für die Tiere der Weidestandorte L bis N Zinkgehalte von 10 bis 10,8  $\mu\text{mol/l}$ . Nach MAAS (1987) deuten Zinkgehalte von 6 bis 12  $\mu\text{mol/l}$  auf eine marginale Zinkversorgung hin. Die Zinkgehalte im Serum der Herden O und P sowie alle mittleren Zinkgehalte des zweiten Untersuchungszeitpunktes lagen über 12  $\mu\text{mol/l}$ .

Aufgrund der ausgezeichneten Fähigkeit zur Sicherung eines normalen Zinkgehaltes im Blut wird die Aussagefähigkeit von Zinkanalysen im Serum in der Literatur durchgehend angezweifelt. Eindeutigere Aussagen lassen nach GÜNTHER (1991) die Analysen von Speichel, Harn, Boden und Futtermitteln zu.

Aufgrund dieser Ausführungen sollte aus den Ergebnissen der Serumanalysen nur der Schluß gezogen werden, daß bei den untersuchten Mutterkühen kein schwerer, langanhaltender Zinkmangel vorlag.

Nach VANCAMPEN und MITCHELL (1965), IVAN und GRIEVE (1975) sowie GEH (1986) haben hohe Kalziumgehalte im Futter eine nachteilige Wirkung auf die Zinkverwertung. Das Verhältnis Kalzium zu Zink sollte nach WIESNER (1970) bei 100 bis 125/1, bzw. nach GÜNTHER bei 150/1 liegen. Auf den Weidestandorten L bis O lagen speziell im Sommer Kalzium-Zink-Verhältnisse von 150 bis 256/1 vor, so daß aufgrund der relativ hohen Kalziumgehalte eine antagonistische Wirkung auf den Zinkstoffwechsel unterstellt werden kann.

Der durchschnittliche analysierte **Mangangehalt** betrug in den Grasproben 174 mg/kg TS und der Maximalwert 498 mg/kg TS. Dies ist im Vergleich mit Literaturangaben hoch, entspricht nach WIESEMÜLLER (1994) jedoch den zu erwartenden höheren Gehalten auf Flächen diluvialer Bodenherkunft sowie nach GROPPPEL (1995) sowie VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) auf extensiv bewirtschafteten Weiden mit einer Veränderung der Bestandszusammensetzung zugunsten manganreicher Kräuter und Leguminosen. Eine tendenzielle jahreszeitliche Veränderung der Mangangehalte im Weideaufwuchs konnte, wie auch in den Untersuchungen von KIRCHGESSNER et al (1971), nicht festgestellt werden. So ließ sich als einzige Gemeinsamkeit auf allen Weiden ein im Herbst höherer Gehalt als im Frühjahr bemerken.



*Abb. 4-9 Prozentuale Manganversorgungslage der Mutterkühe und Kälber*

Die Mutterkühe aller Herden waren bei einem nach GEH (1986) unterstellten **Bedarf** von 50 mg/kg TS im Frühjahr teilweise marginal, im Laufe der weiteren Weidesaison jedoch mit Mangan überversorgt.

Die weniger als zehn Wochen alten Kälber waren mit durchschnittlich 5 mg/kg TS statt des Bedarfs von 60 mg/kg TS massiv unterversorgt. Bei Kälbern kann sich ein Manganmangel in schlechteren Aufzuchtergebnissen und beeinträchtigter geschlechtlicher Entwicklung manifestieren (WIESNER 1970; GROPPPEL u. ANKE 1971; UNDERWOOD 1977; ANKE et al. 1994c). Mit beginnender Rauhfutteraufnahme verbesserte sich die Manganversorgung der Kälber. Im Alter von ca. zwölf Wochen mit relativ geringer Grasaufnahme war die Manganaufnahme zum Teil noch nicht bedarfsdeckend, stieg jedoch im weiteren Verlauf der Weidesaison mit zunehmender TS-Aufnahme deutlich über den Manganbedarf von 50 mg/kg TS. Eine Beeinträchtigung der Resorption durch hohe Eisen-, Phosphor- und Molybdängehalte ist nicht auszuschließen, dürfte jedoch zumindest bei den Mutterkühen aufgrund der massiven Manganüberversorgung ab dem Sommer ohne gesundheitliche Folgen geblieben sein.

Der durchschnittliche analysierte **Selengehalt** im Weideaufwuchs lag bei 0,02 mg/kg TS. Nach SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1979) beträgt der mittlere Selengehalt 0,05 bis 0,1 mg/kg TS, nach anderen Autoren werden jedoch niedrigere Durchschnittsgehalte von 0,02 mg/kg TS und weniger angegeben. Im Vergleich mit den Literaturangaben waren die ermittelten Selengehalte in den Weideaufwüchsen relativ niedrig. Dies entspricht den Angaben von PIATKOWSKI et al. (1990) und ANKE (1993), die besonders niedrige Gehalte in Weideaufwüchsen von Moor- und diluvialen Sandböden feststellten. Nach HEIKENS (1992) weisen Weideaufwüchse im Herbst höhere Gehalte auf als im Frühjahr. Dies konnte auch in den vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Der Anstieg der Selenkonzentrationen zum Herbst hin war auf allen Weiden eindeutig und gravierend. Nach den **Bedarfswerten** der GEH (1986) waren die Mutterkühe der Herden L, N, O und P während der gesamten Weidesaison mit Selen unterversorgt. Nur die Mutterkühe der Herde M nahmen im Herbst Selenmengen zwischen 0,15 und 0,2 mg/kg TS auf. Nach den Bedarfsnormen der GEH (1986) war damit der Bedarf gedeckt. Nach WIESNER et al. (1982), NRC (1984) und MEYER et al. (1989) lag der Selenbedarf jedoch

bei 0,2 mg/kg TS. Damit wären die Mutterkühe der Herde M während der ganzen Weidesaison unterversorgt gewesen.

Die Kälber der Herden L und M, die sich bis zu einem Alter von zehn Wochen nur über die Milch ernährten, waren bei einem unterstellten Selengehalt von 0,02 mg pro Liter Milch gerade ausreichend versorgt. Da für die Mutterkühe jedoch ein Selenmangel bilanziert wurde, ist davon auszugehen, daß der Selengehalt in der Milch wesentlich niedriger lag.

Nach SCHOLZ (1991) werden die Kälber von unzureichend mit Selen versorgten Mutterkühen mit verminderten Selenreserven geboren und erhalten nach der Geburt über das Kolostrum und die Milch nur ein ungenügendes Selenangebot. Somit reichen die Reserven für maximal zwei bis vier Wochen, und für die Kälber besteht danach ein erhöhtes Gesundheitsrisiko. Sobald die Rauhfutteraufnahme im Alter von zehn Wochen einsetzte, verschlechterte sich die Selenversorgungslage der Kälber.

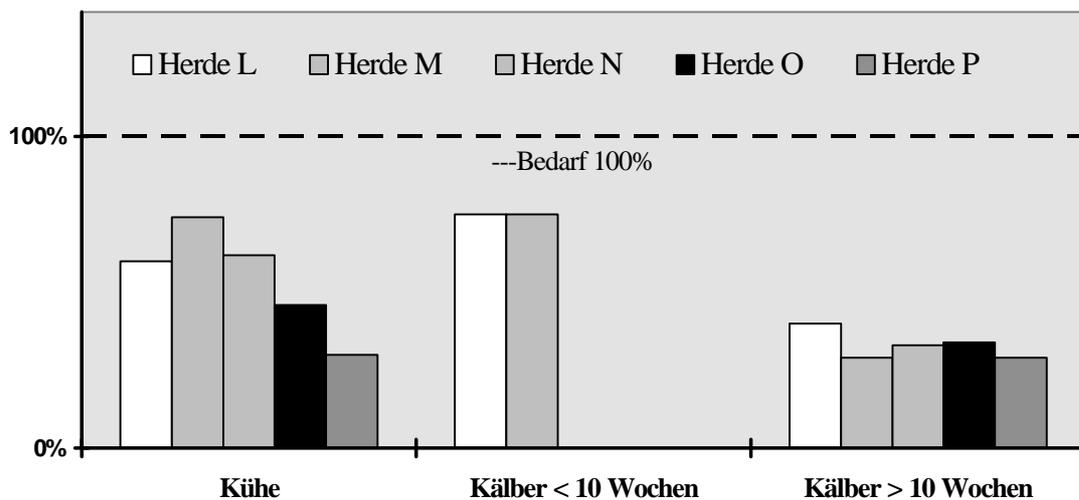


Abb. 4-10: Prozentuale Selenversorgungslage der Mutterkühe und Kälber. Der Selenbedarf wurde nach Meyer et al. (1989), Wiesner et al. (1982) und NRC (1984) mit 0,2 mg/kg TS veranschlagt.

Ein nutritives Übermaß an Spurenelementen erhöht ebenso wie eine übermäßige Kalzium-, Schwefel- oder Kadmiumaufnahme den Selenbedarf (SCHOLZ 1991). Nach NRC (1980) sinkt die Absorbierbarkeit des Selens in Anwesenheit großer Schwefel- und Kalziummengen um 50% und mehr. Eine antagonistische Wirkung der oben ausgeführten Schwefelbelastung war in diesem Fall anzunehmen. Auch eine Verschlechterung der Selenresorption durch Kalzium

war nicht auszuschließen.

Die **Blutserumanalyse**, die nach ROBBERECHT und DEELSTRA (1994) sowie GEISHAUSER et al. (1995) auf die aktuelle Selenversorgungslage der Tiere hinweist, ergab Selenkonzentrationen von durchgängig unter 40 µg/l. Nach WHITEHAIR (1986) weist ein Gehalt von 0,07 bis 0,04 µg/l auf einen marginalen Selenstatus hin und Gehalte von unter 0,04 µg/l auf ein Selendefizit.

Auf die Folgen eines Selendefizites wurde im Schriftteil näher eingegangen. Kühe zeigen häufig Fortpflanzungsstörungen, verminderte Konzeptionsraten mit unregelmäßigen Östren, cystischen Ovarien und Genitalkatarrhen (MAAS 1990; LAIBLIN 1995; WEIß 1996; KLAWONN et al. 1996). Bei den Kälbern sind besonders die beeinträchtigte Lebendmasseentwicklung, Infektionsanfälligkeit und die Weißmuskelkrankheit hervorzuheben.

#### **4.5.3 Akzidentelle Spurenelemente**

Die analysierten Grasproben wiesen einen durchschnittlichen **Cadmiumgehalt** von 0,02 bis 0,09 mg/kg TS auf. Nach der Einteilung von SCHENKEL (1988) konnten die Standorte damit als unbelastet eingestuft werden (s. Schrifttum), und der von AMMERMAN et al. (1980) angegebene Richtwert für landwirtschaftliche Nutztiere wurde nicht erreicht.

Der **Bleigehalt** belief sich in den untersuchten Grasproben auf durchschnittlich 0,497 mg/kg TS. Eine maximale Konzentration wurde mit einem Wert von 1,39 mg/kg TS auf Weide M ermittelt. VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) sowie STRIKAUSKA et al. (1995) fanden mittlere Bleigehalte im Weideaufwuchs von 1 mg/kg TS. In der Nähe von Industriegebieten und Autobahnen wurden erhöhte Bleibelastungen mit Werten bis zu 50 mg/kg TS gemessen. Die maximale tolerierbare Dosis liegt nach NRC (1980) bei 30 mg/kg TS. Im Vergleich mit diesen von der Literatur angegebenen Werten können die untersuchten Weidestandorte als unbelastet eingeschätzt werden, und antagonistische Wirkungen auf andere Elemente waren nicht zu erwarten.

Der durchschnittliche **Kobaltgehalt** betrug auf den fünf untersuchten Weidestandorten 0,107 mg/kg TS mit ansteigender Tendenz im Herbst. Diese Werte lagen geringfügig unter den von der DLG (1973) angegebenen mittleren Gehalten von 0,13 mg/kg TS auf extensiv und 0,14 mg/kg TS auf intensiv bewirtschafteten Weiden. Dies deckt sich mit den Angaben von

VOIGTLÄNDER und JACOB (1987), MEYER et al. (1989) sowie ANKE (1993), die Moor- und diluviale Sandböden als kobaltarme Standorte einschätzen.

Der **Kobaltbedarf** (0,1 mg/kg TS nach GEH 1986) konnte in Übereinstimmung mit Literaturangaben nicht durchgängig gedeckt werden.

REID und HORVATH (1980) sowie MCDOWELL (1985) gehen davon aus, daß ein Kobaltmangel bei Weiderindern weitverbreitet ist und aufgrund des subklinischen Verlaufes oft nicht bemerkt wird, aber ökonomische Verluste hervorrufen kann. Diese Situation konnte auch für die Mutterkühe und Kälber der fünf untersuchten Herden bestätigt werden.

So wies die Kobaltversorgung zwar Schwankungen auf, war jedoch in allen Herden marginal bis unzureichend. Gesundheitliche Auswirkungen einer mangelhaften Kobaltversorgung sind abhängig vom Alter der Tiere und dem Grad der Mangelversorgung (s. Schrifttum). Für die Mutterkuhhaltung stehen dabei, wie auch schon bei anderen Spurenelementen aufgezeigt, eine Beeinträchtigung der Lebendmassezunahme und Fortpflanzung im Vordergrund.

In der folgenden Abbildung sind im Groben die Mineralstoffversorgung der Mutterkühe sowie die Interaktionen der einzelnen Elemente dargestellt. In den abgerundeten Textfeldern sind wichtige Verhältnisse der Elemente zueinander dargestellt, und mit grau hinterlegt wurden Elemente, deren Versorgungslage durchgehend defizitär war. Man erkennt deutlich, daß hiervon besonders die Elemente Kupfer, Selen und Natrium betroffen waren. Weiterhin wird ersichtlich, welche Bedeutung die Verhältnisse der Elemente zueinander haben. So ist beispielsweise weniger eine absolute Überversorgung mit Kalzium für antagonistische Auswirkungen ausschlaggebend, als vielmehr das ungünstige Kalzium-Kupfer-Verhältnis. Ähnliches gilt auch für das Mengenelement Kalium. Deutlich wird auch die Stellung von Molybdän und Schwefel als Antagonisten besonders zu Kupfer und Selen.

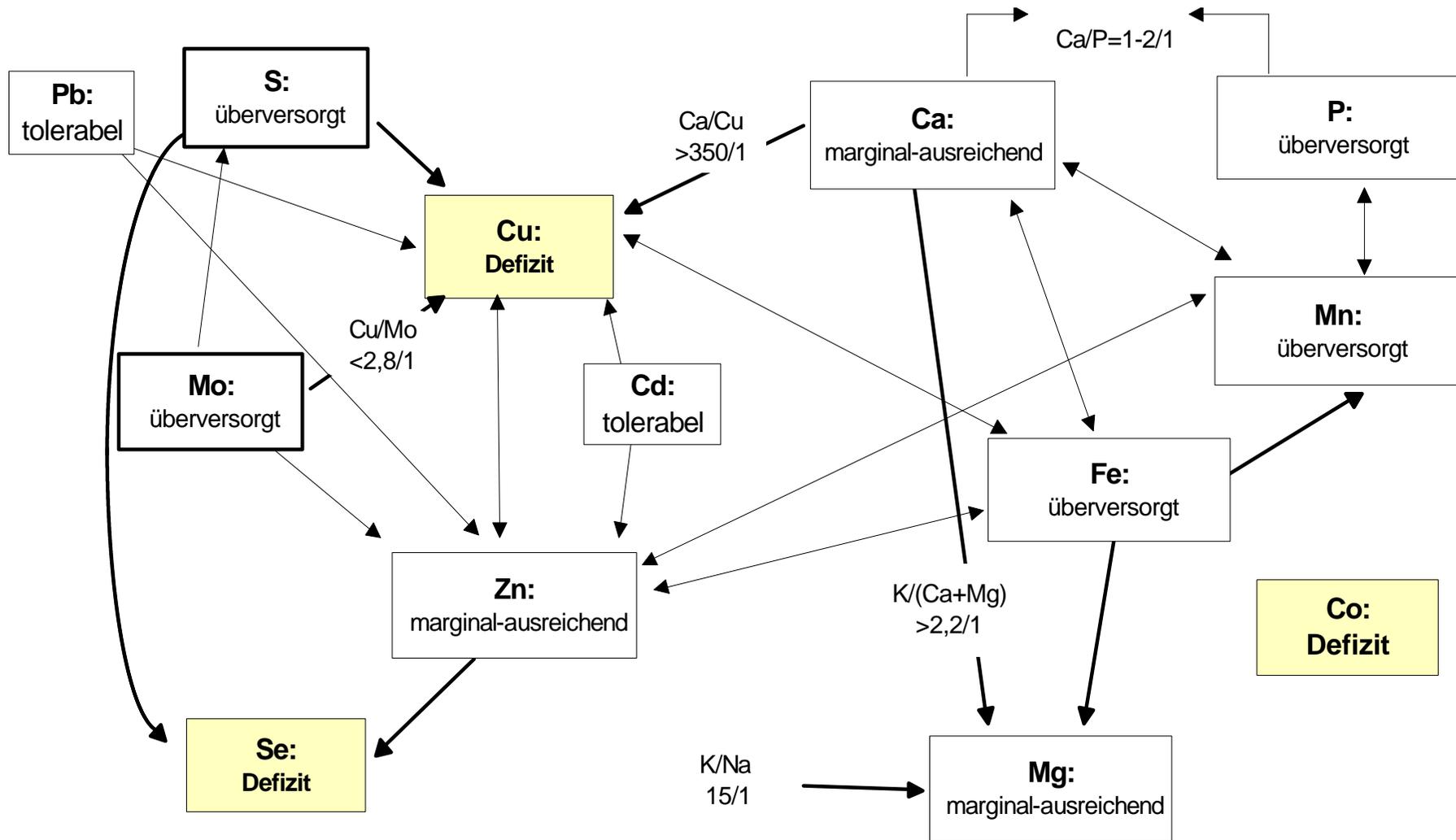


Abb. 4-11: Mineralstoffversorgungslage der Mutterkühe und Interaktionen der Elemente

## 5 Schlußfolgerungen

- \* Die Folgen einer Extensivierung von Grünland sind mit Hilfe der Kenndaten Weideertrag und botanische Zusammensetzung zu erfassen und der Weidetierbesatz sowie die Standzeit dieser Veränderung anzupassen. Nur unter Berücksichtigung der natürlichen Produktivität ist ein optimales Weidemanagement möglich und sind damit die Folgen eines zu hohen Beweidungsdruckes wie in Herde M vermeidbar.
- \* Aufgrund der vergleichsweise geringen Beobachtungsintensität unter den Bedingungen der extensiven Mutterkuhhaltung muß der frühzeitigen Erkennung nutritiv bedingter Mangelzustände mehr Bedeutung zukommen. Werden sie erst durch beeinträchtigte Herdenfruchtbarkeit, erhöhte Kälbersterblichkeit oder klinische Symptome erkannt, ist der wirtschaftliche Verlust bei ohnehin engen Gewinnspannen erheblich.
- \* Eine ausreichende Mineralfutteraufnahme ist zur Gewährleistung der Gesundheit von Mutterkuh und Kalb sicherzustellen. Ob im vorliegenden Fall schon eine intensivere Herdenbetreuung mit regelmäßigerer Zuteilung, die Aufstellung von mehr als einem, möglichst gegen Witterungseinflüsse geschützten Futtertrog ausreicht oder dem Mineralfutter beispielsweise Geschmackskorrigentien zugesetzt werden sollten, ist durch weitere Untersuchungen abzuklären.
- \* Anhand der festgestellten hohen Schwefel- und Molybdänbelastung wird deutlich, daß eine optimale Mineralstoffversorgung nur unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten kalkuliert werden kann. Hierfür ist eine Analyse von Weideaufwuchs und Tränkwasser unerlässlich. Gerade die Auswirkungen einer extensiven Weidewirtschaft auf den durchschnittlichen Mineralstoffgehalt im Aufwuchs ist nicht vorhersehbar und muß analytisch abgeklärt werden.
- \* Wie am Beispiel des Kupfers deutlich wurde, haben Serumanalysen für die Einschätzung des Versorgungsstatus mit Spurenelementen nur begrenzte Aussagekraft. Futtermittel- und Wasseranalysen sind aufgrund eventueller Antagonismen und Interaktionen zu berücksichtigen.

- \* Anhand der vorliegenden Untersuchung wird deutlich, daß die Bedarfslücken der Kühe nicht mit denen der Kälber identisch sind und somit das für den Bedarf der Mutterkühe konzipierte Mineralfutter für die Kälber ungeeignet ist. Die Mineralstoffversorgung der Kälber gewährleistete allenfalls eine LM-Zunahme von 700 g/d. Wie die Mineralstoffversorgung der Kälber in der Weidesaison sichergestellt werden kann, muß durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden. Nach Literaturangaben wäre die Eingabe von Mineralstoffboli, deren Zusammensetzung speziell auf den Bedarf der Kälber abgestimmt ist, eine Möglichkeit.
- \* Die Mineralstoffversorgung der untersuchten Mutterkühe ist zu optimieren, um zum einen einer Beeinträchtigung der Herdenfruchtbarkeit zuvorzukommen und zum anderen gesundheitliche Auswirkungen auf die Kälber zu vermeiden. So werden bei dem erfaßten Versorgungsstatus der Mutterkühe die Kälber mit unzureichenden körpereigenen Reserven geboren und können einen Mangel nicht über die Milchaufnahme ausgleichen.
- \* Eine quantitative Korrektur des Mineralfutters ist aufgrund der Auslösung weiterer Antagonismen abzulehnen. Vielmehr muß eine verbesserte Verfügbarkeit der Elemente angestrebt werden. Hierfür bietet sich zum einen an, das bisher verwendete Kupfersulfat im Mineralfutter durch Kupfermethionin zu ersetzen. Nach verschiedenen Autoren ist es gegen eine Ausfällung mit Schwefel, Molybdän und Thiomolybdaten resistent. Da die Literaturangaben in diesem Punkt jedoch widersprüchlich sind, sollten weitere Untersuchungen angestellt werden. Von Nachteil wäre der höhere Kostenaufwand. Eine weitere Möglichkeit liegt in der Anwendung von By-Pass-Systemen. Hierbei können zum einen Mineralstoffboli einmalig in die Haube appliziert und damit eine Komplexbildung verhindert werden. Zum anderen können durch die Verwendung von ionisierten Mineralstoffen anstelle von kristallinen Verbindungen über das Tränkwasser die Resorptionsbedingungen durch die Umgehung des Pansens verbessert werden. Inwieweit der Einsatz der beschriebenen Methoden erfolgreich ist, wird in derzeit laufenden Untersuchungen geklärt.

## 6 Zusammenfassung

Ziel vorliegender Untersuchung war es, die Nähr- und Mineralstoffversorgungslage von Mutterkühen und deren Kälbern unter den Bedingungen einer extensiven Weidehaltung darzustellen. Hierzu wurden während der Weidesaison 1995 von fünf Herden mit durchschnittlich 100 Mutterkühen und Kälbern die zootechnischen Daten erfaßt. Es wurden die Kenndaten der Weiden wie botanische Zusammensetzung und Weideertrag erhoben und der Weideaufwuchs auf Energie-, Nähr- und Mineralstoffgehalt analysiert. Aus diesen Daten ließ sich die tägliche Aufnahme der Weidetiere bilanzieren.

- \* Als Folge der Extensivierung wiesen die fünf untersuchten Weidestandorte eine relativ hohe Artenvielfalt auf. Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung wiesen auf eine verschiedenartige Auswirkung der geringen Bewirtschaftungsintensität hin.
- \* Die ermittelten Weideerträge lagen zwischen 47 und 75 dt TS/ha und waren damit partiell auch nach fünfjähriger extensiver Bewirtschaftung noch vergleichsweise hoch. Ursächlich hierfür war eine hohe natürliche Produktivität der Flächen.
- \* Die Mutterkühe nahmen bei einem durchschnittlichen Gewicht von 510 kg im Mittel 2% ihrer Lebendmasse als Trockensubstanz auf und hatten eine durchschnittliche Milchleistung von 10 Litern.
- \* Aus den Wiegedaten der Kälber ließ sich eine durchschnittliche Lebendmassezunahme zwischen 0,77 und 0,95 kg/d errechnen. Dies deckte sich auch mit der kalkulierten täglichen Energie- und Nährstoffversorgung auf der Weide über Milch und Weideaufwuchs.
- \* Die Mineralfuttermittelaufnahme der Mutterkühe lag zwischen 17 und 49g pro Tier und Tag. Neben einer eventuell mangelhaften Akzeptanz können für die Unterschiede Fehler bei der Herdenbetreuung verantwortlich sein.
- \* Die Mutterkühe mit niedrigem Leistungsniveau (Gravidität, geringe Milchleistung zum Ende des Laktationsstadiums) waren in unterschiedlichem Ausmaß energetisch übertroversorgt, während Mutterkühe mit hohem Energie- und Nährstoffbedarf in den ersten Laktationswochen bei marginaler Rohproteinaufnahme energetisch unterversorgt waren.

- \* Die für eine Herde bilanzierte gravierende energetische Unterversorgung der Mutterkühe war weniger auf geringe Energiegehalte im Weideaufwuchs als vielmehr auf ein fehlerhaftes Weidemanagement mit einem dem Weideertrag unangemessen hohen Beweidungsdruck sowie langen Stand- und kurzen Ruhezeiten zurückzuführen.
  - \* Die bilanzierte Wasseraufnahme der Mutterkühe war im Vergleich mit Literaturangaben überhöht, und die Bedarfsangaben von 4 Litern Wasser pro aufgenommenem Kilogramm Trockensubstanz zuzüglich 4 Litern pro Liter Milch nach verschiedenen Autoren dürfen in Frage gestellt werden.
  - \* Das Tränkwasser wies teilweise sehr hohe Gehalte an Natrium, Kalium und Magnesium auf. Als Ursache ist die Verbindung der Entwässerungsgräben mit der Ostsee anzusehen. Alleine über das Tränkwasser nahmen die betroffenen Tiere große Mengen der drei Elemente auf, was die Versorgungslage wesentlich beeinflusste.
  - \* Die Mutterkühe waren ausreichend mit Mengenelementen versorgt. Die Analyse des Natriumgehaltes im Speichel wies im Gegensatz hierzu auf eine unzureichende Natriumversorgung der Mutterkühe im Juli hin.
  - \* Hohe Schwefelgehalte wurden im Weideaufwuchs und Tränkwasser sowie hohe Molybdänkonzentrationen im Weideaufwuchs festgestellt. Eine antagonistische Wirkung auf die Kupfer- und Selenresorption sowie den Kupferstoffwechsel kann unterstellt werden. Einen Hinweis hierfür lieferten auch die ansteigenden Kupfer- und Selenkonzentrationen im Weideaufwuchs, da beide Elemente vermehrt ausgeschieden und somit bei den Analysen mitbestimmt wurden.
  - \* Bei den Spurenelementen wurde anhand der Serumanalysen eine marginale Zinkversorgung sowie ein Kupfer- und Selendefizit festgestellt. Für die Unterversorgung mit Zink waren zum einen die marginale Versorgung über den Weideaufwuchs im Frühjahr, zum anderen aber durchgängig ungünstige Kalzium-Zink-Verhältnisse verantwortlich. Der Kupfermangel konnte anhand der täglichen Aufnahme nicht erklärt werden. Vielmehr spielten hier die hohen Molybdän- und Schwefelbelastungen eine wesentliche Rolle. Für das Selendefizit waren sowohl die geringe Aufnahme mit dem Weideaufwuchs als auch antagonistische Interaktionen mit Spurenelementen und Schwefel verantwortlich.
- Anhand der täglichen Aufnahme konnte für die Mutterkühe auf einen Kobaltmangel geschlossen werden.

- \* Die für die Mutterkühe aufgezeigten Unterversorgungen an Natrium, Kupfer, Selen und Zink können negative Auswirkungen auf die für eine ökonomisch rentable Mutterkuhhaltung bedeutsamen Parameter wie Herdenfruchtbarkeit, Zwischenkalbezeiten, Aufzucht- und Abkalberaten gehabt haben.
- \* Die weniger als zehn Wochen alten Kälber, die als Nahrungsgrundlage nur Milch aufnahmen, waren bis auf Natrium und Kalium mit allen Mengen- und Spurenelementen unterversorgt. Sobald mit zunehmendem Alter die Grasaufnahme einsetzte, war die Mengenelementaufnahme bedarfsdeckend. Die Spurenelementversorgung verbesserte sich mit steigender Grasaufnahme, blieb jedoch für die Elemente Kupfer, Selen und Kobalt unzureichend.
- \* Die mangelhafte Mengen- und Spurenelementversorgung der Kälber läßt beispielsweise auf eine Beeinträchtigung der Futteraufnahme und -verwertung und damit der Lebendmasseentwicklung sowie Immunabwehr schließen. Die gesundheitlichen Auswirkungen für die Kälber gerade bei einer mangelhaften Selen- und Kupferversorgung können Anämien und gestörte geschlechtliche Entwicklung umfassen, und möglicherweise lag hierin die Ursache einer hohen Kälbersterblichkeit.

## 7 Summary

### **Investigation concerning the nutrient and mineral supply of beef suckler herds in extensive pasture management**

The purpose of the present investigation was to demonstrate the nutrient and mineral supply of beef suckler herds in extensive pasture management. The investigation was carried out with five herds with an average of 100 sucklers and their calves during the grazing period in 1995. The performance data included food intake, mineral feed intake, live weight and weight gain. The pasture data like botanical composition and yield capacity were raised and the green roughage was analysed for the energy, nutrient and mineral contents. These data enabled the calculation for the total daily intake.

- \* All five surveyed pastures showed a high botanical variety caused by the extensive pasture management. Differences in the botanical composition between the pastures were mainly due to the different impact of low intensive pasture management.
- \* The pasture yield reached 75 dt TS/ha and was relatively high, even after five years of extensive pasture management. This shows a high natural productivity of those locations.
- \* The cows with an average bodyweight of 510 kg had a daily dry matter intake of 2% of their bodyweight and a milk yield of approximately ten liters.
- \* The calves had a daily weight gain of 0,77 - 0,85 kilogrammes per day. This correlated well with the calculated daily energy and nutrient supply through milk and green roughage.
- \* The daily intake of mineral supplements ranged between 17 and 47 grammes per animal/day. The reason for this difference could be either a deficient acceptance or problems in the herd management.
- \* Cows with a low productivity status (pregnancy, low lactation at the end of lactation period) were oversupplied with energy and protein, whereas cows in the first weeks of lactation with a high energy and nutrient requirement were undersupplied with energy and protein.

- \* The decreasing energy supply of the cows of one herd was mainly due to problems in pasture management such as an insufficient pasture yield in relation to the herd density, long grazing periods and low growing periods.
- \* The calculated water intake of cows was higher than suggested by the relevant literature and the reported requirement of four liters per kg dry matter uptake plus four liters per liter milk given by various investigators may be called into question.
- \* The cows were adequately provided with major elements. The analyses of sodium concentration in saliva showed a deficient sodium supply in cows in July. This was in contrast to the calculated supply.
- \* High sulphur contents in green roughage and drinking water as well as high molybdenum concentration in green roughage were found. An antagonism on the copper and selenium absorption can be taken into account. This can be concluded from the increasing copper and selenium concentration in green roughage, because both elements were excreted in large amounts and thus found in the analyses.
- \* The drinking water of some locations had high contents of sodium, potassium and magnesium. The reason for this is the connection of the drainagesystem to the Baltic Sea. Only by water intake the animals had a high input of those three elements, which had a major influence on the mineral supply.
- \* Analysing the serum concentration of various trace elements a marginal zink supply and a deficiency in copper and selenium were found. The reason for the zinc deficiency was the marginal content in the green roughage in the spring as well as a bad calcium-zinc-ratio all through the year. The deficiency of copper could not be explained by the daily intake but a high molybdenum and sulphur intake had a major influence. The low selenium intake with green roughage, antagonisms between selenium on the one hand and trace elements and sulphur on the other were responsible for the selenium deficiency.
- \* Calves younger than ten weeks, that fed mainly on milk were deficient in all minerals with the exception of sodium and potassium. As soon as they started feeding additionally on grass the intake of major elements was sufficient. The intake of trace elements improved with increased grazing but the copper, selenium and cobalt intake was still insufficient.

- \* The calculated marginal or deficient supply of sodium, potassium, selenium and zinc can have a negative effect on reproductive efficiency and breeding periods.
- \* The deficient major and trace element supply of calves can for example lead to a reduction in feed intake and therefore to a decreasing weight gain and a deficiency in the immune system. A deficient selenium and copper supply can also lead to anaemia as well as depressed sexual development and it could be the reason for the high mortality of calves which exists.

## 8 Literaturverzeichnis

ABRAHAM, M., L. TOTH u. M. JUHASZ (1995):

Vergleichende Untersuchungen zum Kadmium- und Kupferstoff-wechsel des Karpfen (*Cyprinus carpio*).  
Mengen- und Spurenelemente 15, 238 - 244

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, ARC (1980):

The nutrient requirements of ruminant livestock.  
Commenwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal

AHMAD, M.R., V.G. ALLEN, J.P. FONTENOT u. G.W. HAWKINS (1995):

Effect of sulfur fertilization on chemical composition, ensiling characteristics and utilization by lambs of sorghum silage.  
J. Anim. Sci. 73, 1803 - 1810

ALLEN, J.D. u. J.M. GAWTHORNE (1985)

Changes in copper metabolism following intravenous administration of organic and inorganic molybdenum-sulphur compounds.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER und J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 361 - 363

ALLEN, J.D. u. J.M. GAWTHORNE (1987):

Involvement of the solid phase of rumen digesta in the interaction between copper, molybdenum and sulphur in sheep.  
Br. J. Nutr. 58, 265 - 276

ALLEN, V.G., D.L. ROBINSON u. F.G. HEMBRY (1980):

Aluminium in the etiology of grass tetany.  
J. Anim. Sci. 51, 44

ALLEN, W.M., B.F. SANSOM, C.B. MALLISON, R.J. STEBBINGS u. C.F.

DRAKE (1985):  
Boluses of controlled release glass for supplementing ruminants with cobalt.  
Vet. Rec. 116, 175 - 177

AMMERMAN, C.B. (1970):

Recent developments in cobalt and copper in ruminant nutrition:

A review.

J. Dairy Sci. 53, 1097 - 1107

AMMERMAN, C.B. u. S.M. MILLER (1975):

Selenium in ruminant nutrition: A review.

J. Dairy Sci. 58, 1561 - 1577

AMMERMAN, C.B., J.P. FONTENOT, M.R.S. FOX, H.D. HUTCHINSON, P.

LEPORE, H.D. STOWE, C.J. THOMPSON u. D.E.R. ULLREY (1980):

Mineral tolerance of domestic animals.

National Academy Press, Washington

ANKE, M. (1971):

Die Abhängigkeit des Mineralfutterkonsums der Rinderauf der Weide von der Zusammensetzung und der Struktur des Mineralstoff-gemisches, dem Standort, der Jahreszeit und der Leistung.

Monatsh. Veterinärmed. 26, 7 - 12

ANKE, M. (1993):

Aufgaben der Spurenelemente in der Nahrungskette von Tier und Mensch. in: 4. Rekanon Anwenderseminar, Bergholz-Rehbrücke, 1993,

Ber., S. 17 - 32

ANKE, M., L. ANGELOW, B. GROPPEL, W. ARNHOLD u. K. GRUHN

(1989a):

The effect of selenium deficiency on reproduction and milk performance of goats.

Arch. Anim. Nutr. 39, 483 - 490

ANKE, M., L. ANGELOW, B. GROPPEL, T. KOSLA u. M. LANGER (1989b):

The effect of selenium deficiency on the feed consumption and growth of goats.

Arch. Anim. Nutr. 39, 473 - 481

ANKE, M., M. GLEI, L. ANGELOW, B. GROPPEL u. H. ILLING (1994a):

Kupfer, Jod und Nickel in Futter- und Lebensmitteln.

Übersichten zur Tierernährung, 22, 321 - 362

ANKE, M., B. GROPPEL u. M. GLEI (1994b):

Der Einfluß des Nutzungszeitpunktes auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Grünfutters.

Das wirtschaftseigene Futter 40, 304 - 319

ANKE, M., B. GROPPEL, S. PRIEN, L. BRIEDERMANN u. S. MEHLITZ (1980a):

Die Mengen- und Spurenelementversorgung der Wildwiederkäuer.

4. Der Kupfergehalt der Winterräsung und der Kupferstatus des Rot-, Dam-, Reh- und Muffelwildes.

Arch. Tierernähr. 30, 707 - 721

ANKE, M., B. GROPPEL u. W. REISIG (1971):

Manganmangelerscheinungen und Manganversorgung der Wiederkäuer in der DDR.

Tierzücht. 25, 430 - 432

ANKE, M., B. GROPPEL, S. SZENTMIHALYI, M. GRÜN u. H.

KRONEMANN (1987a):

Der Kupfergehalt der Flora in Abhängigkeit vom Alter, von der geologischen Herkunft des Standortes und der Pflanzenart.

Arch. Anim. Nutr. 37, 267 - 280

ANKE, M., H. GÜRTLER, B. GROPPEL u. W. ARNHOLD (1992a):

Spurenelementmangelerscheinungen bei Tier und Mensch.

In: ANKE, M. und H. GÜRTLER (Hrsg.): Mineralstoffe und Spurenelemente in der Ernährung.

Offset Köhler KG, Gießen-Wieseck, S. 24 - 36

ANKE, M., W. GÜTHER u. Ü. OLL (1961):

Die Zusammensetzung des Weidefutters verschiedener Umtriebe.

Jahrbuch Arbeitsgem. Fütterungsberatung 4, 67 - 78

ANKE, M., H. ILLING, M. MÜLLER, M. GLEI, C. DROBNER u. U. FÖRTSCH (1994c):

Die Bedeutung der Spurenelemente für extensiv gehaltene Weiderinder.  
in: MATTHES, H.D. und M. DERNO (Hrsg.): Symposium über die  
Regulation des Stoffwechsels unter Beachtung der Ernährung und  
Umgebungstemperatur.  
Schriftenreihe des FBN 7, 165 - 178

ANKE, M., H. ILLING, M. MÜLLER, M. GLEI, C. DROBNER, U. FÖRTSCH  
u. M. SEIFERT (1995):

Bedeutung der Ultraspurenelemente Aluminium, Arsen, Brom, Cadmium,  
Fluor, Lithium, Rubidium und Vanadium für das Tier.  
Rekasan Journal 2, 9 - 12

ANKE, M., T. MASAOKA, W. ARNHOLD, U. KRAUSE, B. GROPPPEL u. S. SCHWARZ (1989c):

The influence of a sulphur, molybdenum or cadmium exposure on the  
trace element status of cattle and pigs.  
Arch. Anim. Nutr. 39, 657 - 666

ANKE, M., T. MASAOKA, B. GROPPPEL, G. ZERVAS u. W. ARNHOLD  
(1989d):

The influence of a sulphur, molybdenum and cadmium exposure on the  
growth of goat, cattle and pig.  
Arch. Anim. Nutr. 39, 221 - 228

ANKE, M., T. MASAOKA, A. HENNIG u. W. ARNHOLD (1987b):

Antagonistic effects of a high sulphur, molybdenum and cadmium content  
of diets on copper metabolism and deficiency symptoms in cattle and pigs.  
in: HURLEY, L.S., C.L. KEEN, B. LÖNNERDAL u. R.B. RUCKER  
(Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 6.  
Plenum Press, New York, S. 317 - 318

ANKE, M., T. MASAOKA, M. MÜLLER, M. GLEI u. K. KRÄMER (1992b):

Die Auswirkungen der Belastung von Tier und Mensch mit Schwefel,  
Molybdän und Cadmium.  
in: K. DÖRNER (Hrsg.): Akute und chronische Toxizität von  
Spurenelementen.  
Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart, S. 11 - 29

- ANKE, M., E. RIEDEL, E. BRÜCKNER u. G. DITTRICH (1980b):  
Die Mengen- und Spurenelementversorgung der Wildwiederkäuer.  
3. Der Zinkgehalt der Winteräsung und der Zinkstatus des Rot-,  
Dam-, Reh- und Muffelwildes.  
Arch. Tierernähr. 30, 479 - 490
- ARTHUR, J.R., F. NICOL u. G.J. BECKETT (1990):  
Hepatic iodothyronine 5`-deiodinase. The role of selenium.  
Biochem. J. 272, 537 - 540
- BALLIET, U. u. R. WAßMUTH (1993):  
Fütterung von Mutterkühen: Umdenken ist gefragt.  
Der Tierzüchter, 9, 32 - 34
- BEDNAREK, D. (1995):  
Effect of selenium in emulsions on the selected indexes of nonspecific  
immunity in sheep.  
Mengen- und Spurenelemente, 15, 482 - 486
- BEHNE, D., BJERRE, B. u. B. DWORKIN (1988):  
Evidence for spezific selenium target tissues and new biologically  
important selenoproteins.  
Biochim. biophys. Acta, 966, 12 - 21
- BEHNE, D., A. KYRIAKOPOULOS, H. MEINHOLD u. J. KOHRLE (1990):  
Identification of type I iodothyronine 5`deiodinase as a seleno-enzyme.  
Biochim. biophys. Res. Comm. 173, 1143 - 1149
- BENTLEY, O.G. u. P.H. PHILLIPS (1951):  
The effect of low manganese rations upon dairy cattle.  
J. Dairy Sci. 34, 396 - 403
- BOEHNCKE, E., C. KRUTZINNA u. G. MERGARDT (1987):  
Die Kalzium- und Phosphorkonzentrationen im Kotwasser als mögliche  
Parameter für die Kalzium- und Phosphorversorgungslage bei Milchkühen  
und Mastbullen.  
Dsch. tierärztl. Wochenschr. 95, 4 - 7

BOSTEDT, H. u. P. SCHRAMMEL (1982):

Zur Dynamik der Blutserumkonzentration von Kalzium und Magnesium sowie der Spurenelemente Eisen, Kupfer und Zink in den ersten Lebenswochen des Kalbes.

Tierärztl. Umsch. 37, 471 - 476

BOSTEDT, H. u. P. SCHRAMMEL (1990):

The importance of selenium in the prenatal and postnatal development of calves and lambs.

Biol. Trace Element Res. 24, 163 - 166

BREMNER, I. (1987):

Mechanisms and nutritional importance of trace element interactions.

in: HURLEY, L.S., C.L. KEEN, B. LÖNNERDAL u. R.B. RUCKER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 6.

Plenum Press, New York, S. 303 - 307

BREMNER, I. u. C.F. MILLS (1986):

The copper-molybdenum interaction in ruminants: the involvement of thiomolybdates.

in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.

CAB Press, Slough, S. 372 - 376

BREMNER, I. u. J. PRICE (1985):

Effects of dietary iron supplements on copper metabolism in rats.

in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.

CAB Press, Slough, S. 374 - 376

BROCKMAN, J.S., P.G. SHAW u. K.M. WOLTON (1970):

The effect of phosphate and potash fertilizers of cut and grazed grassland.

J. agric. Sci. 74 397 - 407

BUCHWALD, J (1995):

Extensive Mutterkuhhaltung - nur Freizeitgestaltung?

Fleischrinder Journal 1, 16 - 18

BÜNGER, U., K.A. SCHLAEFER u. U. GRÄTSCH (1987):

Bekämpfung des Eisenmangels bei Kälbern sowie Auswirkungen auf Pneumonie- bzw. Durchfallerkrankungen und Lebendmassezuwachs. Monatsh. Veterinärmed. 42 357 - 363

BUHM, M. u. H.-D. GRÜNDER (1985):

Der Wert von Harn- und Blutuntersuchungen für die Beurteilung der Kalziumversorgung bei Milchkühen. Dsch. tierärztl. Wochenschr. 92, 259 - 262

BUTLER, E.J. (1963):

The mineral element content of spring pasture in relation to the occurrence of grass tetany and hypomagnesimia in dairy cows. J. agric. Sci. 60, 329 - 340

CAMPBELL, D.T., J. MAAS u. D.W. WEBER (1990):

Safety and efficacy of two sustained-release intrarecticular selenium supplements and the associated placental and colostrum transfer of selenium in beef cattle. Am. J. vet. Res. 51, 813 - 817

CARDIN, C.J. u. J. MASON (1975):

Sulphate transport by rat ileum. Effect of molybdate and other anions. Biochim. biophys. Acta. 394, 46 - 54

CHESTERS, J.K., C.F. MILLS u. J. PRICE (1985):

Possible mechanisms for the Mo/S antagonism of Cu utilization by ruminants. in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5. CAB Press, Slough, S. 351 - 355

CHICCO, C.F., C.B. AMMERMAN and P.E. LOGGINS (1973):

Effect of age and dietary magnesium on voluntary feed intake and plasma magnesium in ruminants. J. Dairy Sci. 56, 822 - 824

CHMIELNICKA, J. (1988):

Zinc - selenium interactions in the rat.  
Biol. Trace Element Res. 15, 267 - 276

Chu, F.F., J.H. Doroshov u. R.S. Esworthy (1993):

Expression, characterization and tissue distribution of a new cellular selenium-dependent glutathione peroxidase, GSHPx-GI.  
J. biol. Chem. 268, 2571 - 2576

CLANTON (1980):

Applied potassium nutrition in beef cattle.  
in: 3. International Minerals Conference, Miami, 1980,  
Proceedings, S 79 - 85

COLLMAN, C.B. u. G. MATRONE (1969):

In vivo effect of zinc on iron-induced ferritin synthesis in rat liver.  
Biochim. biophys. Acta 177, 106 - 112

CZUBA, M. u. T.C. HUTCHINSON (1980):

Copper and lead levels in crops and soils of the Holland marsh area-  
Ontario.  
J. Environmental Quality 9, 566 - 575

DAHMEN, P. u. W. KÜHBAUCH (1990):

Veränderungen der Grünlandnarbe als Folge einer Umstellung von  
konventioneller Mähweidenutzung auf extensive Schnittnutzung auf dem  
Standort Rengen.  
Das wirtschaftseigene Futter 36, 175 - 185

DAHMEN, W. (1994):

Welche Fördertöpfe sie anzapfen können.  
dlz - Sonderheft 6, 70 - 71

DAVIS, G.K. u. W. MERTZ (1987):

Copper.  
in: W. MERTZ (Hrsg.): Trace Elements in Human and Animal Nutrition,  
Volume 1.  
Academic Press, New York, London, S. 301 - 342

DEBLITZ, K. u. M. RUMPF (1993):

Beispiele für eine standortangepasste Mutterkuhhaltung in Ostdeutschland.  
Der Tierzüchter, 9, 24 - 27

DEBONIS, J. and C.F. NOCKELS (1992):

Stress induction affects copper and zinc balance in calves fed organic and inorganic copper and zinc sources.  
J. Anim. Sci. 70 (Suppl. 1), 314

DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT (DVG): (1977):

Arbeitswerte in der Laboratoriumsdiagnostik.  
Kalender für die tierärztliche Praxis, 83 - 102  
Beilage zu: tierärztl. Praxis 4, 1976

DLG (1960):

DLG Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln  
Band 61.  
DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

DLG (1973):

DLG Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln.  
Band 62.  
DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

DLG (1991):

Futterwerttabelle für Wiederkäuer. 6. Auflage.  
DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

EDER, K. u. M. KIRCHGESSNER (1995):

Zinc and the lipid metabolism.  
Mengen- und Spurenelemente 15. 14 - 29

EDRISE B.M. u. R.H. SMITH (1986):

Exchanges of magnesium and phosphorus at different sites in the ruminant stomach.  
Arch. Anim. Nutr. 36 1019 - 1027

FAILLA, M.L. u. R.A. KISER (1981):

Altered tissue content and cytosol distribution of trace metals in experimental diabetes.

J. Nutr. 111, 1900 - 1909

FERGUSON, W.S., A.H. LEWIS u. S.J. WATSON (1938):

Action of molybdenum in nutrition of milking cattle.

Nature 141, 553 - 561

zit. nach M. ANKE, T. MASAOKA, M. MÜLLER, M. GLEI u. K. KRÄMER (1992b)

FLACHOWSKY, G., A. SCHNEIDER, S. RANFT u. G.H. RICHTER (1995):

Einfluß unterschiedlicher Phosphorversorgung auf die scheinbare Calcium-, Magnesium- und Phosphorfreisetzung aus Luzerneheu und Weizenstroh im Pansen von Kleinwiederkäuern.

Mengen- und Spurenelemente 15, 492 - 499

FLEMING, G.A. (1968):

The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity.

J. Br. Grassl. Soc. 23, 174 - 184

FONTENOT, J.P., V. ALLEN, G.E. BUNCE and J.P. GOFF (1989):

Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants.

J. Anim. Sci. 67, 3445 - 3455

FRIDERIK, M., Z. MENDLER, S. GERMAN, M. PUSKAS, M. KALIVODA u.

J. SKRGATIC (1971):

Utrjeciy Koncentracije Natija U Hrani Na Razinu Natrija /Kalija U Serumu /Moraci Krava Muzara. (Influence of sodium concentration in feed upon level of sodium and potassium in serum and urine of milk-cows).

Vet. Arh. 41, 266 - 274

GANTHER, H.E. u. C.A. BAUMANN (1962):

Selenium metabolism. I. Effects of diet, arsenic and cadmium.

J. Nutr. 77, 210 - 215

GAWTHORNE, J.M., J.D. ALLEN u. C.J. NADER (1985):

Interactions between copper, molybdenum and sulphur in the Rumen of sheep.

in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.

CAB Press, Slough, S. 346 - 351

GEHRKE, M., I. KUCZYNSKA u. A. LACHOWSKI (1995):

Der Einfluß einer subkutanen Injektion von Manganchlorid auf die Glykämie und ausgewählte biochemische Indikatoren des Lipid- und Proteinstoffwechsels im Blutserum der Kühe.

Mengen- und Spurenelemente 15, 661 - 670

GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE D. HAUSTIERE, AUSSCHUß FÜR BEDARFSNORMEN, GEH (1986):

Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere.

Nr.3 Milchkühe und Aufzuchttrinder.

DLG-Verlag, Frankfurt/Main

GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (GFE) (1993):

Überarbeitete Empfehlung zur Versorgung von Milchkühen mit Kalzium und Phosphor.

Proc. Nutr. Soc. 1, 108 - 113

GLATZLE, A. (1990):

Weidewirtschaft in den Tropen und Subtropen.

Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

GLEI, M., M. ANKE u. M. MÜLLER (1995):

Magnesium in der Nahrungskette des Menschen.

Mengen- und Spurenelemente 15, 589 - 604

GOLFMAN, L.S., u. R.J. BOILA (1990):

Effects of molybdenum and sulfur on minerals in the digestive tract of steers.

Can. J. Anim. Sci. 70, 905 - 920

GOLZE, M. (1994):

Zufüttern, wenn auf der Weide das Gras nicht mehr reicht.  
dlz - Sonderheft 6, 26 - 30

GOLZE, M. (1995a):

Kreuzungseffekte nutzen.  
Fleischrinder Journal 1, 9 - 12

GOLZE, M. (1995b):

Einflußgrößen auf die Wirtschaftlichkeit der Mutterkuhhaltung.  
Rekasan Journal 2, 26 - 28

GOLZE, M. (1995c):

Sicherung hoher Fruchtbarkeit bei der Mutterkuhhaltung.  
Rekasan Journal 2, 15 - 17

GOLZE, M. (1995d):

Welche Rasse bzw. Genotyp für die Mutterkuhhaltung.  
Repro 3, 6 - 7

GoLze, M. (1996a):

Wie die Aussaat so die Ernte.  
Repro 6, 1 - 3

GOLZE, M. (1996b):

Rentabilität erzielt man nicht an einem Tag.  
Repro 4, 1 - 3

GROOT, Th. DE u. E. BROUWER (1967):

Betrouwbaarheid van de voorspelling van het serum-magnesium-gehalte met behulp van gewasonderzoek volgens de methode Kemp-Rameau.  
Stikstof 5, 325 - 262

GROPPEL, B. (1993):

Probleme bei Hochleistungskühen aus ernährungsphysiologischer Sicht (Fütterung und Milchqualität, Gebärparese, Ketose).  
in: 4.Rekasan Anwenderseminar, Bergholz-Rehbrücke, 1993,  
Ber., S. 41 - 48

GROPPEL, B. (1995a):

Mengen- und Spurenelemente - Funktion, Bedarf, Versorgung und Diagnose.

Rekasan Journal 3, 3 - 8

GROPPEL, B. (1995b):

Der Energie-, Protein- und Rohfaserverzehr kann die Fruchtbarkeit der Milchkuh nachhaltig beeinträchtigen.

Rekasan Journal 4, 3 - 8

GROPPEL, B. u. M. ANKE (1971):

Manganmangel beim Wiederkäuer.

Arch. exp. Veterinärmed. 25, 779 - 785

GROPPEL, B., M. ANKE, D. GLADITZ u. G. DITTRICH (1981a):

Die Nährstoff- bzw. Mengen- und Spurenelementversorgung der Wildwiederkäuer. 6. Der Nährstoffgehalt der Winteräsung.

Arch. Tierernähr. 31, 721 - 727

GRÜN, M., M. ANKE, A. HENNIG, W. SEFFNER, M. PARTSCHEFELD, G. FLACHOWSKY u. B. GROPPEL (1978):

Überhöhte orale Eisengaben an Schafe. 2. Der Einfluß auf den Eisen-, Kupfer-, Zink- und Mangangehalt verschiedener Organe.

Arch. Tierernähr. 28, 341 - 347

GRÜN, M., M. ANKE, R. PEUKERT u. M. PARTSCHEFELD (1980):

Die Mengen- und Spurenelementversorgung der Wildwiederkäuer.

5. Der Eisengehalt der Winteräsung und des Panseninhaltes erlegter Schalenwildarten im Winter

Arch. Tierernähr. 30, 859 - 864

GRÜN, M., B. MACHELETT, H. KRONEMANN, M. MARTIN, J.

SCHNEIDER u. W. PODLESAK (1994):

Schwermetalle in der Nahrungskette unter besonderer Berücksichtigung des Transfers vom Boden zur Pflanze.

Übersichten zur Tierernährung, 22, 7 - 16

GRÜNDER, H.D. (1982):

Belastungsgrenzen für Schwermetalle bei Hauswiederkäuern.  
Landwirtsch. Forsch. 39, 60 - 93

GRÜNDER, H.D. (1991):

Aussagefähigkeit von Blutuntersuchungsbefunden.  
Prakt. Tierarzt 72, 12 - 17

GRUNERT, E. (1993):

Zur Äthiologie und Prophylaxe der perinatalen Mortalität beim Kalb.  
Prakt. Tierarzt, 74, 67 - 69

GÜNTHER, K.D. (1991):

Mineralstoffe und Fruchtbarkeit.  
Prakt. Tierarzt 72, collegium veterinarium XXII, 26 - 29

GUNSTHEIMER, U., A. VETTER, M. LEITERER u. H. BERGMANN (1995):

Untersuchung zur Cadmium- und Bleiaufnahme ausgewählter  
Arzneipflanzen.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 637 - 644

GÜRTLER, H. u. ANKE, M. (1993):

Der Mengen- und Spurenelementbedarf verschiedener Tierarten und des  
Menschen - ein Vergleich.  
in: M. ANKE u. H. GÜRTLER (Hrsg.): Mineralstoffe und Spurenelemente  
in der Ernährung.  
Verlag Media Touristik, Gersdorf, S. 1 - 13

HALL, W.C. u. S. BRODY (1934):

Growth and development with special reference to domestic animals, 32.  
The energy cost of horizontal walking in cattle and horses of various ages  
and body weights.  
Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Sta. No 208  
zit. nach K. ROHR (1976)

HALVERSON, A.W. u. K.J. MONTY (1960):

An effect of dietary sulfate on selenium poisoning in the rat.  
J. Nutr. 70, 100 - 102

HAMPEL, G. (1994):

Fleischrinder- und Mutterkuhhaltung.  
Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

HARRISON, J.H. u. H.R. CONRAD (1984):

Effect of selenium intake on selenium utilization by the nonlactating dairy cow.  
J. Dairy Sci. 67, 219 - 223

HARRISON, J.H., C.C. HANCOCK u. H.R. CONRAD (1984):

Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cow.  
J. Dairy Sci. 67, 123 - 128

HAWKINS, G.E., G.H. WISE, G. MATRONE, R.K. WAUGH u. W.L. LOTT (1955):

Manganese in the nutrition of young dairy cattle fed different levels of calcium and phosphorus.  
J. Dairy Sci. 38, 536 - 547

HEALY, W.B. (1973):

Nutritional aspects of soil ingestion by grazing animals.  
in: G.W. BUTLER u. R.W. BAILEY (Hrsg.): Chemistry and Biochemistry of herbage. Volume 1.  
Academic Press, New York, London, S. 567 - 588

HEIKENS, A. (1992):

Untersuchungen zum Selengehalt in wirtschaftseigenen Futtermitteln und zur Selenversorgung von Pferden und Wiederkäuern in Ostfriesland.  
Vet. Med. Diss., Tierärztliche Hochschule Hannover

HEMINGWAY, R.G., N.S. RITCHIE u. J.J. PARKINS (1996):

Trace element and vitamin provision to calves by a sustained-release rumen bolus system.  
in: XIX World Buiatrics Congress, Edingburgh, 1996  
Proceedings, S. 409 - 412

HIDIROGLOU, M., S.K. HO u. J.F. STANDISH (1978):

Effects of dietary manganese levels on reproduction performance of ewes and on tissue mineral composition of ewes and day-old lambs.

Can. J. Anim. Sci. 58, 35 - 43

HIDIROGLOU, M., M. IVAN u. R.L. MCDOWELL (1990):

Copper metabolism and status in cattle.

in: XVI World Buiatrics Congress, Salvador, Brazil, 1990,

Proceedings, S. 1247 - 1251

HOCHBERG, H. (1995):

Extensiv aber anspruchsvoll.

Der Tierzüchter, 6, 32 - 34

HOEKSTRA, W.G. (1973):

Biochemical role of selenium.

In: W.G. HOEKSTRA, J.W. SUTTIE, H.E. GANTHER u. W. MERTZ

(Hrsg.): Trace Element Metabolism in Animals - 2.

University Park Press, Baltimore, S.59 - 64

HOFMANN, W. (1992):

Rinderkrankheiten. Band1: Innere und chirurgische Erkrankungen.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S.283 - 303

HOF SOMMER, H.J. u. H.J. BIELIG (1982):

Der Selengehalt pflanzlicher Lebensmittel in der Bundesrepublik.

Deutsche Lebensmittel Rundschau 78, 39 - 49

HOGAN, J.S., W.P. WEISS u. K.L. SMITH (1993):

Role of vitamin E and selenium in host defense against mastitis.

J. Dairy Sci. 76, 2795 - 2803

HOPPER, M.J. u. C.R. CLEMENT (1966):

The supply of potassium to grassland: an integration of field, pot and laboratory investigations.

Trans. Comm. II and IV. Int. Soc. Soil Sci., Aberdeen.

HUNGER, R. (1995):

Der Einfluß des Magnesiums auf den Energiestoffwechsel der Zelle.  
Untersuchungen mit menschlichem Vollblut.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 183 - 184

HUMPHRIES, W.R., I. BREMNER u. M. PHILLIPPO (1985):

The influence of dietary iron on copper metabolism in the calf.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace  
Elements in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 371 - 373

HUMPHRIES, W.R., M.J. WALKER, P.C. MORRICE u. I. BREMNER (1987):

Effects of dietary molybdenum and iron on copper metabolism in calves.  
in: HURLEY, L.S., C.L. KEEN, B. LÖNNERDAL u. R. BRUCKER  
(Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 6.  
Plenum Press, New York, S. 309 - 310

IVAN, M. u. C.M. GRIEVE (1975):

Effect of zinc, copper and manganese supplementation of high-con-  
centrate ration digestibility, growth and tissue content of Holstein calves.  
J. Dairy Sci. 58, 410 - 415

JENTER, W. u. H. EGER (1995):

Schwarz - lockige Landschaftspfleger.  
Fleischrinder Journal 2, 8 - 10

JILG, T. u. G. BRIEMLE (1993):

Futterwert und Futterakzeptanz von Aufwüchsen aus extensiv genutztem  
Grünland bei wachsenden Rindern.  
Das wirtschaftseigene Futter 39, 23 - 35

JOCHUM, F., P. BÜHRDEL, K. TERWOLBECK, H. MENZEL, A. CSER u. I. LOMBECK (1995):

Die Auswirkungen verschiedener Diätregime auf den Selenstatus.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 714 - 724

JUDSON, G.J., J.D. MCFARLANE, M.J. RILEY, M.L. MILNE u. A.C. HORNE  
(1982):

Vitamin B<sub>12</sub> and copper supplementation in beef calves.  
Aust. vet. J. 58, 249 - 252

KÄDING, H. (1991):

Optimale PK-Düngung bei extensiver Grünlandbewirtschaftung auf  
Niedermoor.

Das wirtschaftseigene Futter, 37, 79 - 92

KÄDING, H., G. SCHALITZ u. W. LEIPNITZ (1993):

Veränderungen der Gehalte an pflanzlichen Inhaltsstoffen durch extensive  
Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland.

Das wirtschaftseigene Futter 39, 157 - 167

KEGLEY, E.B. u. J.W. SPEARS (1993):

Bioavailability of grade copper sources (oxide, sulfate or lysine) in  
growing cattle.

J. Anim. Sci. 71, (Suppl.1), 27

KELLEHER, C.A. u. M. IVAN (1985):

Hepatic subcellular distribution of copper and molybdenum-99 in sheep  
following intravenous administration of copper and [<sup>99</sup>Mo]-  
tetrathiomolybdate.

in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace  
Elements in Man and Animals - TEMA 5.

CAB Press, Slough, S. 364 - 367

KEMP, A. u. H.H. GEURINK (1978):

Grassland farming and minerals in cattle.

Neth. J. Sci. 26, 161 - 169

KEMP, A. u. I.J. HARTMANS (1968):

Natrium und Magnesium in der Rinderfütterung, Mineralstoffversorgung  
und Tiergesundheit VIII,

Vortrag Kolloquium der Fachabteilung Mineralfutter des Fachverbandes  
der Futtermittelindustrie 15.11. 1968

- KINCAID, R.L., R.M. BLAUWIEKEL and J.D. CRONRATH (1986):  
Supplementation of copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum.  
J. Dairy Sci. 69, 160 -163
- KIRCHGESSNER M. (1987a):  
Experimentelle Ergebnisse aus der ernährungsphysiologischen und metabolischen Spurenelementforschung.  
Übersichten zur Tierernährung 15, 153 - 192
- KIRCHGESSNER, M. (1987b):  
Tierernährung.  
DLG-Verlag, 7. Aufl., Frankfurt a.M..
- KIRCHGESSNER, M., M. MERZ u. W OELSCHLÄGER (1960):  
Der Einfluß des Vegetationsstadiums auf den Mengen- und Spurenelementgehalt dreier Grasarten.  
Arch. Anim. Nutr. 10, 414 - 427
- KIRCHGESSNER, M., H.L. MÜLLER u. G. VOIGTLÄNDER (1971):  
Spurenelementgehalte (Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo) des Weidegrases in Abhängigkeit von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode.  
Das wirtschaftseigene Futter 17, 179 - 187
- KIRCHGESSNER, M., E. PAHL u. G. VOIGTLÄNDER (1967):  
Der Einfluß des Vegetationsstadiums auf den Mineralstoffgehalt von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Luzerne (*Medicago varia* Mart.).  
Das wirtschaftseigene Futter, 13, 173 - 188
- KIRCHGESSNER, M., A. SCHNEGG, E. GRASSMANN u. U.A. SCHNEIDER (1980):  
Zum Einfluß der Fe-Versorgung und Laktation auf die Fe-Verfügbarkeit im intermediären Stoffwechsel.  
Arch. Anim. Nutr. 30, 347 - 349

KIRCHGESSNER, M., F.J. SCHWARZ, H.P. ROTH u. W.A. SCHWARZ  
(1978):

Wechselwirkungen zwischen den Spurenelementen Zink, Kupfer und Eisen nach Zinkdepletion und -repletion von Milchkühen.

Arch. Tierernähr. 28, 723 - 733

KIRCHGESSNER, M. u. E. WEIGAND (1982):

Optimaler Zinkbedarf laktierender Milchkühe aufgrund verschiedener Dosis-Wirkungsbeziehungen.

Arch. Tierernähr. 32, 569 - 578

KISTERS, K., C. SPIEKER u. W. ZIDEK (1995):

Effects of oral physiological magnesium supplementation on cardiovascular risk factors.

Mengen- und Spurenelemente 15, 212 - 219

KLAPP, E. (1971):

Wiesen und Weiden, 4. Auflage.

Parey Verlag, Berlin.

KLAPP, E. u. A. STÄHLIN (1936):

Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistungen des Grünlandes.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

zit. nach G. VOIGTLÄNDER u. N. VOSS (1987)

KLAWONN, W., K. LANDFRIED, C. MÜLLER, J. KÜHL, A. SALEWSKI u. R.G. HEß (1996):

Zum Einfluß von Selen auf Gesundheit und Stoffwechsel von Milchkühen.

Tierärztl. Umsch. 51, 411 - 417

KLECZKOWSKI, M., W. KLUCINSKI, J. SIKORA, K. DEMBELE, M.

STALINSKI, H. RODAK, P. DZIEKAN, M. ANKE u. D. MEISSNER  
(1994):

Effect of molybdenum, zinc and sulphur on xanthine oxidase activity in bulls at various levels of dietary copper.

Mengen- und Spurenelemente 14, 241 - 250

KLECZKOWSKI, M., W. KLUCINSKI, J. SIKORA, E. SITARSKA, A. WINNICKA, R. LADYSZ, P. DZIEKAN, L. WOJEWODA, M. SKOWRONSKI (1995):

The effect of the low concentration of copper, zinc, molybdenum, selenium and sulphur in the fodder on selected haematological parameters and glutathione peroxidase activity in calves and cows.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 400 - 408

KÖHN, R. (1995):

Durch optimierte Fütterung Fruchtbarkeitsstörungen bei Milchkühen vorbeugen.  
Rekasan Journal 4, 9 - 11

KOSLA, T., J.J. PAJEK, M. ROGA-FRANCE, E. ROKICKI, M. ANKE u. D. MEISSNER (1994):

Der Einfluß einer Schwefel- und Kupferbelastung auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Jejunuminhaltes und der Faeces beim Schaf.  
Mengen- und Spurenelemente 14, 544 - 550

KOSTIAL, K (1986):

Cadmium.  
in: W. MERTZ (Hrsg.): Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Volume 2.  
Academic Press, New York, London, S. 319 - 345

KRALIK, A., K. EDER und M. KIRCHGEßNER (1995):

Einfluß einer defizitären Versorgung der Spurenelemente Eisen, Kupfer, Zink und Mangan auf den Schilddrüsenstoffwechsel.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 443 - 450

KREUZER, W. (1986):

Zum Übergang von Cadmium bei Mast- und NutZRindern.  
In: Zum Carry-over von Cadmium. Cadmiumkontamination von Futtermitteln und Auswirkungen auf die tierische Erzeugung.  
Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, 335  
Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 57 - 72

KREUZER, W. u. A. ROSOPULO (1981):

Zur gegenwärtigen Rückstandssituation bei Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen in Fleisch und Organen von Schlachttieren.

Arch. Lebensmittelhyg. 32, 173 - 220

KRONEMANN, H., M. ANKE u. M. GRÜN (1982):

Kadmiumgehalt des Deckhaares der Milchkühe in Abhängigkeit von der geologischen Herkunft des Standortes und der Kadmiumemission.

Mengen- und Spurenelemente 2, 115 - 121

KÜHBAUCH, W. (1987):

Veränderung der Qualität von Grünlandfutter unter dem Einfluß von Standort und Bewirtschaftung.

Kali-Briefe (Büntehof) 18, 319 - 330

KÜHBAUCH, W., G. VERCH u. F. BACH (1994):

Veränderung der Vegetation von intensiv bewirtschaftetem Grünland nach der Umstellung auf extensive Wiesennutzung.

Das wirtschaftseigene Futter 40, 101 - 110

LAIBLIN, Ch. (1994):

Zur rechten Zeit vorsorgen. Tierärztliche Aspekte bei der Betreuung von Mutterkuhherden.

Unser Land 12, 10 - 12

LAIBLIN, Ch. (1995):

Gesundheitsprobleme bei extensiver Mutterkuhhaltung.

Vortrag, Berliner Tierärztliche Gesellschaft, 8. März 1995

LAIBLIN, Ch. u. M. METZNER (1996):

Aktuelle Probleme der tierärztlichen Betreuung von Mutterkuhherden.

Prakt. Tierarzt 77, collegium veterinarium XXVI, 14 - 17

LANDGRAF, D., G. MACHULLA u. H. TANNEBERG (1995):

Grundgehalte und pflanzenverfügbare Gehalte an Schwermetallen in Böden aus natürlichen und anthropogenen Substraten.

Mengen- und Spurenelemente 15, 163 - 170

LASSITER, J.W., W.J. MILLER, F.M. PATE u. R.P. GENTRY (1972):  
Effect of dietary calcium and phosphorus on <sup>54</sup>Mn metabolism following  
a single tracer intraperitoneal and oral doses in rats.  
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 139, 345

LEHMANN, S., E. MEISTER u. W. DIETL (1985):  
Nährwert von Wiesenkräutern.  
Schweiz. Landwirtsch. Forsch. 24, 237 - 259

LESSARD, J.R., M. HIDIRIGLOU, R.B. CARSON u. J.M. WAERTHY (1970):  
Copper, molybdenum and sulfur content of forage crops at Kapuskasing,  
Ontario.  
Can J. Plant. Sci. 50, 685 - 691

LEVANDER, O.A. u. C.A. BAUMANN (1966):  
Selenium metabolism VI. Effect of arsenic on the excretion of selenium in  
the bile.  
Toxicol. Appl. Pharmacol. 9, 106 - 115

LEVANDER, O.A. (1986):  
Selenium.  
in: W. MERTZ (Hrsg.): Trace Element in Human and Animal nutrition,  
Volume 2.  
Academic Press, New York, London, S. 209 - 279

LIEBERT, H.P. (1995):  
Der Einfluß von Cadmium auf das Wachstum verschiedener Lemnaceen-  
Arten in Abhängigkeit von den Kulturbedingungen.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 245 - 253

LÖLF, O. (1986):  
Rote Liste der im Nordrhein-Westfalen gefährdeten Farn- und Blüten-  
pflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta).  
Landesanstalt f. Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung,  
NW, 4

LOTTHAMMER, K.H. u. L. AHLWEDE (1973):

Parotisspeicheluntersuchungen zur Beurteilung der Natrium- und Kaliumversorgung bei Rindern und ihre Beziehungen zur Fruchtbarkeit.  
Tierärztl. Umsch. 28, 419 - 426

LOWMAN, B.G. u. M. LEWIS (1996):

Feeding the beef suckler herd.  
Seminar, XIX World Buiatrics Congress, Edingburgh, 1996

MAAS, J. (1987):

Relationship between nutrition and reproduction in beef cattle.  
Food Anim. Practice 3, 633 - 646

MAAS, J. (1990):

Selenium deficiency in cattle.  
in: XVI World Buiatrics Congress, Salvador, Brazil, 1990,  
Proceedings, S. 1253 - 1257

MACHELETT, B. u. M. GRÜN (1995):

Schwermetallgehalt und -belastung landwirtschaftlicher Nutzflächen Ostdeutschlands.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 155 - 162

MACKENZIE, A.M., C.V. ILLINGWORTH, C.W. JACKSON u. S.B. TELFER (1996):

A comparison of methods of assessing copper and selenium status in cattle in the field.  
in: XIX World Buiatrics Congress, Edingburgh, 1996  
Proceedings, S. 405 - 408

MÄNNER, K. u. K. BRONSCH (1987):

Mineralstoffe.  
In: Scheunert, A. u. A. Trautmann (Hrsg.): Lehrbuch der Veterinär-Physiologie, 7. Auflage.  
Verlag Parey, Berlin und Hamburg, S. 93 - 119

MAHAFFEY, D.T. (1983):

Biotoxicity of lead: Influence of various factors.  
Fed. Proc. 42, 1730 - 1734

MARTENS, H. u. G. GÄBEL (1987):

Mineralstoffmuster von Grundfutter in seiner Bedeutung für die Magnesiumresorption bei Wiederkäuern.  
Kali-Briefe (Büntehof) 18, 465 - 484

MARTIN, R.F. (1989):

Ascorbic acid-selenite interactions in humans studied with an oral dose of  $^{74}\text{SeO}_3^{2-}$ .  
Am. J. Clin. Nutr. 49, 862 - 869

MARTIN, M.L. u. H. BERGMANN (1995):

Aufnahme von Thallium, Cadmium und Blei durch Weizen und Mais aus belasteten Böden.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 568 - 574

MATHUR, G.N., A.L. GELMAN, J.R. SCAIFE u. J.H. TOPPS (1985):

Influence of the concentration of trace elements on the composition and growth of rumen bacteria.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER and J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 356 - 360

MCCLURE, R.J., F.E. EAMENS u. P.J. HEALY (1986):

Improved fertility in dairy cows after treatment with selenium pellets.  
Aust. vet. J. 63, 144 - 146

MCDOWELL, L.R. (1985):

Nutrition of grazing ruminants in warm climates.  
Academic Press, New York.

MCDOWELL, L.R. (1989):

Vitamins in animal nutrition.  
Academic Press, New York.

MCDOWELL, L.R. (1992):

Minerals in animal and human nutrition.  
Academia Press, New York.

MCMURRAY, C.H. u. D.A. RICE (1982):

Vitamin E and selenium deficiency diseases.  
Ir. vet. J. 36, 57 - 67

MENKE, K.H. u. H. STEINGASS (1987):

Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse.  
II Regressionsgleichungen.  
Übersichten zur Tierernährung 15, 59 - 93

MEYER, H. (1963):

Magnesiumstoffwechsel und -versorgung.  
Kraftfutter 46, 350

MEYER, H., K. BRONSCH u. J. LEIBETSEDER (1989):

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.  
M. & H. Schaper Verlag, Alfeld-Hannover.

MEYER, S.A., W.A. HOUSE u. R.M. WELCH (1982):

Some metabolic interrelationships between toxic levels of cadmium and nontoxic levels of selenium fed to rats.  
J. Nutr. 112, 954 - 961

MEYER, H., J. ZENTEK, A. HEIKENS u. S. STRUCK (1995):

Untersuchungen zur Selenversorgung von Pferden in Norddeutschland.  
Pferdeheilkunde 11, 313 - 321

MILLER, J.K. u. R.G. CRAGLE (1956):

Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle.  
J. Dairy Sci. 48, 370 - 373

MILLER, J.K., W.J. MILLER u. C.M. CLIFTON (1962):

Calf response to starters of varying zinc contents.  
J. Dairy Sci. 45, 1536 - 1537

MILLER, J.K., C.M. CLIFTON and N.W. CAMERON (1963):

Zinc requirement of Holstein bull calves to nine months of age.  
J. Dairy Sci. 46, 715 - 719

MILLS, G.C. (1957):

Hemoglobin catabolism. I. Glutathione peroxidase, an erythrocyte enzyme which protects hemoglobin from oxidative breakdown.  
J. biol. Chem. 229, 189 - 197

MILLS, C.F. u. G.K. DAVIS (1987):

Molybdenum.  
in: W. MERTZ (Hrsg.): Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Volume 1.  
Academic Press, New York, London, S. 429 - 463

MILLS, C.F., A.C. DALGARNO, R.B. WILLIAMS u. J. QUARTERMAN (1967):

Zinc deficiency and the zinc requirement of calves and lambs.  
Br. J. Nutr. 21, 751 - 768

MILLS, C.F., J. QUARTERMAN, J.K. CHESTERS, R.B. WILLIAMS u. A.C. DALGARNO (1969):

Metabolic role of zinc.  
Am. J. Clin. Nutr. 22, 1240 - 1256

MORRIS, J.G. u. R.J.W. GARTNER (1975):

The effect of potassium on the sodium requirements of growing steers with and without  $\alpha$ -tocopherol supplementation.  
Br. J. Nutr. 34, 1 - 14

MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW, MURL (1986):

Umweltschutz und Landwirtschaft.  
4. Mittelgebirgsprogramm NRW.  
Schriftenr. des Ministers des Landes NRW, Düsseldorf

MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW, MURL (1987):

Umweltschutz und Landwirtschaft.  
5. Programm zum Schutz der Feuchtwiesen.  
Schriftenr. des Ministers des Landes NRW, Düsseldorf.

MÜLLER, W. (1992):

Grünland behutsam extensivieren.  
Der Tierzüchter 7, 30 - 33

MÜLLER, H.L. u. M. KIRCHGESSNER (1972):

Mengen- und Spurenelementgehalt des Löwenzahns und ihre Abhängigkeit von Wachstumsbedingungen.  
Das wirtschaftseigene Futter 18, 213 - 221

MÜLLER, H.L., G. VOIGTLÄNDER u. M. KIRCHGESSNER (1971):

Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in Abhängigkeit von Wachstumdauer und Vegetationsperiode.  
Das wirtschaftseigene Futter 17, 165 - 178

MURTHY, G.K., U. RHEA u. J.T. PEELER (1967):

Rubidium and lead content of market milk.  
J. Dairy Sci. 50, 651 - 654

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1972):

Lead. Airborne lead in perspective.  
National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1978):

Nutrient requirement of domestic animals, nutrient requirement of dairy cattle. 5th Ed.  
National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1980):

Mineral tolerance of domestic animals.  
National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1982):

United States - Canadian tables of feed composition. 3rd Edition.  
National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1983):

Selenium in nutrition.  
National Academy Press, Washington

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1984):

Nutrient requirement of domestic animals, nutrient requirement of beef cattle. 6th Ed.

National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1987):

Predicting feed intake of food-producing animals.

National Academy Press, Washington.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1989):

Nutrient requirement of domestic animals, nutrient requirement of dairy cattle. 6th Ed.

National Academy Press, Washington.

NAUMANN, C. u. R. BASSLER (1976):

Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch.

Band III mit Ergänzungslieferungen 1983, 1988 und 1993.

VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

NAYLOR, J.M. (1991):

The major minerals (Macrominerals)

in: NAYLOR, J.M. u. S.L. RALSTON (Hrsg.): Large Animal Clinical Nutrition.

Mosby Year Book, London, S. 35 - 54

NEATHERY, M.W. u. W.J. MILLER (1975):

Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. A review.

J. Dairy Sci. 56, 212 - 217

NEATHERY, M.W., W.J. MILLER, D.M. BLACKMON u. R.P. GENTRY (1973):

Zinc-65 metabolism, secretion into milk and biological half-life in lactating cows.

J. Dairy Sci. 56, 1526 - 1530

NEHRING, K. (1960):

Agriculturchemische Untersuchungsmethoden für Düngung, Futtermittel,  
Boden, Milch.

Verlag Parey, Berlin und Hamburg.

NETHERLANDS COMMITTEE ON MINERAL NUTRITION (NCMN) (1973):

Tracing mineral disorders in dairy cattle.

Centre for Agricultural Publishing, Wageningen.

OPITZ VON BOBERFELD, W. (1989):

Prinzipielles zum Naturschutz auf Grünland unter botanischem Aspekt

Z.f. Kulturtechnik und Landentwicklung 30, 92 - 104

OSTER, O. u. W. PRELLWITZ (1989):

The daily dietary selenium intake of West German Adults.

Biological Trace Element Res. 20, 1 - 13

PHILLIPPO, M., W.R. HUMPHRIES, T. ATKINSON, G. D. HENDERSON u.

P.H. GARTHWAITE (1987):

The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty,  
fertility and oestrous cycle in cattle.

J. agric. Sci. 31, 46 - 61

PHILLIPPO, M., W.R. HUMPHRIES, I. BREMNER, T. ATKINSON u. G.

HENDERSON (1985):

Molybdenum-induced infertility in cattle.

in: C.F. MILLS, I. BREMNER u. J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements  
in Man and Animals - TEMA 5.

CAB Press, Slough, S. 176 - 179

PIATKOWSKI, P., H. GÜRTLER u. J. VOIGT (1990):

Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung.

Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 91 - 111

PITTS, W.J., W.H. MILLER, O.T. FOSGATE, J.D. MORTON u. C.M.

CLIFTON (1966):

Effect of zinc deficiency and restricted feeding from two to five months of  
age of reproduction in Holstein bulls.

J. Dairy Sci. 49, 995 - 1000

POTT, E.B., J.Y. CAO, C.B. AMMERMAN, P.R. HENRY, A.M. MERRITT u. J.B. MADISON (1992):  
Relative bioavailability of copper sources for ruminants.  
J. Anim. Sci. 70 (Suppl. 1), 314

RAMBECK, W.A. (1994):  
Carry-Over von Cadmium.  
Übersichten zur Tierernährung 22, 184 - 189

REID, R.L. u. D.J. HORVATH (1980):  
Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review.  
Animal Feed Science and Technology 5, 95 - 167

RENNER, E u. A. RENZ-SCHAUEN (1986):  
Nährwerttabellen für Milch und Milchprodukte.  
B. Renner Verlag, Gießen, S. 5

RICHARDS, D.H., G.R. HEWETT u. J.M. PARRY (1985):  
Copper Oxide Needles Treatment for Sheep and Cattle.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER u. J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements  
in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 735 - 737

RITTER, K. u. J. KLEEMANN (1982):  
Veterinärmedizinische Betrachtungen zur Milchleistung, Ernährungs- und  
Stoffwechselsituation bei Rindern während der Weideperiode.  
Monatsh. Veterinärmed. 37, 548 - 551

ROBBERECHT, H. u. H. DEELSTRA (1994):  
Factors influencing blood selenium concentration values: A literature  
review.  
Journal of Trace Elementes Electrolytes Health Dis., 8, 129 - 143

RODEHUTSCORD, M., A. BECKER u. E. PFEFFER (1993):  
Eignung verschiedener Schätzverfahren zur Bestimmung des  
Energiegehaltes extensiv erzeugten Heus.  
VDLUFA-Schriftenreihe 37, 381 - 384

RODEHUTSCORD, M., H. HANSEN, M. SAAKEL, O. SCHRIEVER u. E. PFEFFER (1994):

Untersuchungen zum Energiegehalt des Heus von lanfristig extensiv genutzten Flächen.

Das wirtschaftseigene Futter 40, 266 - 276

ROGERS, P.A.M. and J.F. MEE (1996):

Trace-element supplementation of cows.

Part 1: Effects of oral copper, selenium and iodine supplements on tissue status.

in: XIX World Buiatrics Congress, Edingburgh, 1996

Proceedings, S. 394 - 396

ROHR, K. (1976):

Futteraufnahme und Nährstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang bzw. Grünfütterung.

Übersichten zur Tierernährung 4, 133 - 154

RÖMER, W., H.-J. JANK u. H. DEMELE (1992):

Schwermetallgehalte von Grünlandböden und -pflanzen in der Nähe eines Kohlekraftwerkes.

Agribiological Research 45, 137 - 147

ROSENBERGER, G. (1978):

Krankheiten des Rindes.

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

ROSENBERGER, G. (1990):

Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Auflage.

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

ROSENTHAL, G., J. MÜLLER u. H. CORDES (1985):

Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen zur Sukzession auf feuchtem Grünland.

Verh. d. Gesellschaft f. Ökologie 13

ROSOPULO, A. u. T. DIEZ (1982):

Die Anreicherung von Schwermetallen verschiedener auf kontaminierten Böden angebaute Pflanzen.  
Landwirtsch. Forsch. 38, 751 - 767

ROSSOW, N. u. Z. HORVATH (1988):

Innere Krankheiten der Haustiere. Band II, Funktionelle Störungen.  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

ROTH, H.-P. u. M. KIRCHGESSNER (1995):

Enzymatische und hormonelle Veränderungen im Zinkmangel.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 30 - 45

ROTRUCK, J.T., A.L. POPE, H.E. GANTHER, A.B. SWANSON, D.G.

HAFEMAN u. W.G. HOEKSTRA (1972):

Prevention of oxidative damage to rat erythrocytes by dietary selenium.  
J. Nutr. 102, 689 - 696

ROTRUCK, J.T., A.L. POPE, H.E. GANTHER, A.B. SWANSON, D.G.

HAFEMAN u. W.G. HOEKSTRA (1973):

Biochemical role as a component of glutathion peroxidase.  
Science 179, 588 - 591

RÜSSEL, H. u. A. SCHÖBERL (1964):

Abnorme Bleigehalte in tierischen Lebern.  
Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 71, 537 - 538

SAALBACH, E. (1970):

Schwefel.  
Boden und Pflanze 14, (19 - 23

SAALBACH, E., A. STÄHLIN u. K.H. WÜRTELE (1971):

Über den Mineralstoffgehalt von Zuchtgräsern. I. Einfluß einer Natrium-Düngung auf den Natriumgehalt.  
Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 34, 227 - 238

SAMBRAUS, H. (1992):

Kälber im Auge behalten.  
Der Tierzüchter 4, 38 - 39

SANTIAGO, C. (1990):

Uses and influences of Selenium- à- Tocopherol.  
in: XVI World Buiatrics Congress, Salvador, Brazil, 1990,  
Proceedings, S. 1258 - 1263

SCHENKEL, H. (1988):

Zum Stoffwechselverhalten von Cadmium bei landwirtschaftlichen  
Nutztieren. 1. Rinder.  
Übersichten zur Tierernährung 16, 265 - 306

SCHIEMANN, R., K. NEHRING, L. HOFFMANN, W. JENTSCH u. A. CHUDY (1971):

Energetische Futterbewertung und Energienormen.  
VEB Dtsch. Landwirtschaftsverlag, Berlin

SCHMIDT, K.W. (1994):

Für ganzjährige Weiden, Heu am Stiel.  
dlz - Sonderheft 6, 31 - 33

SCHMIDT, K. u. W. BAYER (1992):

Selen. Aktueller Wissenschaftlicher Erkenntnisstand.  
VitaMinSpu 7 (Supplement 1)

SCHOLZ, H. (1989):

Selen-/Vitamin-E-Mangel beim Rind.  
Prakt. Tierarzt 70, collegium veterinarium, 22 - 27

SCHOLZ, H. (1991):

Selen-Vitamin-E: Bedeutung und Versorgung beim Kalb.  
Tierärztl. Umsch. 46, 194 - 202

SCHÜMANN, K., A. LEBEAU, P. SANDOR, H.J. MERKER, T. GÜNTHER u. J. VORMANN (1995):

Zum Stellenwert von Interaktionen und Tier-Versuchen in der  
Lebensmitteltoxikologie; erläutert am Beispiel der Magnesium-Eisen-  
Interaktion.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 186 - (199

SCHWARK, J.H., M. GOLZE u. R. WEHLITZ (1991):

Ergebnisse der Fruchtbarkeit, des Kalbegeschehens und der Aufzuchtleistung in Mutterkuhherden und ihre Auswirkung auf die Lebendmasseproduktion.

Monatshefte für Veterinärmedizin 46, 49 - 54

SCHWARZ, W.A. u. M. KIRCHGESSNER (1975):

Experimental zinc deficiency in lactating dairy cows.

Vet. Med. Rev. No. 1/2, 19

SCHWÖPPE, W. u. M. SCHWÖPPE (1992):

Die Entwicklung der Weidevogelbrutbestände im Kreis Borken.

LÖLF- Mitteilungen 3

SEIDEL, J., F. STEIN, C. KAUF, H. PLASCHKE, J. HÜBSCHER, L. VOGT, H. RICHTER, K. WINNEFELD, C. SCHLENVOIGT u. K. BELLSTEDT (1995):

Selen-Therapie bei Kindern mit Phenylketonurie (PKU) - Untersuchungen zu funktionellen Veränderungen der Herz- und Skelettmuskulatur.

Mengen- und Spurenelemente 15, 379 - 386

SHERIF, Y.S., F.J. SCHWARZ u. M. KIRCHGESSNER (1981):

Zum Einfluß von Alter und Geschlecht auf die intestinale in vitro

Absorption von Zink und Mangan.

Arch. Tierernähr. 31, 597 - 607

SKYDSGAARD, J.M. (1967):

En metode til diagnosticering af latent natriummangel i kvægbesætninger.

(A method of diagnosing latent Na deficiency in cattle herds.)

Nord. Veterinaarmed. 19, 346 - 349

SMART, M.E. u. N.F. CYMBALUK (1991):

Trace minerals.

in: NAYLOR, J.M. u. S.L. RALSTON (Hrsg.): Large Animal clinical nutrition.

Mosby Year Book, London, S. 55 - 67

SMITH, S.E. u. J.K. LOOSLI (1957):

Cobalt and vitamin B<sub>12</sub> in ruminant nutrition: A review.  
J. Dairy Sci. 40, 1215 - 1227

SPATZ, G. u. A. BAUMGARTNER (1990):

Zur Bewertung der Grünlandkräuter als Futterpflanzen.  
Das wirtschaftseigene Futter 36, 79 - 91

SPIEKERS, H., G. JANKNECHT, W. LUPPING u. V. POTTHAST (1990):

Wann sind Spurenelemente zu ergänzen?  
Der Tierzüchter 42, 491 - 493

STANDISH, J.F., C.B. AMMERMAN, C.F. SIMPSON, F.C. NEAL and A.Z. PALMER (1971):

Influence of dietary iron and phosphorus on performance, tissue mineral composition and mineral absorption in steers.  
J. Anim. Sci. 33, 171 - 178

STARK, C., E. WALZEL, B. OZIERENSKI u. J. KROLL (1995):

Die Wirkung von Pektin bei aktueller Bleiexposition.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 487 - 491

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE (1985):

SAS User´Guide Statistics, 5th Edition.  
SAS Institute, Cory, NC

STEBBINGS, R.ST.J. u. G. LEWIS (1985):

Chronic cadmium toxicity in wethers.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER u. J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 296 - 299

STEINHARDT, M., I. GOLLNAST, M. LANGANKE, U. BÜNGER u. J. KUTSCHKE (1993):

Klinisch-chemische Blutwerte bei neugeborenen Kälbern.  
Tierärztliche Praxis 21, 405 - 411

STOCKINGER, Chr., J. DECKING u. G. HAMPEL (1994):

Mutterkuhhaltung.  
AID Sonderheft, 1160

STOYKE, M., K.D. DOBERSCHÜTZ u. K. LUSKY (1995):

Gehalte an Schwermetallen (Cadmium, Blei und Quecksilber) in ausgewählten Futtermitteln, Organen und Geweben von Rindern verschiedener Standorte des Landes Brandenburg.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 269 - 276

STRIKAUSKA, S., V. OZOLA, A. BERZINS u. J. LATVIETIS (1995):

Lead and cadmium as a nutritional hazard to farm livestock.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 295 - 297

SUTTLE, N.F. (1974):

Effects of organic and inorganic sulphur on the availability of dietary copper to sheep.  
Br. J. Nutr. 32, 559 - 568

SUTTLE, N.F. (1983):

Quantitative aspects of the molybdenum-copper antagonism.  
in: ROBERTS, G.E. u. R.G. RACKHAM (Hrsg.): Feed information and animal production.  
Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, S. 211

SUTTLE, N.F. u. D.W. PETER (1985):

Rumen sulphide metabolism as a major determinant of copper availability in the diets of sheep.  
in: C.F. MILLS, I. BREMNER u. J.K. CHESTER (Hrsg.): Trace Elements in Man and Animals - TEMA 5.  
CAB Press, Slough, S. 367 - 735

SZILÁGYI, M., S. SANKARI, S. FEKETE, M. WITTMANN, M. ABAZA, A.

EL-SEBAI, I. ZSOLNAINÉ HARDZI u. L. RÓZSA (1995):  
Elementary interactions in animals exposed to cadmium, lead, molybdenum, mercury and selenium.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 262 - 268

SZYMANSKA, E. u. T. LASKOWSKA-KLITA (1995):

The effect of lead poisoning on lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in the maternal and fetal livers.

Mengen- und Spurenelemente 15, 298 - 302

TATARUCH, F. (1993):

Die Belastung freilebender Wildtiere mit Umweltschadstoffen.

Übersichten zur Tierernährung 21, 181 - 204

TELFER, S.B., A.M. MACKENZIE, C.V. ILLINGWORTH u. D.W. HACKSON (1996):

The use of caeruloplasmin activities and plasma copper concentrations as indicators of copper status in cattle.

in: XIX World Buiatric Congress, Edingburgh, 1996

Proceedings, S. 402 - 404

TELFER, S.B., G. ZERVAS u. G. CARLOS (1984):

Curing of preventing deficiencies in copper, cobalt and selenium in cattle and sheep using tracer glass.

Can J. Anim. Sci. 64 (Suppl.), 234 - 235

THOMAS, S., M. ANKE u. M. GRÜN (1981a):

Der Einfluß des Kupferstatus auf die Reproduktions- und Milchleistung weiblicher Rinder zweier Kupfermangelstandorte.

2. Der Einfluß des Kupfermangels auf die Reproduktions- und Milchleistung der Kühe.

Arch. Tierernähr. 31, 697 - 704

THOMAS, S., M. ANKE u. M. GRÜN (1981b):

Der Einfluß des Kupferstatus auf die Reproduktions- und Milchleistung weiblicher Rinder zweier Kupfermangelstandorte.

1. Der Einfluß der Kupferbeifütterung auf den Kupferstatus.

Arch. Tierernähr. 31, 299 - 305

TILLMANN, P. (1992):

Die Nutzungselastizität von Grünlandbeständen verschiedener botanischer Zusammensetzung.

Das wirtschaftseigene Futter 38, 217 - 232

TODOROVA C., L. ANGELOW, N. PETROVA u. I. PETROVA (1995):  
Influence of selenium-iodine-deficiency on the daily milk, fat and protein production during the suckling period of lambs.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 725 - 728

TYMINSKA-ZAWORA, K. (1995):  
The relationship between the content of zinc, lead and cadmium in roots and the concentration of these metals in upper parts of some grasses and papilionaceae plants.  
Mengen- und Spurenelemente 15, 285 - 287

UNDERWOOD, E. J. (1966):  
The mineral nutrition of livestock.  
Central Press, Aberdeen

UNDERWOOD, E. J. (1971):  
Trace elements in human and animal nutrition, 3th Ed.  
Academic Press, New York, London

UNDERWOOD, E. J. (1977):  
Trace elements in human and animal nutrition, 4th Ed.  
Academic Press, New York, London

UNDERWOOD, E. J. (1981):  
The mineral nutrition of livestock.  
CAB Press, Slough

URSINI, F., M. MAIORINO, M. VALENTE, L. FERRY u. C. GREGOLIN (1982):  
Purification from pig liver of a protein which protects liposomes and biomembranes from peroxidative degradation and exhibits glutathione peroxidase activity on phosphatidylcholine by hydroperoxides.  
Biochim. biophys. Acta 710, (197 - 211

VAN CAMPEN, D.E. u. A. MITCHELL (1965):  
Absorption of  $\text{Cu}^{64}$ ,  $\text{Zn}^{65}$ ,  $\text{Mo}^{99}$  and  $\text{Fe}^{59}$  from ligated segments of the rat gastrointestinal tract.  
J. Nutr. 86, 120 - 124

VERCH, G. u. W. KÜHBAUCH (1994):

Veränderung der botanischen Zusammensetzung und der Futterqualität einer Feuchtwiese unter dem Einfluß extensiver Wiesenutzung.  
Das wirtschaftseigene Futter 40, 242 - 251

VOIGTLÄNDER, G. u. H. JACOB (1987):

Grünlandwirtschaft und Futterbau.  
Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

VOIGTLÄNDER, G. u. N. VOSS (1979):

Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung.  
Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

WARD, G.M. (1978):

Molybdenum toxicity and hypocuprosis in ruminants: A review.  
J. Anim. Sci. 46, 1078 - 1085

WARD, J.D., J.W. SPEARS u. E.B. KEGLY (1993b):

Effect of copper level and source (copper lysine vc copper sulfate) on copper status, performance, and immune response in growing steers fed diets with or without supplemental molybdenum and sulfur.  
J. Anim. Sci. 71, 2748 - 2755

WEIGAND, E. u. M. KIRCHGESSNER (1982):

Factorial estimation of the zinc requirement of lactating dairy cows.  
Z. Tierphysiol. 47, 1 - 9

WEIHER, O. (1994):

Stand und Perspektiven der Tierproduktion in Mecklenburg-Vorpommern unter besonderer Berücksichtigung der Milchproduktion.  
in: 5. Rekasen Anwenderseminar, Güstrow, 1994  
Ber., S. 17 - 30

WEIß, J. (1996):

Spurenelemente in der Milchviehfütterung.  
Milchpraxis 34, 101 - 102

WEIßBACH, F. (1993):

Energiebedarf von Weidetieren und zweckmäßiger Weidetierbesatz.  
Der Tierzüchter 11, 18 - 21

WELT, L.G., W. HOLLANDER u. W.B.BLYTHE (1960):

The consequences of potassium depletion.  
J. Chron. Dis. 11, 213 - 221

WETZEL, R. u. K.H. MENKE (1978a):

Verhalten der Spurenelemente Kupfer, Zink und Mangan im Pansen des Rindes.

1. Spurenelementgehalt in verschiedenen Fraktionen des Pansensaftes und seine Beeinflussung durch Kupfersulfat-Gaben.

Arch. Tierernähr. 28, 221 - 233

WHITE, F.E., M.W. NEATHERY, R.P. GENTRY, W.J. MILLER, K.R.

LOGNER u. C.M. BLACKMON (1985):

The effects of different levels of dietary lead on zinc metabolism in dairy calves.

J. Dairy Sci. 68, 1215 - 1225

WHITEHAIR, C.K. (1986):

Vitamin E and selenium in cattle production.

The Bovine Practitioner 21, 87 - 90

WIESEMÜLLER, W. (1994):

Mineralfutter als notwendiger Rationsbestandteil bei der Milchkuh.

in: 5. Rekasen Anwenderseminar, Güstrow, 1994

Ber., S. 43 - 50

WIESNER, E. (1970):

Ernährungsschäden der landwirtschaftlichen Nutztiere.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

WIESNER, E., F. BERSCHNEIDER, K.NEUFFER u. C.LUDEWIG (1982):

Selenwerte in Futtermitteln. 2. Einflüsse einiger geologischer und Bodenfaktoren und der Niederschlagshöhe während der Vegetationsperiode auf den Selengehalt von Pflanzen.

Arch. Tierernähr. 32, 685 - 692

WINDISCH, W. u. M. KIRCHGESSNER (1995):

Neuere Erkenntnisse zum metabolischen Zinkumsatz am Modell der adulten Ratte.

Mengen- und Spurenelemente 15, 1 - 13

WINTERSPERGER, R. (1994):

Gesunde, frohwüchsige Kälber als Ernte.

dlz - Sonderheft 6, 76 - 80

WITTEMANN, F. (1994):

Kooperatives Marketing für Weidefleisch.

dlz - Sonderheft 6, 60 - 61

WITTENBERG, K.M., R.J. BOILA and M.A. SHARIFF (1990):

Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper sources for copper-depleted steers fed high molybdenum diets.

Can. J. Anim. Sci. 70, 895 - 904

WÖHLBIER, W. u. M. KIRCHGESSNER (1957):

Der Gehalt von einzelnen Gräsern, Leguminosen und Kräutern an Mengen- und Spurenelementen.

Landwirtsch. Forsch. 10, 240

WOLF, H. (1971):

Beeinflussung des Natrium- und Magnesium-Gehaltes im Weidegras.

Das wirtschaftseigene Futter 17, (190 - (197

WOLF, R. u. G. BRIEMLE (1989):

Landwirtschaftliche Verwertungsmöglichkeiten von Pflanzenaufwüchsen aus extensiviertem Grünland und aus der Biotoppflege.

Das wirtschaftseigene Futter 35, 108 - 125

WOLFFRAM, S. u. E. SCHARRER (1988):

Bioverfügbarkeit und intestinale Absorption des Spurenelements Selen.

Übersichten zur Tierernährung 16, 247 - 264

ZIEBARTH, G (1995):

Ökologische Weidenutzung durch Mutterkuhhaltung - ein Beitrag zum Naturschutz.

Vortrag Berliner Tierärztliche Gesellschaft, 8. März 1995.

ZIJLSTRA, K. (1940):

Over de botanische analyse van grasland. Bepaling van de gewichtspercentages der plantensoorten. Department van Landbouw en Visscherij.

Verslagen van landvrouwkundige Onderzoekingen Nr. 46.  
zit. nach G. VOIGTLÄNDER u. N. VOSS (1979)

## 9 Anhang

Herde M										
640	530	350	550	440	470	550	596	528	540	480
520	586	350	510	600	520	660	690	440	570	480
450	440	300	570	530	470	470	600	400	400	550
638	485	480	500	500	550	550	606	584	560	650
500	500	380	500	420	480	570	570	480	476	460
520	470	370	409	510	400	650	640	460	490	500
485	442	450	420	460	630	530	500	450	519	480
630	430	455	430	450	570	640	570	500	540	490
580	490	500	520	460	520	560	480	590	470	

Tab. 9-1: Gewichte der Mutterkühe der Herde M vom 12.7.1995 (kg)

Herde N											
528	435	445	446	460	466	546	620	461	524	564	632
586	484	456	534	533	624	636	467	584	439	612	588
560	518	436	458	636	518	399	440	574	518	552	466
471	495	464	394	556	608	473	397	455	497	552	461
441	654	540	522	426	560	524	640	445	438	562	534
373	477	446	510	554	480	492	512	534	576	506	427
469	382	516	548	566	483	493	435	538	417	516	650
562	464	494	532	520	548	350	428	488	558	417	463
543	450	602	520	634	582	586	419	478	534	640	584

Tab. 9-2: Gewichte der Mutterkühe der Herde N vom 10.7.1995 (kg)

<b>Geburts- daten</b>	<b>LM 22.11.</b>	<b>Geburts- daten</b>	<b>LM am 22.11.</b>						
13. Jun	197	22. Jul	159	28. Jul	150	05. Aug	156	12. Aug	140
28. Jun	214	22. Jul	130	28. Jul	179	05. Aug	106	14. Aug	140
10. Jul	210	22. Jul	162	28. Jul	177	06. Aug	130	14. Aug	125
14. Jul	168	22. Jul	130	28. Jul	174	06. Aug	140	15. Aug	133
14. Jul	187	22. Jul	153	29. Jul	125	06. Aug	124	16. Aug	130
15. Jul	176	23. Jul	192	30. Jul	133	06. Aug	115	20. Aug	128
16. Jul	165	24. Jul	142	30. Jul	142	07. Aug	189	22. Aug	139
18. Jul	127	24. Jul	150	01. Aug	137	07. Aug	160	23. Aug	141
18. Jul	145	24. Jul	162	01. Aug	165	09. Aug	128	23. Aug	133
19. Jul	104	24. Jul	224	01. Aug	119	09. Aug	147	27. Aug	143
19. Jul	142	25. Jul	185	02. Aug	143	09. Aug	125	07. Sep	114
20. Jul	150	25. Jul	183	02. Aug	143	09. Aug	128	07. Sep	139
20. Jul	164	25. Jul	132	03. Aug	130	11. Aug	130		
21. Jul	141	26. Jul	164	03. Aug	150	11. Aug	152		
21. Jul	164	27. Jul	138	04. Aug	161	12. Aug	130		
21. Jul	171	27. Jul	151	05. Aug	108	12. Aug	128		

*Tab.9-3: Geburtsdaten der Kälber aus Herde L und Lebendmasse (kg) am 22.11.1995.*

<b>Geburtsdaten</b>	<b>LM am 17.8.</b>	<b>LM am 27.9.</b>	<b>Geburtsdaten</b>	<b>LM am 17.8.</b>	<b>LM am 27.9.</b>
09. Mai	120	161	09. Mai	142	182
10. Mai	100	138	10. Mai	122	164
10. Mai	146	175	10. Mai	142	142
10. Mai	147	205	10. Mai	162	205
10. Mai	150	189	10. Mai	168	207
10. Mai	158	169	10. Mai	141	181
11. Mai	105	143	10. Mai	160	210
10. Mai	169	206	12. Mai	164	215
11. Mai	140	187	12. Mai	162	210
10. Mai	125	173	12. Mai	160	220
11. Mai	148	193	12. Mai	149	188
12. Mai	115	156	12. Mai	206	275
12. Mai	130	166	13. Mai	140	204
12. Mai	128	169	14. Mai	144	193
13. Mai	150	185	14. Mai	127	170
14. Mai	120	145	13. Mai	150	200
16. Mai	130	183	11. Mai	145	206
15. Mai	146	187	15. Mai	136	166
16. Mai	142	188			

*Tab. 9-4: Geburtsdaten der Kälber aus Herde M und Lebendmasse (kg) am 17.8. und 27.9.1995*

Geburts- daten	LM am 17.8.	LM am 27.9.									
02. Mai	90	128	09. Mai	110	172	03. Mai		154	09. Mai	150	199
02. Mai	130	130	09. Mai	100	150	03. Mai	100	140	09. Mai	120	165
03. Mai	98	144	25. Apr	90	166	03. Mai		182	09. Mai	140	191
03. Mai	140	181	28. Apr	110	148	04. Mai		190	09. Mai	160	210
03. Mai	140	203	28. Apr	95	125	04. Mai		220	25. Apr	145	188
03. Mai	130	176	28. Apr	110	155	04. Mai	88	104	27. Apr	110	158
04. Mai	90	122	30. Apr	69	95	05. Mai	100	160	29. Apr	140	140
04. Mai	100	153	30. Apr	100	153	05. Mai	100	160	30. Apr	102	133
04. Mai	90	139	01. Mai	120	175	06. Mai	106	174	30. Apr	150	200
05. Mai	113	157	01. Mai	140	196	06. Mai	136	183	30. Apr	160	213
05. Mai	105	143	02. Mai	120	175	07. Mai	113	172	30. Apr	136	186
06. Mai	100	145	01. Mai	140	190	07. Mai	137	173	01. Mai	130	187
06. Mai	120	157	02. Mai	130	189	07. Mai	130	190	01. Mai	120	167
07. Mai	120	169	02. Mai	131	202	07. Mai	144	204	02. Mai	150	217
08. Mai	145	187				07. Mai	123	169	02. Mai	136	185
08. Mai	96	96	02. Mai		208	08. Mai	115	159	02. Mai	140	204
08. Mai	104	153	02. Mai	140	190	08. Mai	110	166	02. Mai	140	188
09. Mai	105	153	03. Mai	150	212	08. Mai	75	107	04. Mai	118	165
09. Mai	120	157	03. Mai	150	200	08. Mai	150	193			

Tab. 9-5: Geburtsdaten der Kälber aus Herde M und Lebendmasse (kg) am 17.8. und 27.9.1995

<b>Geburts-</b> <b>daten</b>	<b>LM am</b> <b>14.9.</b>										
18. Feb	168	23. Feb	211	26. Feb	224	19. Feb	163	23. Feb	230	27. Feb	236
19. Feb	216	23. Feb	257	26. Feb	250	19. Feb	169	23. Feb	246	27. Feb	150
19. Feb	213	23. Feb	166	26. Feb	212	19. Feb	179	23. Feb	210	28. Feb	233
19. Feb	189	23. Feb	245	26. Feb	172	19. Feb	270	24. Feb	232	02. Mär	224
19. Feb	206	24. Feb	200	26. Feb	167	20. Feb	191	24. Feb	200	15. Mär	185
19. Feb	195	24. Feb	263	26. Feb	190	20. Feb	210	24. Feb	115	16. Mär	166
20. Feb	163	24. Feb	259	26. Feb	191	20. Feb	220	24. Feb	230	17. Mär	138
20. Feb	170	24. Feb	230	27. Feb	240	20. Feb	180	24. Feb	190		
21. Feb	255	25. Feb	205	27. Feb	206	20. Feb	224	25. Feb	188		
21. Feb	219	25. Feb	210	01. Mär	170	20. Feb	240	24. Feb	190		
21. Feb	258	25. Feb	204	27. Feb	249	20. Feb	211	24. Feb	133		
21. Feb	231	25. Feb	275	27. Feb	257	20. Feb	185	25. Feb	236		
22. Feb	249	25. Feb	237	27. Feb	154	21. Feb	242	25. Feb	185		
22. Feb	183	25. Feb	240	09. Mär	193	21. Feb	206	26. Feb	197		
22. Feb	236	25. Feb	212	09. Mär	170	22. Feb	210	15. Feb	210		
22. Feb	180	25. Feb	255	16. Mär	133	22. Feb	185	26. Feb	212		
22. Feb	204	25. Feb	241	25. Mär	144	22. Feb	190	26. Feb	172		
22. Feb		25. Feb	200	06. Feb	200	22. Feb	214	26. Feb	214		
22. Feb	134	26. Feb	244	18. Feb	234	23. Feb	202	27. Feb	210		

*Tab. 9-6: Geburtsdaten der Kälber aus Herde N und Lebendmasse (kg) am 14.9.1995*

Geburts- daten	LM am 25.4.	LM am 17.7.	LM am 9.8.	Geburts- daten	LM am 25.4.	LM am 17.7.	LM am 9.8.	Geburts- daten	LM am 25.4.	LM am 17.7.	LM am 9.8.
05. Dez	141	252	274	20. Dez	106	176	197	17. Dez	202	276	
12. Dez	165	266		20. Dez	139	221	232	17. Dez	156	260	277
12. Dez	114	168		20. Dez	172	276		18. Dez	86	179	193
13. Dez	92	126	137	21. Dez	136	207	222	19. Dez	171	270	
12. Dez	115	210	217	21. Dez	133	224	244	19. Dez	194	274	
15. Dez	147	226	236	21. Dez	128	235	246	20. Dez	203	306	
16. Dez	179	285		21. Dez	99	192	212	20. Dez	113	200	229
16. Dez	107	185	199	16. Dez	140	215	231	21. Dez	150	230	238
17. Dez	139	211	217	22. Dez	104	190	191	21. Dez	129	228	236
17. Dez	175	280						21. Dez	144	216	236
17. Dez	148	245	262	07. Dez	132	206	215	23. Dez	112	196	215
17. Dez	125	189		13. Dez	181	280		23. Dez	147	249	286
18. Dez	126	190	204	13. Dez	120	208	232	23. Dez	152	243	259
18. Dez	101	168	185	16. Dez	188	273					
18. Dez	114	178	192	16. Dez	164	293					
19. Dez	173	254	281	16. Dez	178	270					
20. Dez	146	204	230	17. Dez	151	253	287				
20. Dez	149	225	233	17. Dez	171	250	261				
20. Dez	178	273		17. Dez	168	277					

Tab. 9-7: Geburtsdaten der Kälber aus Herde O und deren Lebendmasse (kg) am 14.9., 17.7. und 9.8. 1995

Geburts- daten	LM, 18.7.	LM, 8.8.	LM, 20.9.												
31. Dez	150			22. Jan	200	230	250	07. Feb	160	184	220	16. Jan	220	241	256
08. Jan	140	164	187	21. Jan	220	265		08. Feb	205	205	242	17. Jan	170	206	225
08. Jan	165	187	214	22. Jan	147	162	188	08. Feb	210	230	255	17. Jan	252	279	
15. Jan	220			22. Jan	209	240	273	09. Feb	180	211	249	19. Jan	255	278	
17. Jan	220	241	261	22. Jan	166	187	209	09. Feb	200	230	273	19. Jan	255	300	
17. Jan	250	276		22. Jan	220	236	280	10. Feb	152	169	191	19. Jan	250	277	
19. Jan	230	255	273	23. Jan	225			10. Feb	190	207	232	19. Jan	250	269	286
19. Jan	210	224	255	23. Jan	250	169	205	10. Feb	170	200	231	19. Jan	225	254	268
19. Jan	258	278		24. Jan	257	285		11. Feb	220	218	250	19. Jan	250	278	
19. Jan	240	168		24. Jan	200	233	270	11. Feb	230	258		19. Jan	170	202	235
19. Jan	244	269		24. Jan	220	260		03. Mär	170	196	227	19. Jan	206	236	267
19. Jan	240	260		24. Jan	240	248	269	03. Mär	145	170	192	19. Jan	200	233	258
20. Jan	210	236	252	24. Jan	220	247	266	03. Mär	160	207	241	19. Jan	240	265	279
20. Jan	220	248	242	24. Jan	200	222	245	03. Mär	175	185	216	21. Jan	220	240	282
20. Jan	255	283		25. Jan	140	161	177	03. Mär	144	169	206	21. Jan	240	268	278
20. Jan	200	219	252	25. Jan	210	265	281	03. Mär	170	196	243	21. Jan	240	260	282
21. Jan	200	206	277	26. Jan	200	235	279					21. Jan	170		230
21. Jan	180	186	220	06. Feb	210	256		29. Dez	136	153	190	21. Jan	220	237	272
22. Jan	210	231	272	07. Feb	190	238	277	08. Jan	230	266	265	22. Jan	220	248	279

Tab.9-8: Geburtsdaten einiger Kälber aus Herde P und deren Lebendmasse (kg) am 18.7., 8.8. und 20.9.1995

<b>Geburts-</b> <b>daten</b>	<b>LM,</b> <b>18.7.</b>	<b>LM,</b> <b>8.8.</b>	<b>LM,</b> <b>20.9.</b>												
21. Jan	253	282		06. Feb	169	186	200	03. Mär	268			27. Dez	245	266	280
22. Jan	210	225	260	06. Feb	200	222		03. Mär	190	210	250	27. Dez	207	226	259
22. Jan	190	229	265	07. Feb	220	245	278	03. Mär	220	249	275	27. Dez	231	250	258
22. Jan	275			07. Feb	210	240	260	03. Mär	180	211	250	27. Dez	206	234	267
22. Jan	180	218	244	07. Feb	234	261	273	03. Mär	223	257	273	28. Dez	218	246	276
23. Jan	195	245	279	08. Feb	210	237	260	03. Mär	165	178	230	28. Dez	160	189	217
22. Jan	230	250	269	07. Feb	220	246	260	04. Mär	210	230	277	28. Dez	230	258	280
24. Jan	240		282	09. Feb	233	250	272	31. Dez	202	224	256	28. Dez	218	249	279
24. Jan	200	205	239	09. Feb	210	235	250	30. Dez	221	236	242	28. Dez	218	249	279
24. Jan	200	227	257	09. Feb	210	265		31. Dez	180	193	204	13. Dez	90	132	161
24. Jan	195	213	244	09. Feb	222	254	274	21. Dez	163	186	207	12. Dez	192	205	232
24. Jan	140	156	269	09. Feb	185	210	240	25. Dez	253	286		17. Dez	143	145	164
25. Jan	180	220	260	09. Feb	180	215	240	25. Dez	204	210	243	19. Dez	220	250	264
25. Jan	235	255	265	10. Feb	170	185	230	25. Dez	174	180	183	20. Dez	135	155	187
25. Jan	206	230	230	10. Feb	190	220	250	25. Dez	196	210	228	20. Dez	154	180	200
26. Jan	180	209	240	10. Feb	190	246	268	25. Dez	173	182	210	23. Dez	210	229	247
26. Jan	240	272		25. Feb	160	191	220	26. Dez	196	235	267	24. Dez	250	277	
24. Jan	210	234	265	05. Feb	195			26. Dez	177	189	217	29. Dez	178	207	235
04. Feb	132	159	181	02. Mär	175	196	230	26. Dez	279			29. Dez	269		

*Tab. 9-9: Geburtsdaten einiger Kälber aus Herde P und deren Lebendmasse (kg) am 18.7., 8.8. und 20.9.1995*

Geburts- daten	LM, 18.7.	LM, 8.8.	LM, 20.9.												
29. Dez	201	220	255	24. Dez	220	226	258	28. Dez	269			31. Dez	140		
29. Dez	224	240	278	25. Dez	265			23. Dez	251	264	284	31. Dez	208	231	252
29. Dez	232	261	268	25. Dez	197	215	215	24. Dez	256	281		01. Jan	241	273	
29. Dez	242			26. Dez	229	250	274	24. Dez	222	230	260	01. Jan	210	234	262
29. Dez	220	231	254	26. Dez	272			24. Dez	231	243	265	01. Jan	251	268	290
30. Dez	184	205	215	26. Dez	196			24. Dez	135	162	192				
30. Dez	224	249		27. Dez	260			24. Dez	230	240	257				
30. Dez	220	238		26. Dez	197	216	251	24. Dez	249	267	300				
31. Dez	127	140	175	27. Dez	224	240	259	28. Dez	238	250	258				
31. Dez	290	230	249	27. Dez	236	242	272	28. Dez	196	226	243				
31. Dez	224	234	270	28. Dez	212	230	257	29. Dez	152	165	190				
01. Jan	243	269		12. Dez	200	220	245	29. Dez	256	260	280				
01. Jan	142	172	184	15. Dez	228	246	257	29. Dez	235	265	285				
11. Jan	177	192	228	18. Dez	139	159	199	29. Dez	240	260	286				
				20. Dez	190	205	239	29. Dez	240	270					
31. Dez	220	233	253	22. Dez	202	217	230	30. Dez	245	250	265				
30. Dez	210	217	250	22. Dez	188	207	225	30. Dez	220	246	267				
09. Dez	187	198	224	23. Dez	230	250	264	30. Dez	226	241	263				
24. Dez	257	268	285	23. Dez	245	259	262	31. Dez	260	264	283				

Tab. 9-10: Geburtsdaten einiger Kälber aus Herde P und deren Lebendmasse (kg) am 18.7., 8.8. und 20.9.1995

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII I	XIX	XX
L1	245	176	228	168	174			241			276	275		235		187	243		155	
L2	246	186	226	182	190				325		293	270	308	329		221		248	157	
L3	203	184	225	187	214	278	390				267	252	275	327	241				205	
L4	243	210	228	168	155			241			247	275		235	229	205	296		165	
M1	244	161	222	203	195		294		277	278	265	314				173				154
M2	246	196	200	173	207			326		296	299	290				174				174
M3	236	198	247	183	194			308		316	320	328				202				190
M4	203	164	216	173	206		253	365			274	379		230						155
M5	219	153	223	192	201			204	240	197	282	310		137	163					140
N1	220	174	196	205	196		310		239	232		207	246			272			259	
N2	231	172	213	288	200	251			337	239		214	209	111				161	125	
N3	241	176	222	199	218				303	263		258	235		188			155	154	
O1	201	203	261	387	254			225				358		193	175	148	186			151
O2	194	200	235	387				222		341		358	377	193	175	148	181			151
O3	211	230	204	387				294		301		358		193	175	148	228	208		151
O4	204	238	230	210	168	204		215		332		399	295	246	268	183				165
P1	204	230	218	177	206	261		185		246	288		276	177	160	158	153		122	

Tab.9-11: Trockensubstanzgehalte der Weideaufwüchse aller Standorte in g/kg uS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII I	XIX	XX
L1	59	65	57	69	78			70			93	106		80		199	133		114	
L2	56	67	65	59	50				56		91	115	90	75		100		92	112	
L3	75	69	72	61	48	48	52				83	96	79	74	89				119	
L4	71	64	57	69	93			70			95	106		80	78	125	128		110	
M1	58	69	55	54	48		47		68	68	78	92				73				114
M2	58	61	57	63	43			43		73	79	92				106				102
M3	59	61	53	51	47			52		72	71	84				189				179
M4	75	80	75	64	62		80	84			86	90		86						201
M5	74	85	64	62	53			71	82	88	97	97		88	102					265
N1	60	69	81	72	63		71		78	99		104	94			116			100	
N2	56	72	60	52	50	46			75	82		113	102	93				100	104	
N3	57	67	66	56	63				66	81		90	98		102			142	101	
O1	59	77	72	60	77			83				87		61	97	103	96			119
O2	59	80	80	60				85		67		87	70	61	97	103	142			119
O3	71	77	63	60				54		84		87		61	97	103	204	168		119
O4	67	72	68	62	72	70		90		82		79	87	67	79	90				101
P1	74	78	72	65	57	64		101		83	91		78	79	100	87	107		87	

Tab.9-12: Rohaschegehalte der Weideaufwüchse aller Standorte in g/kg TS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII	XIX	XX
																	I			
L1	166	158	149	131	127			126			130	135		139		143	114		266	
L2	141	148	153	151	161				83		119	194	138	121		131		135	240	
L3	165	152	163	104	89	63	65				153	198	126	120	158				161	
L4	169	141	149	131	191			126			140	135		139	172	141	120		229	
M1	182	172	135	121	95		90		134	118	133	159				159				173
M2	116	121	140	113	85			67		116	156	172				132				148
M3	159	116	105	104	82			90		112	109	122				110				135
M4	186	151	162	138	118		175	105			178	124		126						143
M5	161	168	153	169	102			145	141	178	154	182		190	192					174
N1	121	155	167	127	89		81		149	140		159	228			123				144
N2	141	133	132	113	90	105			76	137		184	189	230				157	176	
N3	144	139	130	115	71				87	104		143	127		193			153	154	
O1	149	146	133	125	163			134				109		137	225	206	161			188
O2	149	141	114	125				143		91		109	137	137	225	206	158			188
O3	157	156	144	125				90		81		109		137	225	206	142	148		188
O4	142	152	155	133	165	114		113		135		121	142	120	154	218				165
P1	185	151	157	160	122	132		244		152	152		153	208	240	209	223		263	

Tab.9-13: Rohproteingehalte der Aufwüchse aller Standorte in g/kg TS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII I	XIX	XX
L1	39	39	33	27	30			25			43	42		29		30	25		34	
L2	34	40	39	32	24				23		34	36	43	41		28		30	31	
L3	40	37	39	26	23	20	18				38	46	40	41	23				28	
L4	42	38	33	27	38			25			45	42		29	28	32	29		33	
M1	40	39	32	28	30		24		32	32	31	31				33				40
M2	35	33	34	27	19			16		42	35	39				28				34
M3	39	32	30	25	25			20		28	29	31				21				37
M4	41	35	38	36	28		37	34			44	30		26						37
M5	40	40	35	38	26			17	25	36	41	36		39	30					38
N1	32	42	37	36	30		26		37	47		42	49			35			23	
N2	34	36	33	29	28	27			20	31		36	41	46				34	30	
N3	38	38	35	30	18				32	35		38	38		30			33	28	
O1	39	41	33	34	39			25				31		28	32	42	37			38
O2	39	40	28	34				26		32		31	21	28	32	42	36			38
O3	42	42	35	34				24		30		31		28	32	42	33	32		38
O4	40	39	41	29	37	28		34		51		34	47	51	38	34				38
P1	49	40	42	34	32	28		37		42	34		31	34	37	41	42		36	

Tab. 9-14: Rohfettgehalte der Aufwüchse aller Weidestandorte in g/kg TS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII I	XIX	XX
L1	185	177	203	242	224			219			237	245		263		191	208		175	
L2	176	177	210	258	296				286		267	226	247	241		256		226	186	
L3	191	163	200	261	295	327	306				231	220	251	239	256				224	
L4	201	170	203	242	210			219			247	245		263	230	224	227		197	
M1	194	165	196	253	291		299		250	274	291	230				249				216
M2	177	186	185	223	317			317		265	275	253				240				207
M3	183	176	172	233	285			274		256	276	249				209				184
M4	177	180	167	227	276		191	262			205	261		242						168
M5	177	165	188	196	265			203	219	200	226	219		205	214					144
N1	166	166	168	238	240		256		220	238		206	224			233			260	
N2	174	173	187	249	278	269			261	249		208	210	192				213	197	
N3	166	177	195	245	296				230	238		215	245		211			190	228	
O1	168	172	198	240	201			249				273		291	226	200	240			222
O2	168	175	221	240				240		283		273	288	291	226	200	224			222
O3	186	192	203	240				277		277		273		291	226	200	206	221		222
O4	176	192	218	238	234	272		204		259		235	233	260	254	205				218
P1	156	162	168	215	258	226		182		217	209		224	208	182	204	176		196	

Tab. 9-15: Rohfasergehalte der Weideaufwüchse aller Standorte in g/kg TS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII I	XVIII	XIX	XX
L1	551	561	557	531	541			561			497	473		489		437	520		411	
L2	592	568	533	500	469				552		489	429	481	522		485		517	431	
L3	529	580	526	547	545	542	559				496	441	504	526	474				467	
L4	518	587	557	531	468			561			473	473		489	492	478	496		432	
M1	526	555	581	545	537		540		516	508	467	487				487				457
M2	614	599	583	574	536			557		503	455	445				493				508
M3	561	615	640	586	560			564		531	516	513				471				464
M4	520	554	558	534	515		518	515			487	495		520						452
M5	548	542	560	536	553			563	532	497	482	466		478	462					379
N1	621	568	547	527	577		566		516	476		488	404			493			474	
N2	595	585	588	558	554	552			568	500		459	457	439				496	492	
N3	595	579	575	553	552				585	542		513	493		465			481	490	
O1	585	563	564	542	520			509				500		483	419	449	465			433
O2	585	563	558	542				505		526		500	484	483	419	449	440			433
O3	544	533	554	542				555		528		500		483	419	449	414	432		433
O4	575	545	518	537	492	518		560		474		531	491	502	475	453				478
P1	535	569	561	525	531	549		436		506	514		514	471	440	459	452		419	

Tab.9-16: Nfe-Gehalte der Weideaufwüchsen aller Standorte in g/kg TS

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVII I	XIX	XX
L1	8,0	8,0	7,7	7,2	7,4			7,5			7,2	7,0		6,9		7,4	7,4		8,0	
L2	8,1	8,0	7,6	7,0	6,5				6,7		6,8	7,2	7,0	7,2		6,9		7,3	7,8	
L3	7,8	8,2	7,7	7,0	6,6	6,2	6,4				7,3	7,4	7,0	7,2	6,9				7,2	
L4	7,7	8,1	7,7	7,2	7,5			7,5			7,0	7,0		6,9	7,3	7,2	7,2		7,7	
M1	7,8	8,2	7,8	7,1	6,6		6,5		7,1	6,8	6,5	7,3				7,1				7,4
M2	8,1	7,9	8,0	7,5	6,3			6,3		6,9	6,7	7,0				7,1				7,5
M3	8,0	8,1	8,1	7,4	6,7			6,8		7,0	6,7	7,0				7,2				7,6
M4	8,0	8,0	8,2	7,4	6,8		7,8	6,9			7,6	6,8		7,1						7,8
M5	8,0	8,2	7,9	7,8	6,9			7,7	7,4	7,7	7,3	7,4		7,6	7,5					8,0
N1	8,2	8,2	8,1	7,2	7,2		7,0		7,4	7,1		7,5	7,3			7,1			6,8	
N2	8,1	8,1	7,9	7,2	6,8	6,9			6,9	7,0		7,5	7,5	7,8				7,5	7,7	
N3	8,2	8,0	7,8	7,2	6,5				7,4	7,2		7,5	7,0		7,5			7,7	7,3	
O1	8,2	8,1	7,8	7,2	7,7			7,0				6,7		6,6	7,3	7,6	7,1			7,3
O2	8,2	8,0	7,4	7,2				7,1		6,6		6,7	6,6	6,6	7,3	7,6	7,2			7,3
O3	7,9	7,8	7,7	7,2				6,8		6,7		6,7		6,6	7,3	7,6	7,2	7,1		7,3
O4	8,1	7,8	7,5	7,3	7,3	6,8		7,6		6,9		7,2	7,2	7,0	7,0	7,6				7,4
P1	8,3	8,2	8,2	7,5	7,0	7,4		7,9		7,5	7,6		7,4	7,6	7,9	7,6	8,0		7,7	

Tab. 9-17: Energiegehalte der Weideaufwüchse aller Standorte in MJ/kg TS

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv. Doz. Dr. K. Männer für die Überlassung des Themas, die wissenschaftliche Betreuung und die wertvolle Unterstützung bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Arbeit.

Der H.W. Schaumann-Stiftung danke ich für die finanzielle Unterstützung.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. Ch. Laiblin für seine fachlichen Anregungen, tatkräftige und aufmunternde Mithilfe sowie konstruktive Kritik bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit.

Bei den Labormitarbeitern des Institutes für Tierernährung an der FU Berlin bedanke ich mich für die Durchführung zahlreicher Futtermittelanalysen, ihre jederzeitige Hilfsbereitschaft und die freundliche Zusammenarbeit.

Für die Durchführung der umfangreichen Blut- und Speichelanalysen gilt mein Dank den Mitarbeitern im Labor der Klinik für Kleintiere an der FU Berlin.

Mein Dank gilt besonders auch meinem Vater für seine unermüdliche Motivation und ständige hilfreiche Unterstützung sowie Herrn A. Becker für seine wertvollen Hilfestellungen bei Problemen mit der Textverarbeitung.

## LEBENS LAUF

Name: Terörde

Vorname: Hildegard

Geburtsdatum: 01. September 1968

Geburtsort: Wesel

Familienstand: ledig

Schulbildung: 1975 - 1979 Grundschule „Am  
Buddendick“, Wesel

1979 - 1988 „Andreas Vesalius-  
Gymnasium“, Wesel

Abitur: 30. 05. 1988

Hochschulstudium: 1988-1994 Studium der  
Veterinärmedizin an der  
Freien Universität Berlin

Approbation: 27.03.1995