

2 Literaturübersicht

2.1 Extensive Mutterkuhhaltung

Die Entscheidung zu einer extensiven Weidehaltung wird im wesentlichen durch die wirtschaftlichen und ökologischen Möglichkeiten des Betriebes festgelegt. Neben dem betrieblichen Kapital und der Verfügung von Arbeitskraft, ist vor allem nutzbare Fläche für die Rentabilität entscheidend. Die betriebliche Bewertung der Fläche ist hauptsächlich durch die standörtlichen Gegebenheiten wie z.B. Bodenqualität, geologischen Untergrund, Wasserversorgung und Wasserentsorgung, durch die natürliche Vegetation, das Klima, die Sonnenexposition, die Morphologie und die Erreichbarkeit des Geländes aber auch durch Auflagen an die Bewirtschaftung und Auflagen des Naturschutzes charakterisiert.

Des weiteren sind die betrieblichen Gegebenheiten wichtig. Für die wirtschaftliche Nutzung sind die Betriebsmittel wie Kapital, Personal, Gebäude, Maschinen und die Betriebsgröße, sowie die Wettbewerbslage entscheidend. Die Betriebsform legt vor allem fest, mit welcher Intensität die Weidewirtschaft betrieben werden kann. Weidewirtschaft findet sich vor allem auf solchen Flächen, die nach den genannten natürlichen Bedingungen in ihrer Nutzung eher grenzwertig sind. In der Weidewirtschaft sind unterschiedliche Nutzungen wie Milch-, Mast- und Aufzuchtproduktion zu unterscheiden.

2.1.1 Gegenüberstellung extensiver und intensiver Weidenutzung und ihre Wirkung auf die Qualität der Weide

Tabelle 1 zeigt einen vergleichenden Überblick zwischen intensiver und extensiver Weidenutzung. Wird eine bislang intensiv geführte Weide in eine Extensivweide (häufig aus Gründen veränderter Rentabilität) überführt, haben mehrere Faktoren Einfluss auf die Entstehung einer bestimmten Weidepflanzengemeinschaft und damit der Futtermittel.

▪ Viehbesatzstärke

Bei einer extensiven Weide hat die intra- und interspezifische Konkurrenz der Pflanzen kaum Einfluss auf die Entstehung der Pflanzengemeinschaft; nach ELSÄSSER (2000) hat die Prädation den Haupteinfluss. Das bedeutet, dass das Ökosystem hauptsächlich durch Fremdbestimmung geregelt wird. Häufig sind es:

- die Aktivität der Weidetiere, die durch Störungen, wie Tritt, Biss und Defäkation aber auch durch selektives Fressen weitgehend die Pflanzengemeinschaft bestimmen und
- der Einfluss des Menschen, der durch mehr oder weniger starke Weidepflege und den Umfang des Umtriebes Einfluss nimmt.

Die Rinder nehmen ihrerseits Einfluss auf den Pflanzenbestand, indem sie die Pflanzen selektiv fressen bzw. durch Tritt beeinflussen. Dies hat mehrere Folgen:

- Pflanzen mit negativen Eigenschaften werden gemieden. Dazu gehören Pflanzen, die sich mit Dornen, Stacheln, rauen und harten Blättern oder starker Behaarung, durch ihren schlechten Geruch oder Geschmack schützen, und evtl. Giftpflanzen.
- Junge Pflanzen, nährstoffreiche Pflanzen und schmackhafte Pflanzen werden stark und immer wieder abgefressen. Wobei zum Teil Pflanzen so nachhaltig abgefressen, dass Kahlstellen entstehen bzw. diese durch andere, dominantere Pflanzen verdrängt werden. Auf einer Weide liegen damit unterschiedlich frequentierte Flächen vor, die sich entsprechend unterschiedlich weiterentwickeln. Wenig gefressene Pflanzen können sich vermehren, während auf kahl gefressene Stellen entweder einjährige Pflanzen oder tritt- und verbissichere Pflanzen einwandern bzw. Unkräuter sich besser ausbreiten können.

Tab. 1. Parameter intensiver und extensiver Weideführung
Quelle ELSÄSSER (2000)

| | intensiv | extensiv |
|-------------------------------------|---|--|
| <u>Definition</u> | | |
| Besatzstärke | hoch (3-4 GV/ha) | gering (<1,4 GV/ha) |
| Düngungsintensität | hoch (max. 210 kg N / ha) | gering, teilw. gar nicht |
| Nutzungsfrequenz bzw. Primärnutzung | häufig (2-3 mal) bzw. früh | gering bzw. spät (nach der Blüte der Gräser, Vogelschutzgebiet nach dem Brüten) |
| Pflege | hoch (Nachmähen, Walzen, Nachsäen) | gering (evtl. Nachmähen) |
| <u>Ziel</u> | bestmögliche Futterverwertung → maximaler tierischer Nutzertrag | Nutzung standörtlich ungünstiger Futterflächen (Grenzertrag) Landschaftserhaltung, -pflege |
| <u>Ansprüche</u> | Geregelte Grundwasser Verhältnisse ausreichende + gleichmäßige Niederschläge ebene, mäßig hängige Flächen arrondierte, hofnahe Lage* | Grenzwertigkeit natürlicher und betriebswirtschaftlicher Parameter |
| <u>Weideformen</u> | geregelter Umtrieb Portionsweide Umtriebsweide Intensive Standweide* | kein geregelter Umtrieb Standweide Hütehaltung Almen* |
| <u>Aussehen der Weiden</u> | sauber + kurz abgefressen | gleichzeitig Auftreten von unter- und überweideten Flächen |

Bei einer hohen Viehbesatzdichte pro nutzbarer Fläche bestehen keine ausreichenden Regenerationszeiten, so dass die Weiden folglich stark an Qualität verlieren. Bei einer niedrigen Besatzdichte hingegen können sich leicht überständige Aufwüchse entwickeln, die nicht mehr abgeweidet werden und damit anderen, bodennahen Pflanzen z.B. den Leguminosen das nötige Licht nehmen. Eine Unterbeweidung entsteht häufig im Frühjahr während des ersten starken Aufwuchs. Das überständige Gras wird auch bei knapper werdendem Futterangebot im Herbst nicht mehr gefressen; es entstehen Weidereste, die sich negativ auf die Qualität der Weide in der nächsten Vegetationsperiode auswirken können. Auf extensiven Weiden wechseln sich somit unter- und überbeweidete Flächen ab.

Die Weidetiere nehmen auch unmittelbar Einfluss auf die Art und Zusammensetzung einer Pflanzengesellschaft einer Weide. Dies erfolgt überwiegend durch Tritt, Verbiss und Defäkation.

- Tritt

Die bodenverdichtende Wirkung der Tritte durch Kühe reicht je nach Bodenbeschaffenheit und Durchfeuchtung bis zu einer Tiefe von 10-15 cm (NITSCHKE und NITSCHKE, 1994). Durch den Tritt wird die Narbendichte gefördert. Außerdem werden auch Samen in den Boden eingetreten und können so leichter keimen. Andererseits werden Pflanzen geschädigt bzw. zertreten. Teilweise ist der Schaden durch Tritt so groß, dass auch hier Kahlstellen entstehen, die durch „Lückenbüßer“ genutzt werden können. Dies führt auch dazu, dass bestimmte Stellen, wie schattige, windfreie Stellen, Unterstehplätze sowie Lieblingsfressstellen und Tränkeplätze so zertreten werden, dass eine Nutzung der Areale langfristig ausscheidet.

- Verbiss

Pflanzen, die ständig kurz (< 5cm) verbissen werden, können sich nicht mehr vermehren, da ihre generativen Organe nicht zur Ausbildung kommen. Außerdem fehlen den Pflanzen damit ihre Reproduktionsreserven. Entsprechend werden niedrigwüchsige, bestockungsfreudige und narbenbildende Gräser sowie bodendeckende Rosettenpflanzen oder

kriechende Leguminosen gefördert (ELSÄSSER, 2000). Zusätzlich können in die frei werdenden Lücken wiederum Problempflanzen (wie z. B. Disteln, Sauerampfer) einwandern.

- Defäkation

70-90 % der Nährstoffe, die durch Beweidung dem Pflanzenbestand entzogen werden, werden durch die Exkremate der Tiere unmittelbar wieder zurückgeführt (ELSÄSSER, 2000). Bei der Defäkation muss man hinsichtlich der Wirkung zwischen dem Urin und dem Kot der Tiere unterscheiden. Der im Urin ausgeschiedene Stickstoff verdunstet teilweise als Ammoniak in die Atmosphäre, während die Nährstoffe größtenteils schnell wieder vom Boden aufgenommen und an die Pflanzen abgegeben werden. Ein größeres Problem sind die Stellen, auf die die Tiere koten; diese Geilstellen werden sehr lange Zeit als Fressstellen gemieden. An den Kotstellen wird nur das Wachstum solcher Pflanzen gefördert, die hohe Nährstoffgaben benötigen oder tolerieren, ansonsten wird das Pflanzenwachstum nachhaltig gehemmt (ELSÄSSER, 2000). Darüber hinaus führt SPATZ (1994) aus, dass Kot- und Fressstellen nicht identisch sind. Denn Kot wird vermehrt an den Stellen abgesetzt, an denen sich die Tiere gerne aufhalten, so z.B. bevorzugte Pflanzengemeinschaften, Liegeplätze, Tränken und Mineralfuttergabestellen. Insgesamt werden den Fressstellen Nährstoffe entzogen, während andere Stellen eine hohe Nitratbelastung aufweisen. Nach KIECHLE (1995) lässt sich aus gesamtökologischer Sicht festhalten, dass eine weitgehend ausgeglichene Nährstoffbilanz dann zu erwarten ist, wenn die Besatzdichte bzw. begleitende Pflegemaßnahmen aufeinander abgestimmt sind. ELSÄSSER (2000) und SPATZ (1994) zeigen deutlich, dass aufgrund von Defäkation, Tritt und Verbiss sich eine extensive Weide sehr heterogen entwickeln kann.

- Stickstoffdüngung

Extensive Weidewirtschaft beinhaltet, dass keine oder nur sehr geringe Mengen Stickstoff gedüngt werden (s. auch Kapitel 2.1.2). Der Verzicht auf Stickstoffdüngung hat zur Folge, dass der Trockenmasseertrag der Weide deutlich sinkt (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987; HOPPE, 1995; ELSÄSSER, 2000). Andererseits muss jedoch nicht zwangsläufig die Qualität der Weide

sinken (ERNST et al., 1996); vielmehr muss das Management so geführt werden, dass wertvolle Pflanzen, wie z.B. der Weißklee, in großer Menge auf der Weide wachsen können (WHITEHEAD, 2000). Dies kann vor allem durch eine hohe Nutzungsfrequenz erreicht werden (s.u. Nutzungsfrequenz). HOPPE (1995) zeigte in einem Versuch, dass bei reduzierter N-Düngung sowohl die Futterwert- wie auch Leistungsparameter der Weide deutlich beeinflusst werden, ohne jedoch Änderungen in der Milchleistung oder Lebendmasse der Kühe zu verursachen. Es wurde nachgewiesen, dass zwar der Ertrag, nicht jedoch die Futterqualität der Weide sinkt. Um Futter in gleicher Qualität zu erhalten änderte sich das Weideverhalten der Tiere. Die je Tag zurückgelegte Wegstrecke nahm deutlich zu (HOPPE, 1995).

- Nutzungsfrequenz

Eine hohe Nutzungsfrequenz der Weide beeinflusst ebenfalls die Weidequalität. Zum einen entwickelt sich Weißklee proportional zur Nutzungshäufigkeit der Weide (MILIMONKA und RICHTER, 1999), da durch die erhöhte Frequenz der Beweidung die Lichtkonkurrenz der Pflanzen untereinander abnimmt. Zum anderen fördert eine hohe Frequenz jüngere Pflanzen, die deutlich energiereicher als überständige sind. Ist eine höhere Nutzungsfrequenz nicht möglich, kann man die Weideleistung steigern, indem man vertikale oder scheinbare Selektion durch die Weidetiere zulässt. Der oberste Teil der Gräser wird jeweils zuerst gefressen. Diese Anteile haben eine höhere Energie- und Nährstoffdichte und sind somit leistungsfördernd. Zielt man jedoch in erster Linie auf eine konstante Energieversorgung ab, muss für gleich hohe Grasschichten von ca. 10-15 cm Höhe gesorgt werden.

- Nährstoffbilanzierung

WHITEHEAD (2000) hat Berechnungen vorgenommen, die eine Gesamtbilanzierung in bezug auf Stickstoff, Mengen- und Spurenelemente im Vergleich von Intensiv- und Extensivweiden erlauben. Diese erfolgt in drei Schritten. Bei der Bilanzierung werden Input (Elemente, die der Weide zugeführt werden) und Output (Elemente, die der Weide entzogen werden) sowie Recycling (Elemente, die auf der Weide selbst wieder aufbereitet werden) gegenüber gestellt.

Der Kreislauf der Nährstoffe auf einer extensiven Weide ist in Abbildung 2 dargestellt. Mengen- und Spurenelemente werden der Weide aus der Atmosphäre und im Fall von Intensivweiden durch Düngung zugeführt. Als Stickstoff-Input zählt die Fixierung des Stickstoffes aus der Atmosphäre, die Ablagerung aus der Atmosphäre sowie wiederum bei Intensivweiden die Düngung und Stickstoff aus Ergänzungsfuttermitteln. Elementverluste entstehen für eine Weide durch den Entzug über die Tiere, durch Umsatz der Nährstoffe in Milch oder Gewichtszunahme. Außerdem gehen der Weide Nährstoffe durch Auswaschung und durch Geilstellen verloren, die durch Kot- und Urin- Verunreinigung nicht mehr bewachsen werden. Stickstoff geht außerdem durch sich verflüchtigendes Ammoniak und (De)Nitrifikation verloren. Große Menge der Nährstoffe sind durch den Weidevorgang in einen Kreislauf eingebunden. Pflanzen nehmen die Nährstoffe aus dem Boden, Teile werden von den Tieren verwertet. Abgestorbene Pflanzen und Wurzeln geben Teile ihrer Nährstoffe wieder an den Boden ab. Weiterhin werden Nährstoffe, die von den Tieren nicht für Milch oder Fleischansatz verstoffwechselt werden, über Kot und Urin dem Boden und den Pflanzen wieder zugeführt.

Die Bilanzen für den Stickstoff bzw. die Mengenelemente sind auf Extensivweiden wesentlich ausgeglichener als auf Intensivweiden (Tab. 2). Die Verluste an Stickstoff sind auf einer Intensivweide in allen Bereichen deutlich höher als auf einer Extensivweide. Dafür sind aufgrund von Düngung und Zusatzfutter die Gewinne an Stickstoff ebenfalls deutlich höher, so dass WHITEHEAD (2000) insgesamt einen Gewinn von 30 kg N / ha / Jahr auf einer Intensivweide und nur einen Gewinn von 10 kg N / ha / Jahr auf einer Extensivweide berechnet.

Die Gewinne / Verluste an Mengen- und Spurenelementen sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tab. 2. Bilanzierung der Mengen- und Spurenelemente
Quelle WHITEHEAD (2000)

| | K | Na | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Co |
|----------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | kg/ha/J | kg/ha/J | kg/ha/J | kg/ha/J | g/ha/J | g/ha/J | g/ha/J | g/ha/J | g/ha/J |
| Intensiv | 6 | -9 | -160 | -41 | 3000 | 17 | 580 | 190 | 6 |
| Extensiv | 0 | 0 | -16 | -1 | 3500 | 100 | 700 | 210 | 4 |

Unterschiede zwischen Intensiv- und Extensivweiden im Input an Mengenelementen ergeben sich nur aufgrund der Kaliumdüngung. Deutliche Unterschiede bestehen jedoch hinsichtlich des Outputs, der auf der Intensivweide deutlich höher liegt. Sowohl der Bedarf für Milch und Fleischansatz, wie auch die Verluste durch Auswaschung in tiefere Bodenschichten liegen bei Intensivkultur deutlich höher. Die Verluste an Weidegras durch Verunreinigung gibt WHITEHEAD (2000) auf der Extensivweide für alle Mengenelemente mit Null an, während sie auf der Intensivweide jedoch durch höhere Besatzdichten erheblich ausfallen.

Die quantitative Verfügung der Spurenelemente nimmt nach Tab. 2 auf jeder Weide unabhängig vom Nutzungstyp zu. Das liegt zum einen an einer hohen Zuführung aus der Atmosphäre und zum anderen an den nur geringen Verlusten durch Verstoffwechslung.

Zusammenfassend bleibt fest zu halten:

- 1) Je nach Art der Weide kann die Extensivierung die Artenvielfalt fördern aber auch Arten völlig zum Verschwinden bringen. Es entwickeln sich somit auf jeder Weide unterschiedliche Vegetationsmuster in Abhängigkeit natürlicher und betrieblicher Strukturen.
- 2) In der Regel sinkt der Energiegehalt einer extensiv bewirtschafteten Weide; trotzdem ist es möglich die Tiere ausreichend zu versorgen, insbesondere bei Mutterkuhhaltung. Das tatsächlich aufgenommene Futter ist wesentlich besser verdaulich als der gesamte Ertrag der Weide, da Tiere stets selektiv fressen. Das Entscheidende einer extensiven Weidewirtschaft ist es, den Tieren sowohl eine horizontale wie auch vertikale Selektion des Futterangebots zu ermöglichen.

- 3) Zusätzlich kann die Qualität der Weide durch entsprechendes Management verbessert werden. Erhöht man die Nutzungsfrequenz der Weide, erreicht man dadurch, dass die Pflanzen jünger sind und einen höheren Energiegehalt haben sowie dass sich wertvollere Pflanzen wie z.B. der Weißklee ausbreiten können.

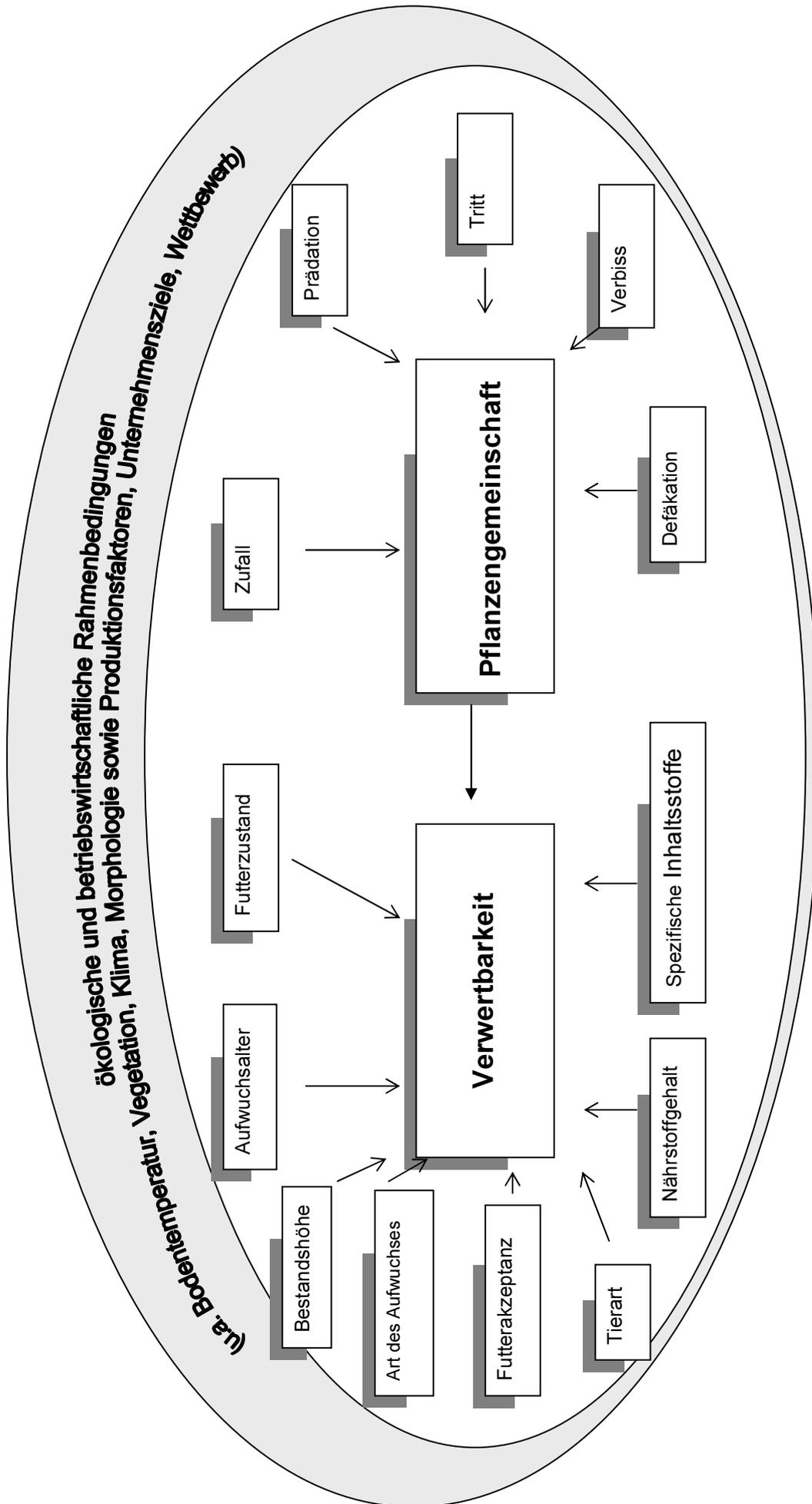


Abb. 1. Parameter mit Einfluss auf die Verwertbarkeit einer Weide (eigene Abbildung)

2.1.2 Weidepflege

Probleme, die durch die Beweidung selbst auftreten, sind Zerstörung der Grasnarbe, Verarmung der Böden ohne Düngung, Auswaschung der Mineralien und Gifte in das Grundwasser. Neben natürlichen und betrieblichen Nutzungsbegrenzungen erfolgen solche auch in zunehmendem Maß durch gesetzliche Regelungen, die dem Schutz des Naturraumes dienen.

- Düngung

Generell führt eine Nutzung von Wiese und Weideland zu einem Nährstoffentzug und erfordert daher die Düngung, um einer Verarmung des Bodens zuvor zu kommen. Intensivweiden erhalten vor allem mit Stickstoff, Kalk, Phosphor und Kalzium bis zu vier verschiedene Dünger.

Stickstoffdüngung erhöht sowohl den Ertrag als auch die Verdaulichkeit des Grases. Dabei hängt die Effizienz der Düngung stark vom Versorgungsgrad des Bodens, dem Mineralstoffgehalt in den Grünlandaufwüchsen und dem Nährstoffentzug durch die Nutzung ab (Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, 2003 (LVL)). Für eine genaue Dosierung müssen zusätzlich die Stickstofffreisetzung auf Niedermoor, die Stickstoffbindung der Leguminosen im Bestand und die Exkremate der weidenden Tiere berücksichtigt werden (LVL). Die Stickstoffmengen, die über die Exkremate der Tiere wieder dem Boden zugeführt werden, berechnen sich aus der Besatzstärke, der Anzahl der Weidetage, der täglichen Aufenthaltsdauer der Tiere auf der Weide, der leistungs-, rations- und futterabhängigen Stickstoffausscheidung der Tiere und der weideverfahrensabhängigen Wirksamkeit des ausgeschiedenen Stickstoffes im Vergleich zum Mineraldünger (LVL), s. Abb. 2.

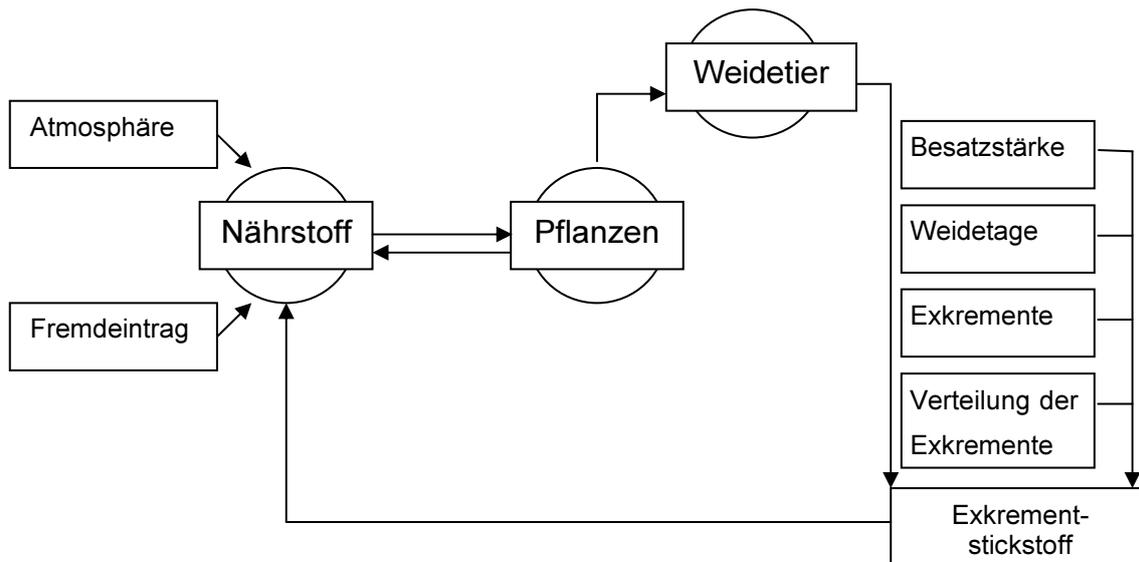


Abb. 2. Kreislaufsystem der Nährstoffe auf einer extensiven Weide (eigene Abbildung, Quellen: WHITEHEAD (2000) und MÄNNER o.J.)

Der Beitrag von Exkrementstickstoff an den Nährstoffen im Boden ist erheblich, er berechnet sich bei Weidenutzung durch Milchkühe auf 27 kg N / GV / ha / Jahr, während bei Mutterkuhhaltung nur gut die Hälfte davon (14 kg N / GV / ha / Jahr) anfällt (WEISSBACH, 1992 zitiert nach LVL, 2003). Einfluss auf den Stickstoffgehalt, der der Weide über die Exkrememente zugeführt wird, haben die Besatzstärke, die Weidetage, die Exkrememente und somit die Fütterung der Tiere und deren Verteilung über die Weide. Weiterer Stickstoffeintrag erfolgt über die Atmosphäre bzw. durch Fremdeintrag (Düngung, Gewässer).

Leguminosen haben eine besondere Stickstoffbindungskapazität. Für jedes Prozent Ertragsanteil Leguminosen am Grünlandaufwuchs müssen 3-4 kg Stickstoff gerechnet werden. Das Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft gibt als Richtwerte 20 bis 50 kg N / ha / Jahr in Leguminosen an. In Abb. 3 wird der Kreislauf des Stickstoffs auf einer Weide dargestellt. Je höher der Leguminosen-Anteil an der Weide ist, desto höher ist wiederum der Stickstoffgehalt der über die Exkrememente an den Boden abgegeben wird und somit wiederum den Pflanzen zur Verfügung steht.

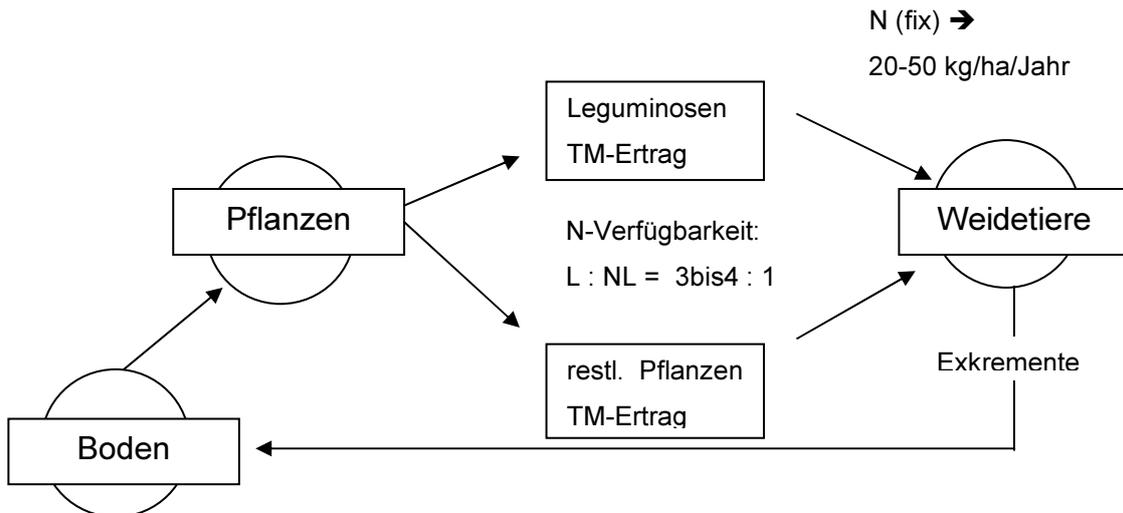


Abb. 3. Einfluss der Leguminosen auf den N-Gehalt des Bodens (eigene Abbildung, Quellen: WHITEHEAD (2000) und MÄNNER o.J.)
 Legende: L Leguminosen, NL Nicht-Leguminosen

Bei intensiver Nutzung dürfen insgesamt 210 kg N/ha, im ökologischen Landbau nur 170 kg N/ha tierischer Herkunft ausgebracht werden. Allerdings verlangt eine hohe Stickstoffmenge vollständige Absorption durch die Vegetation, damit durch Auswaschung kein Eintrag in das Grundwasser erfolgt. Am günstigsten erfolgt die Düngung bei einem Boden-pH-Wert von 6-8, da die Pflanzen den Stickstoff am besten binden können (LVL). Unterbleibt eine Düngung mit Stickstoff, so sinken der Weideertrag einer Weide und darüber hinaus auch die Verdaulichkeit des Grases. Der Rohfasergehalt steigt an und somit nimmt der Energiegehalt der Weide ab.

Auf extensiven Weiden ist das Ausbringen von anorganischem Stickstoff nicht erlaubt, insbesondere in Naturschutzgebieten darf nur über die Exkrememente der weidenden Tiere gedüngt werden (s. Abb. 2). Die Qualität der Weide kann jedoch durch verschiedene andere Faktoren verbessert werden. Eine häufige Nutzung durch regelmäßige Umtriebe erhöht die Verdaulichkeit, da das Futter nicht überständig wird. Durch die extensive Nutzung mit geringer Besatzdichte erhöht sich die Artenvielfalt, und die Weide wird somit nährstoffreicher. Zusätzlich kann der Abnahme der Qualität einer Weide dadurch entgegen gewirkt werden, dass man die Zunahme von Klee und wertvollen Kräutern fördert. So sollte eine Weide immer erst nach der Blüte des Klees genutzt werden. Für einen Extensivierungsprozess selbst sind mehrere Jahre anzusetzen, damit sich das Weideland mit seiner artenmäßigen

Zusammensetzung der neuen Nutzung und dem abnehmenden Stickstoffspiegel des Bodens anpassen kann.

Die **Kaliumdüngung** sollte erst nach vorhergehenden Bodenproben erfolgen. Dabei ist eine Untersuchung alle sechs Jahre vorgesehen, auf Extensivgrünland alle neun Jahre. Niedermoore sollten jährlich gedüngt werden, da sie keine Speicherfähigkeit haben (LVL). Die Kapazität der unterschiedlichen Bodenarten für Kalium variiert sehr stark. Insbesondere Niedermoorböden haben ein nur schwaches Aufnahmevermögen für Kalium. Wird kein Kalium substituiert, sinken die Kaliumgehalte der Pflanzen schnell von 1,8 - 2,2 % (bezogen auf die Pflanzenmasse) auf unter 1 %. Dadurch werden hochwertige Pflanzen wie Wiesenschwengel und Wiesenlieschengras verdrängt. Ist zu wenig Kalium im Boden vorhanden, gelangt der durch Mineralisierung freiwerdende Stickstoff in die Atmosphäre oder als Nitrat in das Grundwasser. Daher ist eine Düngung allein mit Stickstoff, aber ohne Kalium nicht empfehlenswert (GOLZE u.a., 1997).

Auch eine **Phosphordüngung** sollte erst auf der Basis von Bodenanalysen erfolgen. Sowohl bei der Kalium- wie auch bei der Phosphordüngung sind Düngemittel mit Spurenelementen zu bevorzugen (LVL).

Eine **Kalkdüngung** ist auf Brandenburgs Nieder- und Anmooren nicht erforderlich. Auf sandigen Mineralböden sollte man einen pH-Wert von 5,1-5,8 sichern. Jährliche Kalkgaben sollten 10 dt CaO / ha nicht überschreiten (LVL). Auf vielen Standorten ist jedoch das Ausbringen sowohl von Mineraldünger als auch von Kalk aus Gründen des Naturschutzes verboten. Kalk ist ein wichtiger Bestandteil im Boden. Er hält den pH-Wert zwischen 6 und 8 und formt die Harnsäure und die löslichen Stickstoffverbindungen in Kalksalpeter um. Diese Form ist für die Pflanzen verfügbar. Mengenelemente wie Kalium, Natrium, Magnesium und Phosphor, aber auch Gifte werden dadurch nicht mehr in das Grundwasser ausgeschwemmt. Wichtige Weidepflanzen bleiben damit erhalten. Weiterhin führt Kalkdüngung zu einer Festigung der Bodenstruktur. Diese führt zu einer verbesserten Sauerstoffversorgung, die wiederum für eine optimale Bakterientätigkeit notwendig ist (GOLZE u.a., 1997).

Kalkmangel in Verbindung mit Stickstoff stellt ein besonderes Problem für den Boden dar. Ein physiologisch basischer Boden wird durch versickernden „Sauren Regen“ sauer. Dieser Vorgang wird durch den Entzug von Kalk aus dem Boden durch die Pflanzen noch verstärkt. Der pH-Wert sinkt von 6-8 bis teilweise unter 5 (GOLZE u.a., 1997). Vereinfacht lässt sich dieser Prozess damit erklären, dass im Boden durch Mikroorganismen organische Stoffe abgebaut werden; dabei wird Stickstoff frei, der durch Nitrifikation Salpetersäure freisetzt. Salpetersäure und tiefer pH-Werte im Boden bewirken in Kombination mit zunehmendem Kalkmangel ein systematisches Absterben der Pflanzenwurzeln. Folglich wird Salpetersäure nicht mehr gebunden und gemeinsam mit Bodenmineralien unter anderem in das Grund- in das Oberflächenwasser ausgeschwemmt. Vergilbte Harnstellen sind ein deutlicher Indikator für das Versauern der Weide (GOLZE u.a., 1997).

An der Entstehung des sauren Regens ist nicht nur die Industrie, sondern auch die Landwirtschaft, insbesondere die Rinderhaltung beteiligt. Ammoniak, das aus den Exkrementen der Tiere entweicht, führt in Form des Ammoniums zur Versauerung der Böden (POTTHAST, 1993). Eine Reduktion der Ammoniak-Emissionen gelingt nur durch eine Reduktion der Anzahl der Tiere oder/ und durch eine strikte Kontrolle der Versorgung der Tiere mit Rohprotein (Stickstoff). Ersteres ist aufgrund der Marktnachfrage nach Fleisch nicht umsetzbar, letzteres kann die Emission reduzieren. Denn eine bedarfsüberschreitende Rohproteinzufuhr ist mit entsprechend hoher N-Ausscheidung verbunden und begünstigt eine Erhöhung der Ammoniakfreisetzung (POTTHAST, 1993).

- Weidepflege

Schleppen und **Walzen** bringen wichtige Vorteile für die Weidenutzung. So können beispielsweise Trittschäden beseitigt und der Bodenschluss, der z.B. durch Frost aufgebrochen sein kann, wieder hergestellt werden. Dadurch wird die Tragfähigkeit des Bodens und die Dichte der Narbe länger erhalten. HAMPEL (1994) hingegen lehnt ein Schleppen der Weide ab, da hiermit der Kot verteilt, die Geilstellen vergrößert und somit immer größere Flächen der Weide unbrauchbar gemacht werden. An den Geilstellen selbst beginnt häufig außerdem eine sehr rasch um sich greifende Verunkrautung. HAMPEL (1994)

empfiehlt daher ein Abschleppen nur bei einer größeren Anzahl von Maulwurfshügeln. Unter der Bedingung, Ampfer, Distel, die große Brennnessel und Rasenschmiele sowie schnellwachsende Obergräser am Aussamen zu hindern, sollte die Weide möglichst nach Weideabtrieb bzw. bei einer Grashöhe oberhalb 6 cm **nachgemäht** werden (HAMPEL, 1994).

Naturschutzgerechtes Beweiden bedeutet vor allem eine **geringe Besatzdichte**. Anstelle von mit 5-6 Großvieheinheiten (GV) pro Hektar bei einer intensiven Bewirtschaftung sind dann nur 1,4 GV pro Hektar angemessen (GOLZE u.a., 1997; HAMPEL, 1994). Durch Beweiden bei geringer Besatzdichte nimmt die Artenvielfalt der Pflanzen auf den Wiesen zu (BOTTENSCHØN, 1991), denn durch die Unregelmäßigkeit des Verbisses entstehen für die Pflanzen ideale Bedingungen für Licht und Deckung (GOLZE u.a., 1997). Andererseits können bei zu geringer Besatzdichte oder ausbleibender Nachmahd Unkräuter wie vor allem Disteln so dominant werden, dass die Weideerträge deutlich zurückgehen.

Trittschäden auf den Weiden sind vor allem im Winter gravierend. Daher sollten die Tiere auf höher gelegene Weiden oder auf Weiden mit Kiesuntergrund getrieben werden. Durch Eggen, Ausbringen von Stickstoff und in Ausnahmefällen durch Nachmähen sind die Winterweiden im Frühling wieder nutzbar. Staunässen sollten durch Drainage oder Regulierung von Wasserläufen vermieden werden, denn abgesehen vom Vordringen minderwertiger Gräser wie Seggen und Binsen wird außerdem das Wachstum der Pflanzen gehemmt. Folglich müssen je nach Menge der Niederschläge die Rinder alle 4 Wochen umgetrieben werden (HAMPEL, 1994), um eine Verdichtung des Bodens zu vermeiden und ein gleichmäßiges Abweiden zu erreichen.

Um die oben genannten Probleme einzuschränken, bringt eine **kombinierte Weideform** (die Weide wird von mehreren Tierarten gleichzeitig bzw. abwechselnd beweidet) viele Vorteile. Jede Tierart nutzt und schadet der Weide unterschiedlich durch Tritt, Verbiss, Futterselektion, Futterspektrum und Absetzen von Harn und Kot. Durch die Kombination mehrerer Tierarten

ergänzen sie sich in ihrer Wirkung auf die Pflanzen. Die eine Tierart beweidet die Geilstellen der anderen Tierart und beseitigt sie somit, wodurch auch der Infektionsdruck der Parasiten deutlich verringert wird. Gleichzeitig wird die Artenvielfalt durch das unterschiedliche Futterspektrum erhalten und gestärkt. Grasnarbe und Futtermittelverwertung werden darüber hinaus verbessert. Eine Weidekombination von Rindern und Pferden bietet sich besonders an, da Rinder weit weniger stark selektieren als Pferde; auch ist ihr Verbiss nicht so tief. Das Prinzip der gemeinsamen Weide ist bereits seit 1777 durch PRIZELIUS in der Literatur dokumentiert, der pro Mutterstute 3 Rinder empfiehlt (GOLZE u.a., 1997 nach PRIZELIUS, 1777). Andere Quellen belegen für England einen Quotienten von 10 Kühen pro 1 Pferd (GOLZE u.a., 1997 nach OETTINGEN, 1921), während nach KLAPP (1954) 1/10 bis 1/5 des Lebensgewichts des Pferdeanteils am Gesamtverhältnis Kuh/Pferd nicht überschritten werden soll. VON GRONE und ZÜRN halten Anteilswerte von 15-30 % Pferde und 70-85 % Rinder für richtig, während JOHANNSON 3-4 Rinder auf 1 Fohlen angibt (GOLZE u.a., 1997 nach VON GRONE und ZÜRN, 1957 und nach JOHANNSON, 1959). Auch das Nachweiden von Rinderweiden mit Pferden ist von Nutzen. Es verlängert die Weidesaison und spart die Nachmahd. So können auch Weiden in Naturschutzgebieten oder in steilen Berglagen noch nachgeweidet werden.

LUICK (1999) empfiehlt folgendes **Weidemanagement**, wenn durch gesetzliche Auflagen Umtreiben und Mähen als einzige Pflegemaßnahmen erlaubt sind: Die Weide wird gedrittelt. Zwei Drittel werden im April und Mai schnell durchweidet, während das letzte Drittel ganzjährig großflächig nur als Weide genutzt wird. Das erste Drittel der Fläche wird nach der Frühjahrsvorweide ab Juli geheut, auf dem zweiten Drittel der Fläche wird zweimal jährlich Raufutter gewonnen – einmal ab Juni und dann ab August, auf besonders produktiven Flächen kann ebenfalls eine Frühjahrsvorweide erfolgen. Von September bis November werden alle Flächen noch einmal als herbstliche Nachweide durchweidet. Von November bis April steht den Tieren eine weitere (kiesreiche) Fläche zur Überwinterung zur Verfügung, wobei zusätzlich Heu und Zusatzfutter angeboten werden.

2.1.3 Für Extensivhaltung geeignete Rassen

Betriebswirtschaftlich gesehen sind die Leistungsanforderungen für die Mutterkuhhaltung jährlich ein Kalb und genügend Milch bis zum Absetzen (BAUER, STEINWENDER und STODULKA, 1997).

- Zur Synchronisierung des leistungsgerechten Nährstoff- und Energiebedarfs mit dem natürlichen Weideaufwuchs bzw. dem betrieblichen Arbeitsaufwand spielt die **Fruchtbarkeit** und damit eine Zwischenkalbezeit von maximal 365 Tagen eine entscheidende Rolle. Diese Synchronisierung erlaubt eine zeitliche Einengung und jahreszeitliche Fixierung der Deck- und Kalbeperiode zusammen mit einer optimierten Nutzung der Weide.

- Da in der Robusthaltung eine Abkalbung ohne menschliche Hilfe wichtig ist, ist eine **Leichtkalbigkeit** der eingesetzten Rasse ökonomisch von besonderer Bedeutung. Wie BAUER, STEINWENDER und STODULKA (1997) ausführen, wirkt sich eine Leichtkalbigkeit auch positiv auf den Aufzuchterfolg und die nachfolgende Fruchtbarkeit der Mutterkuh aus. Kälber aus leichten Geburten sind nach diesen Autoren auch vitaler und besitzen ein geringeres Aufzuchtrisiko. Umgekehrt steigt das Risiko mit dem Geburtsgewicht, dem Geschlecht, der Kopfform und Gelenkstärke der Kälber, aber auch mit dem Alter, dem Becken- und Körpermaße der Mutterkühe. Reiht man die verschiedenen Fleischrassen nach der Schwierigkeit beim Kalben, so ergibt sich folgende Stufung: Charolais, Fleckvieh, Limousin, Angus und Hereford.

- Bezogen auf die unterschiedlichen natürlichen und betrieblichen Anforderungen einer Extensivhaltung bestehen erhebliche Unterschiede in der **Eignung der Rassen** für eine **ganzjährige Freilandhaltung**. Da Fruchtbarkeit und Fleischproduktion bei einer Extensivhaltung betrieblich im Vordergrund stehen, scheiden Milch- und Zweinutzungsrasen wegen einer deutlich längeren Säugeperiode gegenüber Fleischrassekühen aus. Mutterkühe geben zwar weniger Milch als Milchkühe, sind aber für eine Extensivhaltung besser geeignet, da sie die Kälber früher abstoßen und sich damit dem jahreszeitlichen Rhythmus des Weideaufwuchses im Hinblick auf den Energie- und Nährstoffbedarf besser anpassen können.

- Von Extensivrassen werden gute **Mutterkuheigenschaften** verlangt. Eine enge soziale Bindung zwischen Kuh und Kalb sichert dem Kalb die Kolostralmilch und die für die Aufzucht erforderliche Milchmenge. Damit werden auch Eigenschaften trainiert, die für die gesamte Herdenaufzucht und -hygiene wichtig sind.

- Menge und Persistenz der **Milchleistung** der Mutterkühe sind für die Aufzucht und Gewichtsentwicklung der Kälber wesentlich. Nach BAUER, STEINWENDER und STODULKA (1997) bieten einheimische Zweinutzungsrasen am sichersten die notwendige Milchleistung über den gesamten Zeitraum des Säugens. Kreuzungskühe mit Fleischrassen haben eine geringere Milchleistung.

- **Frühreife und Langlebigkeit** sind weitere wesentliche Anforderungen an Extensivrassen. Frühreife bringt den Vorteil, dass die Kühe nicht zu schwer werden, der Erhaltungsbedarf entsprechend niedrig bleibt und insgesamt die Eingliederung in den Jahresrhythmus der Herde erleichtert. Fleischrassen sind frühreifer als Milchrassen, wobei jedoch mit der Fütterungsqualität die Frühreife beeinflusst werden kann. Die Forderung nach Langlebigkeit ist wirtschaftlich bedeutsam, da mindestens 5 Kalbungen erreicht werden sollten.

- Sehr wichtig ist eine gute **Mastleistung**, um möglichst schwere Absetzer im Herbst zu verkaufen. Kälber von Kühen mit sehr guter Mastleistung sollten zur Bestandsergänzung in der Herde verbleiben. Eine Zusammenstellung der mittleren täglichen Zunahmen der Kälber bzgl. der für die Untersuchung relevanten Tierrassen findet sich bei HAMPEL (1995) und GOLZE et al. (1997).

Tab. 3. tägliche Gewichtszunahmen der Kälber
Quelle Hampel (1995) und Golze et al. (1997)

| | Bullenkälber | Kuhkälber |
|-----------|--------------|-------------|
| Charolais | 1150-1300 g | 1000-1100 g |
| Pinzgauer | bis 1200 g | bis 1000 g |
| Salers | 900-1100 g | |

- Weitere notwendige Eigenschaften für Mutterkühe sind straffe **Euter**, die das Säugen erleichtern und geringere Verschmutzungen und Infektionen nach sich ziehen. Diese Erbanlage ist ebenso wichtig wie die einer guten Bemuskelung, die sich dann in der Mastleistung der Kälber bemerkbar macht.

- Mutterkühe müssen von guter **Gesundheit** und Robustheit sein. Wichtig ist ein korrektes Fundament mit harten und festen Klauen (GOLZE et al., 1997).

- Entscheidend ist auch die **Gutartigkeit** der Mutterkühe. Da die Betreuung der Tiere in der Mutterkuhhaltung relativ arbeitsextensiv erfolgt, können die Tiere gegenüber den Menschen sehr scheu werden. Dadurch wird die Betreuung der Kühe schwierig und das Unfallrisiko für Menschen und Tiere steigt. Um Stress und Verletzungen während des Umtreibens der Rinder oder deren Fixierung bei tierärztlichen Maßnahmen zu vermeiden, muss eine Mutterkuhherde aus ruhigen, friedlichen Tieren aufgebaut werden (KLARER, 2003).

- Rasseunterschiede lassen sich im wesentlichen durch ihre **Größe** bestimmen. Auch wenn SWALVE (1993) am Beispiel australischer Untersuchungen feststellt, dass größere Mutterkühe eine höhere Milchleistung bringen und damit die Kälber rascher Gewicht zunehmen bei einem ähnlichen hohen Futtermittelverbrauch wie bei einer kleineren Kuh, sind die natürlichen Voraussetzungen und Leistungen der Rassen deutlich unterschiedlich (siehe BAUER, STEINWENDER und STODULKA, 1997).

- Großrahmige Tiere benötigen beste Weidestandorte, Hanglagen sind nicht geeignet. Die Kälber besitzen hohe Tageszunahmen und sind aufgrund der guten Bemuskelung gut für die Ausmast und Ausschächtung geeignet. Intensivrassen wie Charolais, Blonde d'Aquitaine, Fleck- und Gelbvieh gehören hierzu.

- Mittelrahmige Rassen haben weit geringere Ansprüche an eine Weide und die Futtergrundlage. Absetzer sind besonders für die Ausmast oder Babybeef geeignet. Zu diesen Rassen zählen Limousin, Angus, Pinzgauer, Grauvieh oder Salers.

- Kleinrahmige Rassen haben geringe Ansprüche an Weide und Fütterung im Winter, an Stallgebäude und Betreuung. Durch ihr leichteres Gewicht verursachen sie geringere Schäden an den Grasnarben und sind auch für Hänge geeignet. Andererseits sind die Mast- und Schlachtleistung gering einzustufen. Ökonomisch ist die Haltung dieser Rassen nur angezeigt, wenn extensive Weiden genutzt werden müssen und die Fleischpreise bzw. Subventionen hoch sind. Zu diesen Rassen gehören die Hochlandrinder, Galloway und Luig.

Tab. 4. Voraussetzungen und Eigenschaften von Mutterkühen nach Rassen differenziert
Quelle: BMLF, Beratungsschrift "Mutterkuhhaltung", 1990. Wien

| Rassen | | Früh- reife | Leicht- kalbig- keit | Milch- leistung | Mast- leistung | Aus- schlach- -tung | Fleisch- anteil | Fein- fasrig- keit |
|-------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| Groß- rahmig | Charolais | ∅ | - | ∅ | ++ | ++ | ++ | - |
| | Blonde d'Aquitaine | ∅ | ∅ | ∅ | ++ | ++ | ++ | - |
| | Fleckvieh Gelbvieh | + | ∅ | ++ | + | + | + | ∅ |
| | Pinzgauer | + | ∅ | ++ | + | + | + | ∅ |
| Mittel- rahmig | Deutsch Angus | + | + | + | + | + | ++ | ++ |
| | Limousin | + | + | ∅ | + | ++ | ++ | + |
| | Aberdeen Angus | ++ | ++ | ∅ | ∅ | + | + | ++ |
| Klein- rahmig | Galloway | ∅ | ++ | ∅ | - | ∅ | ∅ | ++ |
| | Highland | - | ++ | - | - | - | - | ++ |
| ++ sehr gut | | + | gut | ∅ durchschnittlich | | | - niedrig | |

Klassifiziert man die obigen Voraussetzungen für eine Mutterkuhhaltung von Frühreife, Leichtkalbigkeit, Milchleistung, Mastleistung, Ausschachtung, Fleischanteil und Feinfasrigkeit des Fleisches mit der Größe und damit den Futteransprüchen der Tiere ergeben sich nach einer Zusammenstellung des

Österreichischen Bundesministeriums für Landwirtschaft und Forsten folgende Eignungen. Je nach den natürlichen Bedingungen einer extensiven Weide eignen sich danach besonders solche Rassen, die den Anforderungen der saisonalen Veränderungen des natürlichen Weideaufwuchses standhalten und dabei gute bis sehr gute Leistungen bringen.

Die nachfolgende Abbildung 4 gibt eine Klassifikation der Rassen von extensiv bis intensiv sowie hinsichtlich Aufstallungserfordernissen an (GOLZE et al., 1997). Diese Klassifikation deckt sich im Wesentlichen mit der obigen nach der Größe der Tiere.

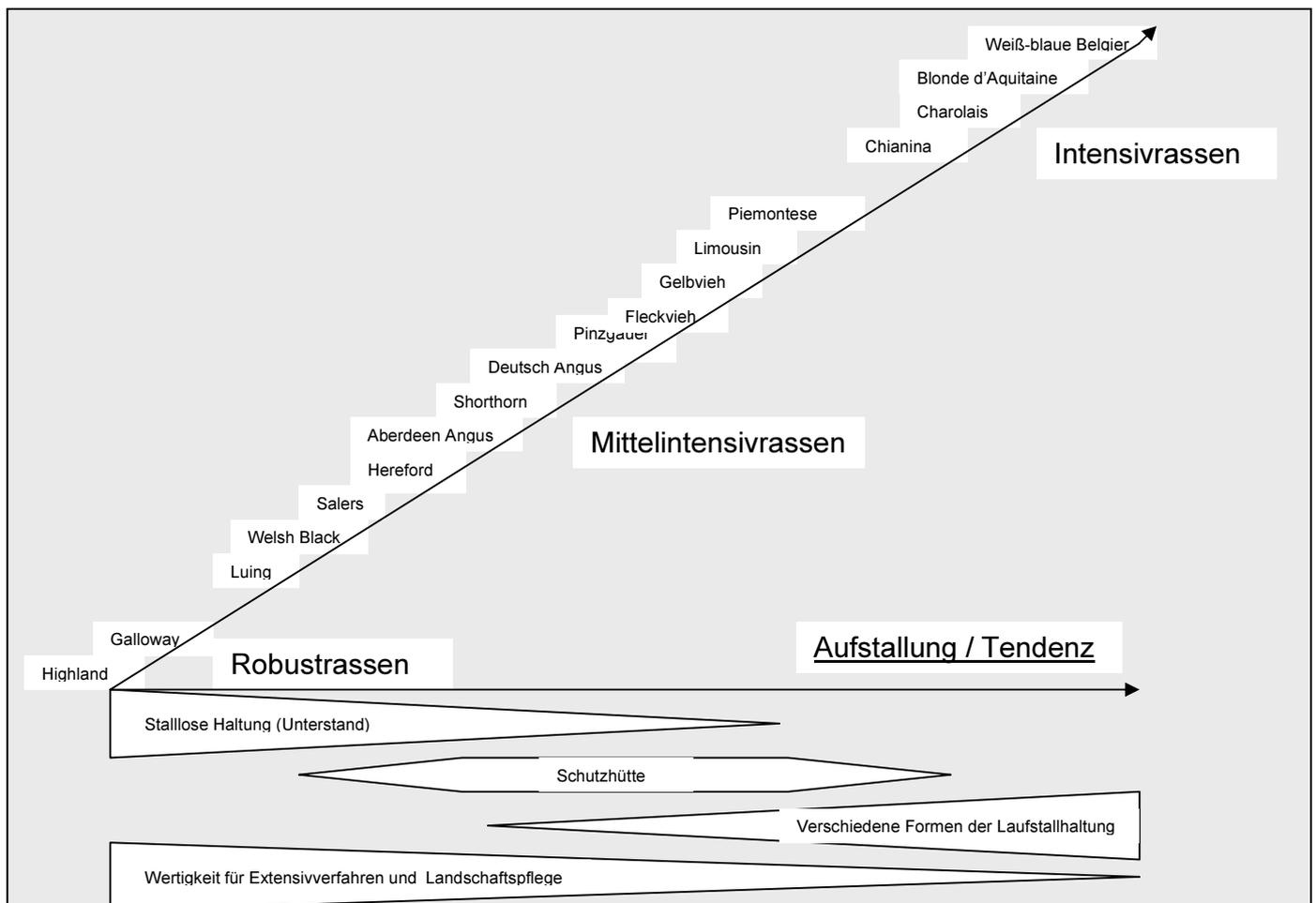


Abb. 4. Eignung und Einteilung verschiedener Fleischrinderrassen für extensive Weideverfahren und Haltungsbedingungen
Quelle modifiziert nach GOLZE u.a. (1997)

2.1.4 Vergleich einer extensiven Freiland- und Winterstallhaltung

Vergleiche zwischen ganzjähriger Freilandhaltung und Winterstallhaltung von Mutterkühen konzentrieren sich im wesentlichen auf betriebswirtschaftliche, betrieblich-organisatorische, tierspezifische, vegetationspezifische und standortspezifische Aspekte. Viele Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine Winterstallhaltung gegenüber der ganzjährigen Freilandhaltung nicht zwingend Vorteile bringt. Vielmehr zeigen Erfahrungen in der Robusthaltung, dass zahlreiche Nachteile, die mit der Stallhaltung verbunden sind, ausgeglichen werden können. So wird zum Beispiel für die Mittelbreiten festgestellt, dass bei geeigneter Wahl der Robustrassen sogar Vorteile in der Tierhygiene, der Fleischqualität, Fruchtbarkeit und Leichtkalbigkeit bestehen.

Der ökonomische Vorteil der Freilandhaltung liegt insbesondere in der Einsparung der Gebäudekosten, die nach KÜFNER (1996) je nach Stallhaltung und Herdengröße zwischen € 3.150 und € 2.371 pro Tier für kleine Herden (20 Mutterkühe) und zwischen € 2.004 und € 1.503 pro Tier für große Herden (100 Mutterkühe) betragen. Die insgesamt hohen Investitionen pro Tier sind deshalb wirtschaftlich problematisch, weil bei den meisten Betrieben die Stallungen bis zu einem halben Jahr leer stehen. KÜFNER (1996) berichtet bei ihren Untersuchungen von wenigen Versuchen, den Leerstand mit Mastschweinen oder mit Pferdeboxen während der Decksaison zu kompensieren. Nicht berücksichtigt sind bei den oben genannten Preisangaben weitere Investitionskosten, die für Raufutter, Einstreu, Mist- und Schätzungen bzw. für Gerätschaften und Maschinen hinzukommen.

Ganzjährige Freilandhaltung bedeutet aber nicht, dass gar keine Investitionen für Gebäude anfallen. Nach GRAUVOGL (1992) sind gegen Witterungseinflüsse mindestens Unterstände für die Tiere sowie Überdachungen der Futterplätze und ganzjährig verfügbare Tränken erforderlich. WALLBAUM (1996) stellte bei einem Vergleich zwischen fleischbetonten Mutterkühen und Robustrassen fest, dass beide mit einer Häufigkeit von 26% Witterungsschutzeinrichtungen aufsuchten. Beide Gruppen verhielten sich auch bei schlechter werdender Witterung insofern gleich, als sie dann häufiger Unterstände aufsuchten. Im Ergebnis folgert WALLBAUM (1996),

dass weniger Gebäude als vielmehr trockene, eingestreute, windgeschützte Liegeflächen erforderlich sind.

Die Stallgebäudekosten reduzieren sich um ca. 11%, wenn offene Ställe gebaut werden (ca. 65,5% der von KÜFNER untersuchten Stallhaltungen waren bereits Kaltstallsysteme); solche offenen Ställe – in allen Stallarten wie Tieflauf-, Tretmist- und Liegestall möglich – verbinden Vorteile einer ganzjährigen Freilandhaltung mit denen einer Winterstallhaltung, ohne zu sehr von den jeweiligen Nachteilen betroffen zu sein. Für eine offene Liegehalle mit außen liegendem, jedoch überdachtem Futtertisch und offenem Laufhof errechnen sich die niedrigsten Gesamtkosten pro Mutterkuh (KÜFNER, 1996). Selbst die Kosten für eine offene Liegehalle können zur Disposition stehen, wenn ein trockener, eingestreuter Liegebereich incl. einem separaten Kälber- und Abkalbbereich zur Verfügung gestellt wird. Untersuchungen zwischen fleischbetonten Mutterkühen (z.B. Salers, Gelbvieh, Deutsch Angus) und Robustrassen (z.B. Galloway, Highland) haben ergeben, dass selbst in deutschen Mittelgebirgsregionen die Klimateinwirkungen nicht so gravieren sind, dass deshalb ausschließlich auf Robustrassen zurückgegriffen werden müsste. Zwischen den verschiedenen Stallhaltungssystemen bestehen erhebliche arbeitstechnische Unterschiede, die fast bis zu 50% Arbeitsmehraufwand ohne Berücksichtigung der besonders arbeitsintensiven Abkalbephase betragen können. Wird dieser näher betrachtet, ergeben sich nach KÜFNER (1996) z.B. für die Anbindehaltung pro Kuh 14,6 Arbeitskraftstunden (Akh) Mehraufwand, für den Einraumlaufstall mit Einstreu 1,2 Akh und den Liegeboxenlaufstall 2,5 Akh. Für die ganzjährige Freilandhaltung sind für die Abkalbepériode immerhin 5,3 Akh zusätzlich erforderlich.

Die ökonomischen Vorteile der Freilandhaltung liegen neben den geringeren Gebäudekosten in den niedrigeren Maschinenkosten, der höheren Arbeitsproduktivität und niedrigeren Futterkosten, da insgesamt weniger Futtertage anfallen (nach WALLBAUM, 1996). Allerdings ist nach KUBISCH (1991) der Futterbedarf pro Tier erhöht, da ca. 15% mehr Energie zur Aufrechterhaltung der Körperwärme benötigt wird. Die Vorteile einer Winterstallhaltung sind nach BROADBENT et al. (1983) eine tierindividuelle,

bedarfsgerechtere Fütterung bei geringeren Futtermittelnverlusten und Fütterungsfehlern. BALLIET (1993) entkräftet diese Feststellung dadurch, dass vergleichbare Situationen auch in der Freilandhaltung organisierbar sind. Wenn z.B. mehrere Winterweideflächen eingeteilt werden können, ist auch eine Aufteilung der Herde in einzelne Leistungsgruppen mit jeweils bedarfsangepasster Versorgung möglich.

Wirkliche Nachteile durch Winteraußenhaltung entstehen dann, wenn die Abkalbung zeitlich gesehen im Jahr so erfolgt, dass das Weidefutter nur schlecht ausgenutzt werden kann. Geringes Absatzgewicht und -alter sind die Folge. STREIT (1990) ermittelte für Milchvieh eine perinatale Verlustrate von 5,75%, jedoch bei Abkalbung auf der Weide eine von 8,3%. MARSCHANG (1991) widerspricht dieser Interpretation, wenn er ausführt, dass auf der Weide die problemloseste Geburt, früh soziale Kontakte der Kälber zur Herde und eine besserer Hygienestatus als in jeder Stallform gegeben sind. KÜFNER (1996) errechnete eine für alle Stallarten durchschnittliche Kälberverlustrate von 7,3%. Die Höhe der Verluste korreliert negativ mit der Erfahrung der Betriebsleiter im Umgang mit Mutterkühen. Es zeigte sich, dass die Verlustrate um so geringer ausfällt je größer die Erfahrungen sind.

Nach WALLBAUM (1996) sind für eine ganzjährige Freilandhaltung Robustrassen nicht zwingend erforderlich. Die Kältetoleranz ist auch bei fleischbetonten Mutterkühen ausreichend. Die Rasseauswahl sollte vielmehr durch die Ertragskraft des Standortes und wirtschaftliche Entscheidungen der Vermarktung bestimmt sein. Wenn aufgrund der Standortbedingungen (Energie- und Nährstoffgehalte) Robustrassen erforderlich sind, dann sind klein- und mittelrahmige Rassen vorzuziehen, die zwar weniger Fleischertrag, aber mitunter höhere Kilopreise auf dem Markt erzielen können.

Besonders nachteilig sind Grünland-, Gewässer- und Bodenschäden bei ganzjähriger Freilandhaltung (DEBLITZ et al., 1992). Insbesondere an Tränken, Futtereinrichtungen und Liegeplätzen entstehen erhöhte Trittschäden und Nährstoffanreicherungen durch Exkrementbelastungen, die hochwertige Flora

vernichten und z.T. minderwertige Flora entstehen lassen. Auch die Belastungen von Luft und Wasser sind erheblich.

Nach KÜFNER (1996) und WALLMANN (1996) ergeben sich bei einer ganzjährigen Freilandhaltung weder betriebswirtschaftliche noch produktionsmäßige Nachteile, sofern Erfahrungen aus der Stallhaltung sinnvoll übertragen werden. Dies sind vor allem, dass nur gesunde und kälteresistente Tiere ausgewählt und trockene windgeschützte Liegeplätze zur Verfügung gestellt werden sowie eine leistungsgemäße Fütterung z.B. auf getrennten Winterweiden erfolgt. An den überdachten Futterplätzen sollte jedem Tier ein Einzelfressstand geboten werden. Die Abkalbperiode sollte so organisiert sein, dass der Zeitraum auf drei Monate begrenzt und mit den übrigen Arbeiten so abgestimmt wird, dass keine weiteren Arbeitsspitzen hinzukommen. Außerdem sollten die einzelnen Leistungsstadien mit der Verfügbarkeit des Grünfutters übereinstimmen. Somit liegen die Vorteile der Freilandhaltung vor allem in der Tierhygiene und der besseren Fleischqualität.

Klimatische Aspekte sind für die ganzjährige Freilandhaltung weniger problematisch als Witterungsaspekte. Diese Feststellung trifft eher für die Futterstellen als für die Tiere zu. Schutzhütten oder Waldareale bieten hinreichend Schutz für Schatten, Wind und Niederschläge, um trockene Liegeplätze zur Verfügung stellen zu können (HAMPEL, 1994; GOLZE et al., 1997). Eine ausreichende Bodendrainage sichert den Erhalt der Grasnarbe. Wesentlich ist jedoch, dass Futter und Futterstellen der Witterung nicht ausgesetzt sind, um eine ausreichende Qualität und Quantität in der Versorgung zu gewährleisten.

2.2 Inhaltsstoffe des Weideaufwuchses

In der extensiven Mutterkuhhaltung stellt die Weide die alleinige Futtergrundlage dar. Entsprechend muss die Ernährung wiederkäuergerechte und leistungsbezogene Ansprüche erfüllen (HAMPEL, 1994; GOLZE u.a., 1997). Die Tiere müssen darüber hinaus während der Weidesaison

Fettreserven aufbauen, um während der verhaltenen Winterfütterung davon zehren zu können (BALLIET und WAßMUTH, 1993; GOLZE, 1994). Nach KIRCHGESSNER (1987b) und HAMPEL (1994) kann der Weideaufwuchs im Sommer in der Regel den Nährstoffbedarf der Mutterkühe und den Milchbedarf für die Kälber decken. Im Herbst nimmt jedoch die Weideleistung bei gleichzeitig steigendem Bedarf der Kälber ab, so dass die Versorgung besonders auf ertrags- und nährstoffarmen Weiden unzureichend werden kann (KIRCHGESSNER, 1987b; HAMPEL, 1994).

Entscheidend für die Ernährungssituation ist auch der Zeitpunkt der Nutzung. Viele Extensivweiden unterliegen Naturschutzbestimmungen und dürfen z.B. erst Mitte/Ende Mai bzw. Anfang Juni genutzt werden (ZIEBARTH, 1995). Dies ist der Zeitpunkt, ab dem der Rohprotein- und Energiegehalt der Weide bereits wieder rückläufig sind und der Rohfasergehalt ansteigt (MEYER et al., 1993).

2.2.1 Weideleistung

In der Literatur wird die Weideleistung unterschiedlich definiert, einmal nach dem Verwertungs- und zum anderen nach dem Angebotsaspekt.

- Bestimmung der Weideleistung nach dem Verwertungsaspekt:

WEISSBACH (1993) definiert die Weideleistung als "den tierischen Nutzertrag einer Grünlandfläche". Er unterscheidet zwischen einer tatsächlichen und einer potentiellen Weideleistung. Die tatsächliche Weideleistung berechnet sich aus der Summe des Energiebedarfs von

- Lebenserhaltung,
 - Körpermassezuwachs,
 - Milchproduktion und
 - Erzeugung von Nachkommen
- und wird korrigiert um die Energiemenge im
- durch Mahd geernteten Futter
 - und gegebenenfalls zugeführtem Beifutter.

Die Basis zur Berechnung der Weideleistung ist der Mittelwert aus dem Auftriebs- und dem Abtriebsgewicht je Tier. Daraus errechnet man den Erhaltungsbedarf pro Tier und Weidetag, bei wachsenden Tieren zusätzlich den Energiebedarf je Kilogramm Lebendmassezuwachs. Über die Konstanzhaltung des Gewichtes bzw. den Gewichtsverlust wird die Energiemenge in vegetationsarmen, kalten Jahreszeiten mitberechnet. Das Produkt aus der Tierzahl, der Anzahl der Weidetage und dem Erhaltungsbedarf pro Tier und Tag entspricht nach diesem Ansatz der Weideleistung bezüglich der Lebenserhaltung der Tiere. Das Produkt aus dem Lebendmassezuwachs (Abtriebs- minus Auftriebsgewicht) und dem Bedarf pro Kilogramm Zuwachs (s. Tabelle 26) entspricht der Weideleistung für das Wachstum. Das Produkt aus der pro Tag produzierten Milchmenge und der Energiemenge, die bei einem bestimmten Fettgehalt der Milch notwendig ist, ergibt die Weideleistung zur Milchproduktion (pro Liter Milch (4%) 3,17 MJ NEL und 85 g Rohprotein (GEH, 1986; KIRCHGESSNER, 1987b; PIATKOWSKI et al., 1990; GLATZLE, 1990).

Die Trächtigkeit wird nicht extra gerechnet, denn sie ist durch die Gewichtsveränderung der Mutterkühe mit erfasst. Wird jedoch ein Kalb auf der Weide geboren, wird dieses durch den Gewichtszuwachs (s. Tabelle 26) einbezogen und ergibt die Weideleistung zur Erzeugung der Nachkommen (WEISSBACH, 1993).

Durch Mahd gewonnenes Futter muss immer mit 0,7 multipliziert werden, um es mit der eigentlichen Weideleistung vergleichbar zu machen. Die potentielle Weideleistung berechnet sich aus dem Energieertrag aus reiner Schnittnutzung korrigiert um einen Weiderest von 30 %. Auch dieser Wert muss um den Faktor 0,7 korrigiert werden. Sinkt die Bewirtschaftungsintensität so sinkt zunächst auch die Weideleistung, bis sich ein Gleichgewicht einstellt (insg. WEISSBACH, 1993).

- Bestimmung der Weideleistung nach dem Angebotsaspekt:

Für GLATZLE (1990) ist die Weideleistung von der Primärproduktion an Aufwuchs innerhalb eines Jahres, von dem Ausnutzungsgrad und der Futterqualität abhängig. Der Ausnutzungsgrad ergibt sich aus der Besatzstärke

auf der Weide, der Zugänglichkeit und der Schmackhaftigkeit des Aufwuchses (GLATZLE, 1990). Die Primärproduktion selbst unterliegt einem komplexen Wirkungsgefüge aus Klima (Höhe und Verteilung der Niederschläge, Häufigkeit des Starkregen), Dauer der Vegetationsperiode und Durchschnitts- und Extremtemperaturen, Bodeneigenschaften (Profiltiefe, Textur, Sorptionskapazität, Nährstoffstatus und Drainage), Grund- und Oberflächenwasserspiegel und Wirtschaftsmanagement.

2.2.2 Trockensubstanz (TS) -Aufnahme und Weiderest

Weitgehend übereinstimmend wird resümiert, dass Rinder auf der Weide 2 kg TS / 100 kg Lebendmasse pro Tag aufnehmen (GOLZE u.a., 1997; HAMPEL, 1994; HOCHBERG, 1995). GLATZLE (1990) gibt die TS-Aufnahme mit 2-3 % der Lebendmasse an, ROHR (1976) mit 2,45 kg TS / 100 kg. Auch NAYLOR und RALSTON (1991) geben eine TS-Aufnahme von 2 % des Körpergewichtes bei trockenstehenden Kühen und eine TS-Aufnahme von 4 % des Körpergewichtes bei stark laktierenden Kühen an. Nach KAMPHUS et al. (zitiert nach Meyer et al., 1993) beträgt die TS-Aufnahme für Milchkühe 3-3,5 % der Lebendmasse.

LINDNER et al. (1981) beschreiben die TS-Aufnahme in linearen Regressionsgleichungen für Jungkühe mit $y=4,2+0,019x$ und für Altkühe mit $y=14,8+0,003x$. Dies bedeutet, dass bei Altkühen der Grundbedarf gegenüber dem gewichtsabhängigen Bedarf deutlich überwiegt, während sich diese Relation bei Jungkühen umgekehrt verhält. Für eine Kuh von 650 kg errechnet sich danach ein TS-Wert von 16,75 kg. Dies entspricht etwa 2,5 kg TS / 100 kg KG. In den Versuchen von KIRCHGESSNER und ROTH (1972b) ergab sich im Mittel eine tägliche TS-Aufnahme von 14,4 kg TS / Tier. In den Versuchen von ROHR und KAUFMANN (1967) nahmen die Tiere jedoch nur 9,1 kg TS pro Tag auf, diese deutlich geringere TS-Aufnahme ist sicherlich zum Teil auf den eingeschränkten Weidegang von zweimal 3,5 Stunden am Tag zurückzuführen, erklärt jedoch nicht vollständig diesen durchaus erheblichen Unterschied.

Laut ROHR (1976) bzw. HAMPEL (1994) nehmen hochtragende Kühe 25 % und Färsen 15 % weniger Aufwuchs gegenüber dem Normalbedarf auf.

Wesentlich differenzierte Angaben gibt (PIATKOWSKI et al. 1990). Die TS-Aufnahme laktierender Kühe steigt danach von 2,8 kg TS pro Tag / 100 kg LM im 1. und 2. Laktationsmonat auf 3,0 kg TS / 100 kg LM im 3. und 4. Laktationsmonat und sinkt dann auf 1,9 kg TS / 100 kg LM während der Trockenstehperiode (PIATKOWSKI, 1990).

Während die meisten Modelle lediglich von einem zum Teil näherungsweisen Zusammenhang zwischen der TS-Aufnahme und der Lebendmasse ausgehen, sind Schwankungen in der TS-Aufnahme auch noch positiv abhängig von der Milchleistung und der Höhe des Futterangebotes. Bis zu einem Gehalt von 18% Trockensubstanz der Futterration, steigt die Futteraufnahme mit dem TS-Gehalt des Futters (ROHR, 1976). Rohr belegt allerdings, dass die botanische Zusammensetzung bzw. Geruch und Geschmack der Ration kaum einen Einfluss auf den Umfang des Verzehrs haben (ROHR, 1976). Eine durchaus hohe Korrelation zwischen der TS-Aufnahme und dem TS-Gehalt des Grases von $r=0,73$ und eine sehr geringe Korrelation zwischen der TS-Aufnahme und dem Rohfaser-Gehalt des Grases von $r=0,32$ haben ROHR und KAUFMANN (1967) nachgewiesen. Auch KIRCHGESSNER und ROTH (1972b) konnten statistisch nachweisen, dass die Futteraufnahme stark vom Futterangebot abhängt. Dieser Zusammenhang wird in der Literatur auch von MEHNER (1950), von SPRECKELSEN (1954), PIEL (1958), sowie von HULL et al. (1961) und GREENHALGH et al. (1966) bestätigt. Letztere beschreiben eine Sättigungsfunktion. Die Zunahme wird darin begründet, dass mit zunehmendem Weideanteil sich die selektive Aufnahme vergrößert (ANOLD, 1970). Gleichzeitig erhöht sich damit die Verdaulichkeit des aufgenommenen Aufwuchses und die damit verbundene höhere Aufnahmerate (KIRCHGESSNER und ROTH, 1972b). Entsprechend steigt mit besserer Qualität des Aufwuchses auch die Futteraufnahme (GLATZLE, 1990).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Futteraufnahme von dem Alter des Aufwuchses beeinflusst wird; je jünger der Aufwuchs ist, desto weniger wird selektiv aufgenommen. Offensichtlich haben junge, jedoch verschiedene Pflanzenteile eine noch ähnliche Verdaulichkeit (KIRCHGESSNER und ROTH, 1972b). Für den Bereich von 5 bis 15 kg TS-Aufnahme stellen

KIRCHGESSNER und ROTH (1972b) folgende Regel auf: Die Gesamtfuttermittelaufnahme erhöht sich im Mittel um 0,58 kg TS pro Tier und Fresszeit, wenn 1 kg Trockensubstanz Futter mehr zugeteilt wird (die Tiere hatten in dem Versuch 2 Fresszeiten pro Tag).

Die Futtermittelaufnahme wird auch durch die Aufwuchshöhe bestimmt. Die optimale Aufnahme und damit eine optimale Weidenutzung erfolgt bei einer Wuchshöhe des Grases von 10 -12 cm; dies entspricht einem TS-Gehalt von 1165 kg/ha. Bei einer Länge von 10-12 cm zeigen Rinder die geringsten Schwierigkeiten die Gräser abzubeißen, so stellt VOISIN (1958) fest. Aufwuchs mit über 25 cm Länge bzw. unter 10 cm wird dagegen deutlich weniger verzehrt (JOHNSTONE-WALLACE und KENNEDY, 1944).

Bei einer optimalen Futtermittelaufnahme muss mit einem Weiderest von ca. 25% gerechnet werden (ROHR, 1976). Andere Autoren stellten Weidereste von 30,4% bzw. 41% (KIRCHGESSNER und ROTH (1972b) in den Versuchsjahren 1968 bzw. 1969), 19% (PIEL, 1958), 18% (MÄRTIN und FRANZKE, 1963) und 23% (KLAPP, 1963) fest. Nach Auswertung umfangreicher Literaturquellen geben KIRCHGESSNER und ROTH einen mittleren Weiderest von 25% an (KIRCHGESSNER und ROTH, 1972b). OOSTENDORP und HOOGERKAMP (1967) führen für Beweidungsverluste insbesondere unterschiedliche Beweidungsarten an. Dabei konnten sie für Standweiden 35-63%, für Umtriebsweiden 25-35% und für Portionsweiden 15-25% Weideverluste nachweisen. Weidereste haben einen deutlich höheren Gehalt an Trockensubstanz, Rohfaser und N-freien Extraktstoffen gegenüber der Aufwuchsaufnahme (KIRCHGESSNER und ROTH, 1972b; ROHR und KAUFMANN, 1967).

2.2.3 Nährstoffe- und Energiegehalt

In den nachfolgenden Tabellen 5 und 6 werden die Nährstoff- und Energiegehalte im Weideaufwuchs bzw. im Raufutter entsprechend einer Literaturanalyse dargestellt. Zahlreiche dieser Werte werden mit Schwankungen um einen Mittelwert angegeben. Sämtliche dieser Daten

können als Normgrößen für die eigene Untersuchung gelten, wobei Messbedingungen, wie unter der Spalte Weidegras angegeben zu berücksichtigen sind.

Tab. 5. Nährstoff- und Energiegehalt im Weidegras

| Rfa (g/kg TS) | Rp (g/kg TS) | Rfe (g/kg TS) | NEL (MJ/kgTS) | Weidegras | Quelle |
|---|--|--|--|--|---|
| 339 ± 44 272 ± 95 269 ± 60 | 109 +- 37 138 +- 59 192 +- 43 | 21 ± 9 28 ± 13 20 ± 4 | k.A. | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner (1957) |
| 151 94 149 | 209 340 208 | 31 24 39 | k.A. | Extensiv Weide 1.Aufwuchs, jung 1.Aufwuchs überständig 2.und folgende Aufw. Intensiv Weide 1.Aufwuchs, jung 1.Aufwuchs überständig 2.und folgende Aufw. | DLG (1961) |
| 258 ± 3 | 183 ± 4 | 47 ± 1.2 | k.A. | k.A. | Anke et al. (1961) |
| 217 | 211 | k.A. | k.A. | k.A. | Werner (1949) |
| 120 – 380 120 - 440 | 280 – 120 380 - 160 | k.A. | k.A. | Rotklee Luzerne während des fortschreitenden Vegetationsstadiums | Kirchgessner et al. (1967) |
| 202,5 ± 25,5 | 224,5 ± 36 | k.A. | k.A. | | Müller et al. (1971) |
| 250-150-270 280-160-300 | 160-240-160 160-280-160 | k.A. | k.A. | Deutsches Weidelgras Knautgras | Kühbauch (1987) (3 Werte Beschreibung siehe Text) |
| 220,2 (144-306) | 150,4 (63-266) | k.A. | k.A. | k.A. | Terörde (1997) |
| 190 - 350 | 230 - 60 | k.A. | k.A. | k.A. | Meyer et al. (1993) |
| 238 ± 34 | 175 ± 37 | 43 ± 8 | k.A. | k.A. | Kirchgessner und Roth (1972a) |
| 251 | 194 | k.A. | k.A. | Dauergrasland Niederm. | Käding et al. (1993) |
| 278 311 295 | 106 93 112 | 25 23 27 | 5,27 4.69 4,80 | Weide extensiv 1 Aufwuchs: Ähren-/Rispenstadien Blüte 2. + weitere Aufwüchse | Kirchgessner (1992) |
| 288 312 318 273 | 118 91 86 80 | 24 21 20 17 | 5,48 (4,92) -- (4,02) | Grünland Nutzungszeitraum Juni / Juli Mitte / Ende Juli August September | DLG (1997) |

Tab. 6. Nährstoff- und Energiegehalt im Raufutter

| Rfa (g/kg TS) | Rp (g/kg TS) | Rfe (g/kg TS) | NEL (MJ/kgTS) | Raufutter | Quelle |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 238 | 107 | | 4,56 | Wiesenheu | Meyer et al. (1993) |
| 267 | 95 | k.A. | 4,04 | Im Schossen | |
| 302 | 82 | | 3,71 | Mitte der Blüte | |
| | | | | Ende der Blüte | |
| 275 | 126 | 26 | 6,05 | Grünlandheu | DLG (1997) |
| 238 | 165 | 32 | 6,12 | 1. Schnitt | |
| | | | | 2. + folgende Schnitte | |
| 278 | 106 | 25 | 5,27 | Heu: extensive Weide | Kirchgessner (1992) |
| 311 | 93 | 23 | 4,69 | 1.Schnitt | |
| | | | | 2. + folgende Schnitte | |
| 46 | 28 | k.A. | 1,00 | Grassilage | Meyer et al. (1993) |
| 90 | 56 | | 2,00 | nass | |
| | | | | angewelkt | |
| 214 | 184 | 42 | 6,58 | Grünlandsilage | DLG (1997) |
| 213 | 185 | 42 | 5,93 | 1.Schnitt | |
| | | | | 2. + folgende Schnitte | |
| 229 | 141 | 41 | 2,11 | Silage: extensive Weide | Kirchgessner (1992) |
| 246 | 133 | 36 | 1,79 | 1.Schnitt | |
| | | | | 2. + folgende Schnitte | |
| 378 | 33 | k.A. | 3,35 | Gerstenstroh | Meyer et al. (1993) |
| 442 | 39 | 16 | 3,76 | Gerstenstroh | DLG (1997) |
| 438 | 38 | 17 | 3,35 | Gerstenstroh | Kirchgessner (1992) |

Die Abhängigkeit der Rohfaser- und Rohproteingehalte vom Vegetationsalter wird in der Literatur einheitlich dargestellt. Der Rohproteingehalt zeigt im Verlauf der Weidesaison eine deutliche Abnahme, während der Rohfasergehalt eine deutliche Zunahme aufweist (KÄDING et al., 1993; KIRCHGESSNER et al., 1967 (Luzerne und Rotklee); MÜLLER et al., 1971; bestätigt von KIRCHGESSNER, 1957a/1957b (Wiesengras); KIRCHGESSNER et al., 1960 (einzelne Gräser); SPATZ und BAUMGARTNER, 1990; sowie FARRIES, 1967, der Proben über einen Beobachtungszeitraum von allerdings nur 35 Vegetationstagen nahm).

KÜHBAUCH (s. Tab. 5) beobachtete dagegen einen differenzierten Verlauf über eine längere Zeit. Er beschrieb ebenfalls zunächst einen Abfall der

Rohproteinwerte im Verlaufe der Weidesaison, stellte jedoch nach einem Minimum Ende Juli / Anfang August einen Wiederanstieg zum Ende der Saison fest („Sommerdepression“). Die Rohfasergehalte waren zeitlich gesehen hierzu gespiegelt. Sie stiegen zum Hochsommer an, um danach wieder auf ihren Ausgangswert zurückzufallen (KÜHBAUCH, 1987). Gleiche Beobachtungen machte auch TERÖRDE bei ihren Untersuchungen in Mecklenburg (TERÖRDE, 1997).

Die Rohfaser-, Rohprotein- und Rohfettgehalte sind nach Untersuchungen von ANKE et al. (1961) jahreszeitlich konstant und damit auch unabhängig von möglichen Umtrieben. Der Rohaschegehalt (101 +/- 10 g/kg TS) stieg dagegen statistisch gesichert vom 1. bis 3. Umtrieb an. Zu gleichen Ergebnissen kam MÜLLER bei vier aufeinander folgenden Schnitten (MÜLLER et al., 1971; SPATZ und BAUMGARTNER, 1990).

Weitgehend einheitlich wurde in der Literatur festgestellt, dass mit fortschreitender Extensivierung einer Weide der Rohproteingehalt rückläufig ist, während der Rohfasergehalt ansteigt (KÄDING et al., 1993). Eine weitere Variation führen Anke et al. an, wenn sie feststellen, dass der Rohfettgehalt in einem extrem heißen Jahr etwa doppelt so hoch wie in durchschnittlichen Jahren angesetzt werden kann (ANKE et al., 1961).

2.2.4 Mengenelemente

Im folgenden werden nun die Einflüsse auf die Mengen- und Spurenelementgehalte des Aufwuchses in einer Literaturanalyse diskutiert. Dabei wird zwischen den Begriffen Wachstumsdauer und Vegetationsperiode unterschieden, um zum Teil stark variierende Aussagen begründen zu können. Eine Vegetationsperiode bezieht sich nur auf den Aufwuchszeitraum eines Jahres, die Wachstumsdauer bezieht sich auf das Alter einer Pflanze von der Aussaat bis zum Absterben und kann mehrere Vegetationsperioden einschließen. Ergänzt werden diese Ausführungen durch Tabellen mit den jeweiligen Mengen- bzw. Spurenelementgehalten differenziert nach Weideaufwuchs und Raufutter.

▪ Kalzium

Nach KIRCHGESSNER (1992); LAIBLIN und METZNER (1996) und KEMP und GEURINK (1978) haben Wiesen und Weidegras mittlere bis hohe Kalziumgehalte (Tab. 7), die den Bedarf von Mutterkühen decken können.

1. Wachstumsdauer

Aussagen und Analyseergebnisse über den Zusammenhang zwischen dem Kalziumgehalt einer Weide und der Wachstumsdauer von Weidepflanzen differieren in den Literaturquellen erheblich. Nach MÜLLER et al. (1971) und MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) korreliert der Kalziumgehalt nicht mit der Wachstumsdauer der Pflanzen. Frühere Untersuchungen von KIRCHGESSNER (1957b) bestätigen dieses. Im Gegensatz dazu veröffentlichte KIRCHGESSNER (1957a) Untersuchungen, in denen der Kalziumgehalt mit der Wachstumsdauer steigt, ohne allerdings auf die unterschiedlichen Bedingungen seiner unterschiedlichen Untersuchungen eingegangen zu sein. Über einen sinkenden Kalziumgehalt im Verlaufe der Alterung der Pflanze berichtet FLEMING (1968).

2. Vegetationsperiode

Unterschiedlich sind auch die Aussagen eines Zusammenhangs zwischen Kalziumgehalt und Vegetationsperiode. So belegten ANKE et al. (1961), KÜHBAUCH (1987) und MÜLLER et al. (1971) frühere Untersuchungen von HEMINGWAY (1961) oder REITH et al. (1964), die einen Anstieg des Kalziumgehalts mit fortschreitender Vegetationsperiode festgestellt hatten. In den Versuchen von ROTH und KIRCHGESSNER (1972) stiegen die Werte im ersten Versuchsjahr ebenfalls an, doch im zweiten Versuchsjahr konnten sie keinen Zusammenhang mehr zur Vegetationsperiode feststellen. Keine eindeutigen Aussagen ergaben Versuche mit Löwenzahn von MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972). Im ersten Aufwuchs zeigte sich keine Korrelation im Verlauf der Vegetationsperiode, während im zweiten Aufwuchs die Kalziumwerte deutlich zunahmen. WERK (1966) kam allerdings zu dem Ergebnis, dass der Kalziumgehalt auf gleichem Niveau während der gesamten Weidezeit blieb.

Im Gegensatz zu den obigen Aussagen fanden ANKE et al. (1994b) einen negativen Zusammenhang. Sie ermittelten für den Aufwuchs während der Vegetationsperiode einen Rückgang der Kalziumgehalte. Zu gleichen Aussagen kamen KIRCHGESSNER (1957a) und BUGDOL (1961). Nach UNDERWOOD (1966), McDOWELL (1992) und nach GOMIDE (1978) sank der Kalziumgehalt tendenziell jedoch mit zunehmender Reife der Pflanzen während des Jahres, auch wenn diese Ausprägung als nur gering festgestellt wird.

Werden die Weiden nach Pflanzenart spezifiziert, ergibt sich jedoch ein deutlich differenzierteres Bild der Verteilung von Kalzium während der Vegetationsperiode mit zum Teil erheblichen Abweichungen bzgl. der oben genannten Trendverläufen. Bei Luzerne zum Beispiel wird ein starker, bei Rotklee nur ein geringer Anstieg der Kalziumwerte bis Mitte / Ende Mai beschrieben; danach fallen die Werte bis zur Hauptblüte Ende Juni – Luzerne noch ca. zwei Wochen darüber hinaus – erheblich ab; der Kalziumgehalt bei Rotklee steigt nach der Hauptblüte bis zum Ende der Blüte stark an, sogar bis über seinen Ausgangswert im April hinaus (KIRCHGESSNER et al., 1967). Da die Aussagen auf empirischen Untersuchungen beruhen, die mit der Gesamtblütezeit Ende Juli abbrechen, bleiben die Aussagen nur bedingt vergleichbar.

Generell kann angeführt werden, dass die Aussagen über einen Zusammenhang zwischen Kalziumgehalten und Vegetationsperiode nicht zu verallgemeinern sind, weil die Differenzierung über die Pflanzenarten und die Standorte nicht präzise erfolgt ist. Dies gilt auch für MÜLLER et al. (1971), da ihnen die Differenzierung des Zusammenhangs über die Pflanzenarten offensichtlich nicht bekannt ist. So bleibt die Aussage auf Weidegras einzig verwertbar. TERÖRDE (1997) gibt den Zusammenhang für Weidegras hinsichtlich des Verlaufs vergleichsweise präzise an, wenn sie einen Anstieg der Kalziumwerte vom Frühjahr bis Sommer um das Doppelte und dann zum Herbst hin einen Rückgang der Werte allerdings noch oberhalb des Frühjahrs beschreibt. Randbedingungen und Gründe vor allem im Vergleich zu den obigen Untersuchungen werden nicht genannt.

Zu einem völlig anderen, allerdings sehr differenzierten Verlauf für unterschiedliche Grasarten kommen KIRCHGESSNER et al. (1960) – und dies im Gegensatz zu ihrer späteren Arbeit von 1987 –, wenn sie einen starken Abfall um 21% der Kalziumwerte vom Blattstadium bis kurz vor der Blüte konstatieren. Während der gesamten Blüte verhält sich der Kalziumgehalt konstant, nach der Blüte erfolgt ein starker Anstieg um 23%, der bis zur Totreife anhält.

3. Botanische Zusammensetzung

Nach PIATKOWSKI et al. (1990), MEYER et al. (1993), McDOWELL (1992), KIRCHGESSNER (1992) sowie ANKE et al. (1994b), (1990) wiesen Kräuter und Leguminosen jeweils höhere Kalzium-Gehalte auf als Gräser (KIRCHGESSNER (1992) (vgl. auch Tab.6). NEHRING et al. (1970) bezogen sich dabei nur auf das Verhältnis von Leguminosen zu Gräsern, SPATZ und BAUMGARTNER (1990) auf das von Kräutern zu Gräsern, während WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957) konkret in den Kräutern und Leguminosen eine etwa 3 bis 4 mal höhere Konzentration von Kalziumwerten als in den Gräsern messen konnten. REID und HORVATH (1980) bestätigten mit ihren Ergebnissen frühere Arbeiten von TODD (1961) und JONES (1963). Diese Befunde stimmen mit den Kalziumwerten von MEYER et al. (1993) überein, die das Kalziumverhältnis von Gras: Leguminosen: Kräutern mit 1: 3: 4 angaben.

4. Bodentemperatur

NIELSEN und CUNNINGHAM (1964) konnten in einem Versuch mit italienischem Weidegras nachweisen, dass die Kalziumwerte mit der Bodentemperatur stiegen. Dieser Einfluss könnte damit einen Teil der jahreszeitlich bedingten Zu- bzw. Abnahme der Werte erklären und so zu den doch sehr unterschiedlichen Analysenergebnissen erheblich beitragen.

5. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

Einheitlich wird in der Literatur beschrieben, dass mit steigendem Wassergehalt des Bodens die Kalzium-Gehalte der Weide sinken. In feuchten Regionen, in denen über das Jahr hinweg die Niederschlagsmenge die Verdunstungsmenge übersteigt, konnten KAMPRATH und FOY (1971) sogar einen Kalziummangel

feststellen. ANKE et al. (1961) haben in trockenen Jahren einen stärkeren Anstieg der Kalziumgehalte als in niederschlagsreichen Jahren beobachtet. Dieser Zusammenhang wurde bereits von NEHRING und BORCHMANN (1961) und BUGDOL (1961) beschrieben. Auch in neueren Untersuchungen (MEYER et al., 1993) wurden bei steigender Wasserversorgung des Bodens eine Verringerung der Kalziumgehalte beobachtet. Zu beachten ist hierbei sicherlich auch, dass mit Niederschlag die Bodentemperatur sinkt und damit der positive Temperatureffekt auf den Kalziumgehalt unterbleibt.

Tab. 7. Kalziumgehalte im Weidegras

| Ca (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|---------------------------------------|--|---------------------------|------|
| 4,2 ± 4,1 14,9 ± 5,8 14,1 ± 4,0 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 6,4 | o.A. | DLG | 1960 |
| 5,6 | Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung | Anke et al. | 1961 |
| 5,8 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 14,5 18,2 | Rotklee Luzerne Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1967 |
| 2 - 10 | o.A. | Todd | 1967 |
| 7,9 ± 2,0 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Müller et al. | 1971 |
| 12,0 ± 0,8 15,9 ± 2,4 | 1. Schnitt 2. Schnitt, Löwenzahn Ende April – Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 5,3 ± 0,67 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 6,9 ± 1,6 | Weidelgras-Weißkleeweide, Mai - Oktober | Roth und Kirchgessner | 1972 |
| 11 4-5 | auf extensiven Weiden auf intensiven Weiden | DLG | 1973 |
| 7,0 | o.A. | Healy | 1973 |
| 6,4 | o.A. | Rohr | 1976 |
| 5,7-6,7 6,8-9,1 15-20 | Weidegras Wiesengras Kräuter, Leguminosen | Kirchgessner | 1992 |
| 6,4 | Niedermoor | Käding et al. | 1993 |
| 5 15 20 | Gräser Leguminosen Kräuter | Meyer et al. | 1993 |

| Ca (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|---------------------------|--|----------------|-------|
| 7,8 9,8 12,7 3,4 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 5,1 ± 1,1 5,9 ± 1,3 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 6,0 ± 2,4 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 8. Kalziumgehalte im Raufutter

| Ca (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|--|---|---------------------------|------|
| 7,9 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 2,9-4,9 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 10 | Heu | Anke | 1977 |
| 9,1 7,2 11,4 | Wiesenheu 1. Schnitt vor der Blüte 1. Schnitt Mitte bis Ende der Blüte 2. Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 6,4 11,5 10,8 6,8 7,7 6,5 | Wiesenheu 1. Schnitt Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | Jilg und Briemle | 1993 |
| 2,8-6,1 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 5-6 | Heu | Gabe | 2000 |
| 3,4 3,8 | Stroh Haferstroh Gerstenstroh | Meyer et al. | 1993 |
| 2-3 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 1,2 2,3 | Grassilage nass angewelkt | Meyer et al. | 1993 |

▪ Phosphor

1. Wachstumsdauer

Der Phosphorgehalt der Weide nimmt mit zunehmendem Alter der Pflanzen ab, (MÜLLER et al., 1971) bestätigt. Differenzierte Ergebnisse erzielten KIRCHGESSNER (1957a und b) mit Beobachtungen an Wiesengras sowie KIRCHGESSNER et al. (1960) an einzelnen Gräsern und KIRCHGESSNER et al. (1967) an Luzerne und Rotklee. KIRCHGESSNER et al. (1960) verzeichneten sogar eine besonders starke Abnahme der Phosphorgehalte während starker Wachstumsphasen der Pflanzen. Zu gleichen Ergebnissen gelangten auch LOUW (1938) oder ANKE et al. (1994b). PIATKOWSKI et al. (1990) belegten, dass jüngere Pflanzen die höchsten Phosphor-Gehalte haben.

2. Vegetationsperiode

Auch in bezug auf das Verhalten der Phosphorgehalte während der Vegetationsperiode liegen nahezu einheitliche Angaben aus der Literatur vor. Ein Absinken der Phosphorgehalte einer Weide mit fortschreitender Vegetationsperiode beschreiben ANKE et al. (1961), MÜLLER et al. (1971), REID und HORVATH (1980), McDOWELL (1992) sowie ANKE et al. (1994b). Drei dieser Autoren ermittelten sogar ein stärkeres Absinken der Phosphorgehalte als der Kalziumgehalte der Weide im Verlaufe der Vegetationsperiode.

3. Botanische Zusammensetzung

Nach SCHMIDT (1994) haben Kräuter und Leguminosen höhere Phosphorgehalte als Gräser. In den Untersuchungen von REID und HORVATH (1980) bestätigte sich ebenfalls, dass Leguminosen höhere Phosphorgehalte haben, als Gräser. Auch MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) bestimmten höhere Phosphor-Gehalte in Löwenzahn gegenüber Gras. SPATZ und BAUMGARTNER (1990) bestätigen in ihrem Versuch mit Knautgras, dass Kräuter höhere Phosphorgehalte aufweisen als Gräser. Im Gegensatz dazu ermitteln WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957), SPEDDING und DIEKMAHNS (1972) sowie MEYER et al. (1993) in Leguminosen und Gräsern gleich hohe Phosphorwerte.

4. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

In trockenen Jahren sind die Pflanzen phosphorärmer als in niederschlagsreichen (ANKE et al., 1961, NEHRING und BORCHMANN, 1961, BUGDOL, 1961, UNDERWOOD, 1981, PIATKOWSKI et al., 1990).

5. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Nach WIESNER (1970) ist die Phosphorbereitstellung des Bodens für die Pflanze abhängig von „der Bodenart, seinem Versorgungsgrad, dem pH-Wert und der Witterung“. Besonders auf Weiden, die seit längerer Zeit extensiv bewirtschaftet werden, liegt häufig ein Mangel an Phosphor vor, der nur durch intensive Düngung ausgeglichen werden kann, denn der Boden füllt erst seine eigenen Phosphorkapazitäten, bevor die Pflanzen Phosphor aufnehmen können. REID und HORVATH (1980) machen die Phosphorverfügbarkeit abhängig von der mineralischen Zusammensetzung, dem pH-Wert, der Feuchtigkeit und der Temperatur des Bodens. Beide Autoren gingen in ihren Schlussfolgerungen davon aus, dass je lehmiger der Boden, desto größer seine Phosphorverfügbarkeit ist.

6. pH-Wert des Bodens

Entsprechend der o.g. Aussage haben Pflanzen demnach auf sauren Böden eher geringe Phosphorgehalte (MEYER et al., 1993).

Tab. 9. Phosphorgehalte im Weidegras

| P (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|--|---------------------------|-------------|
| 2,9 ± 0,8 4,3 ± 1,4 3,0 ± 0,5 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 3,4 | | DLG | 1960 |
| 3,6 | Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung | Anke et al. | 1961 |
| 3,7 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flußmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 2,9 4,2 | Rotklee Luzerne Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1967 |
| 5,1 ± 0,8 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Müller et al. | 1971 |

| P (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|---|-------------------------|-------------|
| 4,5 ± 0,1 5,1 ± 0,6 | 1. Schnitt 2. Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 4,3 ± 0,7 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 4,0 ± 0,5 | Weidelgras-Weißkleeweide, Mai - Oktober | Roth und Kirchgessner | 1972 |
| 5,0 | o.A. | Healy | 1973 |
| 4,4 | o.A. | Rohr | 1976 |
| 3,8 - 4,0 2,7 - 3,9 | Weidegras Wiesengras | Kirchgessner | 1992 |
| 4,2 | Niedermoor | Käding et al. | 1993 |
| 3 - 4 | o.A. | Meyer et al. | 1993 |
| 4,4 4,1 3,0 4,2 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 4,2 ± 0,7 4,9 ± 0,4 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 7,1 ± 2,2 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 10. Phosphorgehalte im Raufutter

| P (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|--|--|---------------------------|-------------|
| 2,5 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 2,5-3,2 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 2,7 | Heu | Anke | 1977 |
| 2,8 2,7 3,1 | Wiesenheu 1.Schnitt vor der Blüte 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte 2.Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 3,2 3,1 1,1 2,5 1,9 1,9 | Wiesenheu 1.Schnitt Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | Jilg und Briemle | 1993 |
| 1,2-4,4 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 1,6-2,6 | Heu | Gabe | 2000 |

| P (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|-------------|-------------------------------------|--------------|------|
| 0,9 0,7 | Stroh Haferstroh Gerstenstroh | Meyer et al. | 1993 |
| 0,7-1,0 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 0,7 1,4 | Grassilage nass angewelkt | Meyer et al. | 1993 |

▪ Natrium

Wie Tabelle 11 belegt, schwanken die Angaben über den Natriumgehalt im Weidegras in den Quellen der Literatur z.T. erheblich (Extremschwankungen von 0.09 bis 4.6 g/kg TS). Diese Schwankungen bestätigen auch KÄDING et al. (1993), WOLF (1971), VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) sowie TERÖRDE (1997), führen jedoch im einzelnen keine schlüssigen oder vollständigen Argumente für die starke Differenzierung bzgl. jahreszeitlicher, standortmäßiger (Boden, Vegetation, Sonnenexposition, Hydrologie, Bewirtschaftungsformen, gesetzliche Bestimmungen) oder sonstiger Bedingungen an.

Folgende Einflüsse können nach der Literaturlage als gesichert anerkannt werden bzw. müssen als offene Fragen behandelt werden.

1. Wachstumsdauer

Der Natriumgehalt der Pflanze sinkt mit dem zunehmenden Nutzungsalter der Pflanze. Diese Aussage tätigen übereinstimmend u.a. ANKE et al. (1994b), PIATKOWSKI et al. (1990), LOUW (1938).

2. Vegetationsperiode

Über das jahreszeitliche Verhalten des Natriumgehaltes in der Pflanze bzw. den verschiedenen Pflanzengesellschaften einer Weide liegen nach dem zitierten Literaturstand allerdings sehr unterschiedliche empirische Ergebnisse vor. Nach WOLF (1971) und KIRCHGESSNER et al. (1960) nimmt der Natriumgehalt im Laufe der Vegetationsperiode ab, bei letzteren allerdings nur gering. HEMINGWAY (1961) und REITH et al. (1964) beschreiben hingegen eine

Zunahme des Natriumgehaltes während der gesamten Vegetationsperiode. ROTH und KIRCHGESSNER (1972) bzw. ANKE et al. (1961) beschrieben ihre Messreihen ohne saisonalen Trend. MÜLLER et al. (1971) stellten keine Beziehungen fest weder zur Vegetationsperiode noch zum Wachstumsstadium. Die gleiche Aussage zitieren sie als Beleg von STEWART und HOLMES (1953) sowie WERK (1966). Auf Gründe dieser doch unterschiedlichen Aussagen wird nicht eingegangen.

3. Botanische Zusammensetzung

Den oben genannten Literaturquellen kann einheitlich entnommen werden, dass die botanische Zusammensetzung der Weide einen z.T. erheblichen Einfluss auf ihren Natriumgehalt hat. Keine Einigkeit herrscht allerdings über die Höhe (Mittelwerte bzw. Schwankungsbreiten) der Natriumgehalte der einzelnen botanischen Komponenten einer Weide.

Hohe Natriumwerte lagen nach VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) bzw. KÄDING et al. (1993) im Weidegras vor. Nach KIRCHGESSNER (1992) und WOLF (1971) waren besonders Kräuter und Leguminosen natriumreich. KIRCHGESSNER (1992) konnte in Kräutern und Leguminosen sogar deutlich höhere Werte als in Gräsern nachweisen, wohingegen REID und HORVATH (1980) den Gräsern höhere Natriumgehalte als den Leguminosen zuwies. Auch MÜLLER et al. (1971) beschrieben, dass Gräser, vor allem die Lolium-Arten höhere Gehalte erreichen können. MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) dagegen verglichen in ihren Versuchen den Natriumgehalt von Kräutern (stellvertretend Löwenzahn) und Gräsern und ermittelten dabei nur geringfügig abweichende Werte.

4. Bewirtschaftung

Extensiv bewirtschaftete Weiden haben deutlich geringere Gehalte an Natrium, da Düngung aus wirtschaftlichen oder gesetzlichen Gründen nicht eingesetzt wird bzw. werden kann (WOLF, 1971; KÄDING et al., 1993 und DLG, 1973).

5. Antagonisten

VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) haben in ihren Untersuchungen nachgewiesen, dass die Natriumaufnahme einer Pflanze durch hohe Kalium- oder Kupfergehalte im Boden behindert wird.

Tab. 11. Natriumgehalte im Raufutter

| Na (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|--|---------------------------|-------|
| 0,09 ± 0,13 0,14 ± 0,14 0,09 ± 0,08 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 0,67 | junges Weidegras | Werner | 1958 |
| 0,33 | Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung | Anke et al. | 1961 |
| 1,2 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 1,8 | Talsand unterlagerter Niedermoorstandort im Havelländischen Luch mit Mooraufgabe | Käding et al. | 1963 |
| 0,1 0,3 | Rotklee Luzerne, Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1967 |
| 1 – 1,5 | Weidegras | Wiesner | 1970 |
| 0,13 ± 0,08 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Müller et al. | 1971 |
| 0,05 | Löwenzahn 1. + 2. Schnitt, Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 1,87 ± 0,57 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 0,25 ± 0,20 | Weidelgras-Weißkleeeweide, Mai - Oktober | Roth und Kirchgessner | 1972 |
| 2,0 | o.A. | Healy | 1973 |
| 0,05 0,62 | auf extensiven Weiden auf intensiven Weiden | DLG | 1973 |
| 0,8 | o.A. | Rohr | 1976 |
| 0,4 – 0,6 | Aufwuchs auf der Wiese | Piatkowsky et al. | 1990 |
| 0,72 – 1,24 | o.A. | Kirchgessner | 1992 |
| 0,07 – 1,2 | o.A. | McDowell | 1992 |
| 0,34 0,43 0,43 0,74 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 1,4 ± 1,0 1,2 ± 0,8 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 0,49 ± 0,14 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 12. Natriumgehalte im Raufutter

| Na (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------|------|
| 0,38 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 0,4-2,2 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 0,6 | Heu | Anke | 1977 |
| 0,57 | Wiesenheu | Kirchgessner | 1992 |
| 0,75 | 1.Schnitt vor der Blüte | | |
| 0,78 | 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte | | |
| | 2.Schnitt vor der Blüte | | |
| 0,4 | Wiesenheu 1.Schnitt | Jilg und Briemle | 1993 |
| 0,1 | Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland | | |
| <0,1 | Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 0,1 | Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 0,4 | Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald | | |
| 0,3 | Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| | Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 0,2-2,7 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 0,3-1,0 | Heu | Gabe | 2000 |
| | Stroh | Meyer et al. | 1993 |
| 2,6 | Haferstroh | | |
| 2,6 | Gerstenstroh | | |
| 0,3 | Stroh | Gabe | 2000 |
| | Grassilage | Meyer et al. | 1993 |
| 0,2 | nass | | |
| 0,4 | angewelkt | | |

▪ Kalium

1. Wachstumsdauer

Nach Untersuchungen von KIRCHGESSNER et al. (1960), ANKE et al. (1994b), LOUW (1938) und KÜHBAUCH (1987) sank der Kaliumgehalt der Weide mit zunehmendem Alter der Pflanzen. ANKE et al. (1994b) heben zusätzlich hervor, dass der Kaliumgehalt der Leguminosen zeitlich gesehen erst später (Mai / Juni) als der der Gräser sinkt. Auch HOFMANN (1992) stellt fest, dass junges, raschwüchsiges Gras besonders hohe Kaliumwerte aufweist. Nur MÜLLER et al. (1971) konnten bei ihren Untersuchungen keine wachstumsabhängigen Einflüsse des Kaliumgehaltes nachweisen. Da keine Angaben zur Pflanzengesellschaft der Weide gemacht wurden, könnte man

unter Berücksichtigung der übrigen Analyseergebnisse der anderen in der Tabelle 13 folgern, dass die von MÜLLER et al. untersuchte Pflanzengesellschaft sehr heterogen sein musste.

2. Vegetationsperiode

Über das jahreszeitliche Verhalten des Kaliumgehaltes lagen kontroverse Untersuchungsergebnisse vor. So nimmt nach VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) der Kaliumgehalt bei jedem Auftrieb zu, während nach ANKE et al. (1961) der Kalium-Gehalt bei jedem Auftrieb abfiel. FLEMING (1968) konnte im Frühjahr höhere Kaliumwerte nachweisen als im Herbst, während MÜLLER et al. (1971) bzw. ROTH und KIRCHGESSNER (1972) keinen saisonalen Einfluss feststellen konnten. Ein hiervon abweichender jahreszeitlicher Verlauf ergab sich bei den Untersuchungen von TERÖRDE (1997) in Mecklenburg-Vorpommern, die zunächst einen Abfall der Kaliumwerte vom Frühjahr bis zum Sommer und dann einen Anstieg im Herbst ermitteln konnte. Der Anstieg war jedoch auf den verschiedenen Weidestandorten unterschiedlich stark.

3. Botanische Zusammensetzung

Die botanische Zusammensetzung hatte nach WOLF (1971) einen erheblichen Einfluss auf den Kaliumgehalt einer Weide. Dies wurde grundsätzlich auch in anderen Untersuchungen nachgewiesen. So stellten KLAPP (1971) sowie VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) fest, dass Leguminosen im Vergleich zu Gräsern und Kräutern einen eher geringeren Kaliumgehalt aufweisen. Dem widersprachen SPEDDING und DIEKMAHNS (1972), die bei Leguminosen und Gräsern ähnlich hohe Kaliumgehalte feststellten. Vollständig gegensätzliche Ergebnisse beschrieben REID und HORVATH (1980), die Leguminosen im Vergleich zu Gräsern einen deutlich höheren Kaliumgehalt zuordneten. WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957) konnten ihrerseits Kräutern höhere Kaliumgehalte nachweisen als Gräsern. Zu diesem Ergebnis kamen auch MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972), die stellvertretend für Kräuter den Löwenzahn untersuchten und dabei 2 bis 3 mal höhere Kaliumwerte als für Gras messen konnten. Die Bedingungen, die diese zum Teil erheblichen Unterschiede in den Aussagen begründen könnten, wurden nicht differenziert benannt.

4. Bewirtschaftung

Nach DLG (1973) lagen die Kaliumwerte einer extensiv bewirtschafteten Weide mit 18 g/kg TS deutlich niedriger als mit 32 g/kg TS auf einer intensiv bewirtschafteten Weide. Andererseits lagen nach HOPPER und CLEMENT (1966) sowie BROCKMANN et al. (1970) die Kaliumwerte auf einer Weide, die mit Mutterkühen beweidet wird und daher in der Regel auch nur extensiv bewirtschaftet wird, auch relativ hoch. Dies erklärten die genannten Autoren damit, dass durch die kontinuierliche Beweidung Kalium über den Urin ausgeschieden und für die Weide wieder verfügbar gemacht wird. Diese These wurde von LOTTHAMMER und AHLWEDE (1973) sowie von KEMP und GEURINK (1978) durch Versuche auf Aufwüchsen mit Gülledüngung mit verminderten Kalzium-, Natrium- und Magnesiumwerten bestätigt.

5. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Unterschiedliche Bodenarten hatten nach COMBERG und MEYER (1963) keinen Einfluss auf den Kaliumgehalt der Weide. Die anderen genannten Quellen gingen auf diese Bedingungen nicht gesondert ein, obwohl zum Teil erhebliche Schwankungen in den Untersuchungsergebnissen bestehen.

6. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

Kalium wird durch Regen leicht aus dem humiden Teil des Bodens ausgewaschen; dies kann sicherlich z.T. die niedrigeren Kaliumwerte im Herbst und Winter erklären, wenn Niederschläge in dieser Zeit intensiver fallen (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987, McDOWELL, 1992). Dem ähnlich konnten ANKE et al. (1961) in trockenen Jahren höhere Kaliumgehalte nachweisen.

Tab. 13. Kaliumgehalt im Weidegras

| K (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|---|---------------------------|-------------|
| 21,3 ± 5,7 31,2 ± 12,8 21,8 ± 9,1 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 27 | | DLG | 1960 |
| 32,8 | Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung | Anke et al. | 1961 |
| 27,5 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |

| K (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|--|----------------------------|-------------|
| 29,5 27,7 | Rotklee Luzerne Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1967 |
| 38 ± 3 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Müller et al. | 1971 |
| 55 ± 7 63 ± 2 | Schnitt Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 37,4 ± 8,9 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwengel | Müller-Reh | 1972 |
| 38,0 ± 4,9 | Weidelgras-Weißkleeeweide, Mai - Oktober | Roth und Kirchgessner | 1972 |
| 18 32 | auf extensiven Weiden auf intensiven Weiden | DLG | 1973 |
| 30 | o.A. | Healy | 1973 |
| 36 - 48 | o.A. | Ritter und Kleemann et al. | 1982 |
| 10 - 50 | o.A. | McDowell | 1992 |
| 27,2 | Niedermoor | Käding et al. | 1993 |
| 15 - 30 | o.A. | Meyer et al. | 1993 |
| 32 | o.A. | Schmidt | 1994 |
| 44 51 36 46 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwengel Ende April – Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 29,5 ± 5,6 32,7 ± 5,0 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 25 ± 6,9 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 14. Kaliumgehalt im Raufutter

| K (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|--------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|
| 23 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 15,1-34 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 9,5-26 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 12-20 | Heu | Gabe | 2000 |
| 0,9 | Stroh | Meyer et al. | 1993 |
| 0,7 | Haferstroh Gerstenstroh | | |
| 8-17 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 0,7 | Grassilage nass | Meyer et al. | 1993 |
| 1,4 | angewelkt | | |

▪ **Magnesium**

1. Wachstumsdauer

Die Magnesium-Gehalte einer Weide nehmen mit zunehmendem Pflanzenalter ab (ANKE et al., 1994b, ANKE et al., 1961, McDOWELL, 1992, PIATKOWSKI, 1990). In Leguminosen konnten ANKE et al. (1994b) einen Anstieg des Magnesiumgehaltes bis Ende Mai feststellen, anschließend aber einen Abfall der Werte belegen. MÜLLER et al. (1971) und KIRCHGESSNER et al. (1957a) stellten dagegen keine saisonale Differenzierung der Magnesiumwerte fest.

2. Vegetationsperiode

Im Laufe der Vegetationsperiode steigt der Magnesium-Gehalt der Aufwüchse an. Diesen Zusammenhang belegten MÜLLER et al. (1971) mit einer Zunahme von 25 bis 26% und wurden bestätigt von WOLF (1971); FLEMING (1968); KNABE (1967), ROTH und KIRCHGESSNER (1972) und KÜHBAUCH (1987). Im Gegensatz dazu stehen die Untersuchungen von REID und HORVATH (1980) und TERÖRDE (1997), die zwar auch den Anstieg der Magnesium-Werte bis zum Sommer bestätigten, jedoch daran anschließend einen Rückgang der Werte analysierten. REID und HORVATH (1980) erklärten diesen Zusammenhang mit der hohen Bodenfeuchte und dem damit verbundenen schnellen Pflanzenwachstum. KIRCHGESSNER et al. (1960) beobachteten den Verlauf differenzierter und kamen z.T. zu gegensätzlichen Ergebnissen. Die Autoren konnten einen Abfall der Magnesiumwerte vom Blattstadium der Pflanze bis zur Blüte, dann unveränderte Werte über die gesamte Blütezeit und anschließend wieder einen Anstieg bis zur Totreife der Pflanze nachweisen.

3. Botanische Zusammensetzung

Die botanische Zusammensetzung der Weide spielte eine entscheidende Rolle auf den Magnesium-Gehalt der Weide. Arbeiten von REID et al. (1976, 1978), POWELL et al. (1978) und PIATKOWSKI et al. (1990) zeigten, dass Weiden mit einem hohen Anteil an Kräutern und Leguminosen besonders reich an Magnesium sind (außerdem NRC, 1982, 1984; SPATZ und BAUMGARTNER, 1990; WOLF, 1971; WIESNER, 1970; McDOWELL, 1992; TODD, 1961; JONES, 1963; REID und HORVATH, 1980; WÖHLBIER und KIRCHGESSNER,

1957; KLAPP, 1954; MEYER et al., 1993; MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972; KÜHBAUCH, 1987). Im Vergleich dieser Quellen konnte ein dreifach höherer Magnesiumgehalt in Leguminosen und sogar einen vierfach höheren Gehalt in Kräutern gegenüber Gräsern festgestellt werden. Die Gehalte im Löwenzahn lagen nach MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) 2 bis 3 mal höher als die in Gräsern allein. Zu ähnlichen Aussagen kamen auch MEYER et al. (1993), die in absoluten Werten bei Gräsern 1 bis 2 g/kg TS, bei Leguminosen 3,5 bis 4 und bei Kräutern ca. 5 g/kg TS analysierten. PIATKOWSKI et al. (1990) konnten beobachten, dass auf Weiden mit üppigem Pflanzenwachstum der Magnesiumgehalt der Weide zurückgeht.

4. Bewirtschaftung

REID und HORVATH (1980) wiesen nach, dass ein enger Zusammenhang zwischen dem Grad der Bewirtschaftung und dem Magnesiumgehalt einer Weide besteht. Je intensiver die Bewirtschaftung ist, desto geringer sind die Magnesiumgehalte. Diese Aussage bestätigen JILG und BRIEMLE (1993) damit, dass aufgrund von Bestandsumschichtung auf ungedüngten, extensiv bewirtschafteten Weiden der Magnesiumgehalt höher liegt.

5. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Nach PIATKOWSKI et al. (1990) hatte die geologische Herkunft des Bodens einen wichtigen Einfluss auf die Höhe des Magnesiumgehaltes der Pflanzen einer Weide. So konnten sowohl BEESON (1959) wie auch TODD (1967) auf Sandböden eher geringe Magnesiumwerte in ihren Untersuchungen ausmachen, was an der veränderten Wasserspeicherfähigkeit liegen konnte.

6. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

Große Bedeutung auf den Magnesiumgehalt des Bodens schrieben REID und HORVATH (1980) dem Niederschlag bzw. der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens zu. Nach PIATKOWSKI et al. (1990) ist der Magnesiumgehalt im Boden um so geringer, je höher die Niederschläge sind. Auch McNAUGHT et al. (1969) und GRUNES et al. (1970) bestätigten diesen Zusammenhang mit ihrer Beobachtung, dass im späten Winter und frühen Frühling mit niedrigen Temperaturen und hoher Durchnässung des Bodens bei Weiderindern die

typische Magnesiummangelerscheinung Tetanie gehäuft auftritt. ELKINS and HOVELAND (1977) und ELKINS et al. (1978) bestätigen hingegen, dass in Böden mit gutem Wasserabfluss der Magnesiumgehalt höher liegt.

7. pH-Wert des Bodens

Auf sauren Böden wurden nach METSON (1974) häufiger Tetanieerkrankungen beobachtet, offensichtlich aufgrund geringer Magnesiumgehalte der natürlichen Vegetation.

8. Schatten

Schatten reduzierte die Verfügbarkeit des Magnesiums (McDOWELL, 1992).

9. Sauerstoffgehalt des Bodens

Mit einem höheren Sauerstoffgehalt im Boden erhöhte sich nach ELKINS and HOVELAND (1977) sowie ELKINS et al. (1978) der Magnesiumgehalt der Weide.

10. Antagonisten

Kalium und Kalzium haben einen antagonistischen Einfluss auf die Magnesiumverfügbarkeit der Pflanze, wie BAKER (1972) aufzeigte. Auch VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) konnten feststellen, dass auf kaliumreichen Weiden der Magnesiumgehalt gering war. HORVATH und TODD (1968) beschrieben, dass das Verhältnis von Magnesium zu Kalium mindestens 2: 1 betragen und das Verhältnis Kalzium zu Magnesium mindestens 5: 1 betragen sollte, damit Magnesium in ausreichendem Maß von den Pflanzen resorbiert werden kann.

Tab. 15. Magnesiumgehalte im Weidegras

| Mg (g/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|--|---------------------------|-------------|
| 1,2 ± 0,2 4,1 ± 1,6 3,9 ± 0,7 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 1,8 | o.A. | DLG | 1960 |
| 1,9 | Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung | Anke et al. | 1961 |
| 2,1 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 3,0 2,0 | Rotklee Luzerne, Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1967 |
| 2,1 ± 0,3 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Müller et al. | 1971 |
| 2,5 0,1 2,9 0,3 | Schnitt Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 1,94 ± 0,41 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 2,0 ± 0,5 | Weidelgras-Weißkleeweide, Mai - Oktober | Roth und Kirchgessner | 1972 |
| 3,0 | o.A. | Healy | 1973 |
| 2,1 | o.A. | Rohr | 1976 |
| 1,2-2,1 | o.A. | Ritter und Kleemann | 1982 |
| 1,8-1,9 1,9-2,7 | Weidegras Wiesengras | Kirchgessner | 1992 |
| 2,8-6,2 | o.A. | McDowell | 1992 |
| 2,0 | o.A. | Käding et al. | 1993 |
| 1-5 | o.A. | Meyer et al. | 1993 |
| 1,9 2,5 2,5 1,3 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 1,8 ± 0,4 2,0 ± 0,4 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 2,2 ± 0,9 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 16. Magnesiumgehalte im Raufutter

| Mg (g/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|--------------|---|---------------------------|------|
| 2,0 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 0,97-1,96 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 2,1 | Wiesenheu 1.Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 2,0 | 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte | | |
| 2,9 | 2.Schnitt vor der Blüte | | |
| 1,9 | Wiesenheu 1.Schnitt Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland | Jilg und Briemle | 1993 |
| 2,9 | Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 2,0 | Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 2,9 | Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald | | |
| 2,4 | Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 2,0 | Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 0,7-1,9 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 1,3-2,1 | Heu | Gabe | 2000 |
| 1,1 | Stroh Haferstroh | Meyer et al. | 1993 |
| 0,8 | Gerstenstroh | | |
| 0,5-0,6 | Stroh | Gabe | 2000 |

2.2.5 Spurenelemente

▪ Kupfer

1. Wachstumsdauer

Mit dem Alter der Weide sank ihr Kupfergehalt. ANKE et al. (1987) wiesen mit zunehmendem Alter der Weide hochsignifikante Abnahmen nach. Sie resümierten, dass Ende April der Kupfergehalt der Pflanze noch doppelt so hoch wie Anfang Juni ist. In weiterführenden Arbeiten bestätigten ANKE et al. (1994a, b) dieses Ergebnis und führten fort, dass häufig schon ab Ende Mai die Werte unter den Bedarfswerten liegen. KIRCHGESSNER et al. (1971) bestätigten die Abnahme des Kupfergehaltes in verschiedenen Versuchen, so mit Wiesengras (KIRCHGESSNER 1957a, b), mit einzelnen Gräsern

(KIRCHGESSNER et al., 1960), mit Leguminosen (KIRCHGESSNER et al., 1968), mit Weidegras (KIRCHGESSNER et al., 1971) bzw. mit Löwenzahn (MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972). Auch FLEMING (1965) und McDOWELL (1992) bestätigen die Abnahme des Kupfergehaltes der Pflanzen mit zunehmendem Alter. MEYER et al. (1993) konnte ein Absinken des Kupfergehaltes beim Absterben der Pflanze feststellen.

2. Vegetationsperiode

Über den jahreszeitlichen Verlauf des Kupfergehaltes der Pflanzen liegen in der Literatur unterschiedliche Befunde vor. Einen von Auftrieb zu Auftrieb sinkenden Kupfergehalt beschrieben ANKE et al. (1961), LONERAGAN et al. (1980), CZUBA und HUTCHINSON (1980), REID und HORVATH (1980), DEMAYO et al. (1982), PIATKOWSKI et al. (1990) sowie ANKE et al. (1994b). LONERAGAN et al. (1980) erklärten diesen Verlauf damit, dass sich Kupfer in die jüngeren Blätter und Samen verlagert und somit der Kupfer-Gehalt der Pflanze ausgedünnt wird. FLEMING (1973) bestätigte diesen Verlauf zwar für Gräser, nicht aber für Leguminosen.

In den neueren Versuchen von TERÖRDE (1997) stiegen die Kupfergehalte bis zum Spätsommer an, um dann im Herbst unterschiedlich stark abzufallen. Dabei lagen jedoch die Werte im Herbst insgesamt höher als im Frühling. Keinen jahreszeitlichen Veränderungen KNABE (1967), McPHERSON und HEMINGWAY (1968), KIRCHGESSNER et al. (1971) sowie UNDERWOOD (1981) feststellen. Dagegen konnten steigende Kupfergehalte während der Vegetationsperiode von HEMINGWAY (1962), FLEMING (1968) oder PAHL et al. (1970) ermittelt werden. REITH (1965) stellte höhere Kupfergehalte im Herbst als im Frühjahr fest. Nach FORBES (1978) sind spätere Schnitte kupferreicher als frühere. Er vermutete, dass die Kupferaufnahme der Pflanze durch Lichtintensität und steigende Temperaturen beeinflusst wird.

3. Botanische Zusammensetzung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Kupfergehalt in Kräutern und Leguminosen höher liegt als in Gräsern. Für die Leguminosen bestätigten dies WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957), FLEMING (1965), PIATKOWSKI et al. (1990) und McDOWELL (1992) (Tab. 17), für die Kräuter WÖHLBIER und

KIRCHGESSNER (1957) oder MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) in ihren Versuchen mit Löwenzahn.

4. Physisch-geographische Zusammensetzung des Bodens

Auf den Kupfergehalt einer Weide hatte die geologische Herkunft des Bodens eine erheblich differenzierende Bedeutung. Diluviale Sande, Torf- und Moorstandorte sind kupferarme Böden, wie ANKE et al. (1980, 1994a, 1994b) mehrfach feststellten. Diese Böden waren etwa 30 bis 50 % ärmer an Kupfer als die Verwitterungsböden der Rotliegenden (ANKE et al., 1994a). Dass diluviale Sande und Moorböden kupferarm sind, wurde auch von ANKE und SZENTMIHALY (1986), SZENTMIHALY et al. (1986), REGIUS-MÖSCSEENYI und SZENTMIHALY (1983), PIATKOWSKI et al. (1990), ANKE et al. (1993), WIESNER (1970) und MEYER et al. (1993) bestätigt. WIESNER (1970) wies einen Kupfergehalt der Weide auf Mangelböden von unter 5 mg/kg TS bzw. auf normalen Böden von 10 bis 15 mg/kg TS nach. Im Boden waren nach ANKE et al. (1987) im Mittel 20 mg Kupfer / kg festzustellen. Organische Böden können sogar noch höhere Gehalte aufweisen, denn das Kupfer kommt in der Regel aus den verwitterten Gesteinen bzw. der organisch bodenbildenden Masse. TERÖRDE (1997) jedoch bestätigte diese Ergebnisse nicht.

5. Temperatur

Die Temperatur hatte nicht nur grundsätzlich sondern auch unterschiedlichen Einfluss bei verschiedenen Pflanzenarten (REID und HORVATH, 1980). Bei Kupfer verhielten sich die von SMITH (1970a, 1970b, 1971) untersuchten Pflanzen Brome Grass und Timothy unterschiedlich zu Alfalfa. In Brome Grass und Timothy war der Kupfergehalt bei niedrigeren Temperaturen höher, in Alfalfa dagegen stieg der Kupfergehalt bei höheren Temperaturen an (SMITH, 1970a; 1970b; 1971).

6. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

Auf trockenem Boden liegt eine bessere Kupferverfügbarkeit vor, wie McDOWELL (1985) und ANKE et al. (1987) angaben.

7. pH-Wert des Bodens

Auf leicht saurem Boden ist die Verfügbarkeit des Kupfers für die Pflanze günstiger (McDOWELL, 1992). Mit steigendem pH-Wert sinkt die Kupferaufnahme, wobei sich gleichzeitig die Molybdänaufnahme der Pflanzen erhöht. Entscheidend ist, dass dadurch das Kupfer-Molybdän-Verhältnis immer ungünstiger wird (s.u. 8. Antagonisten McDOWELL, 1992). REID und HORVATH (1980) analysierten nur einen leichten Abfall bei zunehmendem pH-Wert. Der pH-Wert hatte auf den Kupfergehalt einen geringeren Einfluss als auf andere Spurenelemente. Basische Gesteine sind reich an Kupfer, saure wesentlich ärmer. Im Humus gebundenes Kupfer ist nur schwer verfügbar für die Pflanzen. Kupfer ist zwar bei einem niedrigeren pH-Wert für die Pflanzen leichter verfügbar, doch wird der Einfluss des pH-Werts vom Tongehalt des Bodens bzgl. der Verfügbarkeit von Kupfer überlagert. Da neutrale Böden in der Regel reich an Ton sind, sind sie somit auch reich an Kupfer (insg. ANKE et al., 1987). BEESON (1978) gab den optimalen pH-Wert für kupferreiche Böden von 5,0 bis 7,0 an.

8. Antagonisten

Nach McDOWELL (1985) und ANKE et al. (1987) stellte sich eine hohe Kupferkonzentration in den Pflanzen ein, wenn Antagonisten insbesondere Molybdän und Schwefel fehlen und nur ein geringer Anteil an organischen Substanzen bzw. Humus vorliegen. Moor- und Torfstandorte sind reich an organischen Substanzen und Humus, sie binden das Kupfer im Boden und daher sind die Pflanzen arm an Kupfer (ANKE, 1994b; Anke, 1987). Nach REID und HORVATH (1980) ist eine hohe Konzentration von organischem Material im Boden für geringe Kupfergehalte in Pflanzen verantwortlich, denn Kupfer ist an organische Komplexe gebunden (LONERAGAN, 1975). Nach SILLANPÄÄ (1972) war Kupfer generell niedrig in organischen Böden.

Bor, Zink und Molybdän zeigen an der Wurzeloberfläche antagonistische Effekte auf das Kupfer (BEESON, 1978) an. Zink und organisches Material waren nach DELHAIZE et al. (1987) Antagonisten für Kupfer.

9. Kontamination

Kontamination mit Erde beeinflusste den Kupfergehalt nur wenig (ANKE, 1987). Das Kupfer aus den Exkrementen der Rinder ist für die Pflanzen nur schwer verfügbar PIATKOWSKI et al. (1990).

10. Einfluss aller Parameter auf den Kupfer-Gehalt der Pflanze

Während HARTMANS (1970) keine Beziehung zwischen Boden, Pflanze und Tier bzgl. Kupfergehalte feststellen konnte, herrschte nach FORBES (1978) eine enge Beziehung zwischen dem Kupfergehalt im Boden und in der Pflanze. Diese Diskrepanz war vermutlich dadurch zu erklären, dass diese Zusammenhänge erst bei sehr niedrigen Kupferwerten im Boden zum Tragen kommen (unter 5 mg Cu / kg TS).

Tab. 17. Kupfergehalte im Weidegras

| Cu (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|---|---|---------------------------|-------------|
| 7,3 ± 2,0 11,7 ± 4,1 8,9 ± 1,8 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 9,1 | o.A. | DLG | 1960 |
| 8,6 ± 2,1 7,6 ± 1,8 7,3 ± 1,3 | 1.Umtrieb 2.Umtrieb 3.Umtrieb | Anke et al. | 1961 |
| 9,62 | o.A. | Schaumlöffel und Werner | 1961 |
| 8,74 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 2-50 (X=20) | o.A. | Reid und Horvath | 1980 |
| 2-20 | o.A. | Delhaize et al. | 1987 |
| 11,2 ± 1,6 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April – Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1971 |
| 10,6 ± 1,3 10,1 ± 2,1 | 1.Schnitt 2.Schnitt, Löwenzahn Ende April – Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 19,4 ± 5,9 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 8,2 8,1 | auf extensiven Weide auf intensiven Weiden | DLG | 1973 |
| 7,0 4,2 | mit Erde verschmutztes Grünfutter nicht verschmutztes Grünfutter | Healy | 1973 |
| 7,8-9,1 9,0-9,7 | Weidegras Wiesengras | Kirchgessner | 1992 |
| 5 15 | Gräser Leguminosen | McDowell | 1992 |
| 9 | o.A. | Anke et al. | 1994a |

| Cu (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|---------------------------|--|----------------|-------------|
| 9,6 10,8 8,5 8,7 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 7,5 | o.A. | Groppel | 1995 |
| 11,1 ± 4,2 10,8 ± 1,5 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 9,4 ± 2,9 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 18. Kupfergehalte im Raufutter

| Cu (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|----------------------|---|---------------------------|-------------|
| 7,6 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 8,8-47,4 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 9 | Heu | Anke | 1977 |
| 7,0 6,4 8,7 | Wiesenheu 1.Schnitt vor der Blüte 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte 2.Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 6,3 4,1 | Heu LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |
| 4,8-19,6 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 6 | Heu | Gabe | 2000 |
| 3-5 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 8,2 5,9 | Grassilage LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |

▪ Zink

1. Wachstumsdauer

Der Zinkgehalt der Pflanzen sinkt mit zunehmendem Alter der Pflanzen (MAYLAND, 1975; UNDERWOOD, 1981; McDOWELL, 1992; PIATKOWSKI et al., 1990). Nach ANKE et al. (1994 b) sank Zinkgehalt von Wiesenrotklee und Wiesenschwingel während des Alterns um die Hälfte, von Luzerne um ein Viertel und von Ackerrotklee um ein Drittel.

Die Beziehung zwischen dem Alter und dem Zinkgehalt der Pflanzen wurde an Wiesengras (KIRCHGESSNER, 1957 a, b), an Weidegras (KIRCHGESSNER et al., 1971), an einzelnen Grasarten (KIRCHGESSNER et al., 1967, 1968) sowie an Kräutern, insbesondere Löwenzahn (MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972) untersucht. Für einzelne Grasarten, Leguminosen, Weidegras und Löwenzahn konnte mit dem Alter der Pflanze eine deutliche Abnahme des Zinkgehaltes verzeichnet werden. Die Abnahme des Gehaltes in den einzelnen Grasarten betrug während der gesamten Wachstumsdauer ca. 40%, war aber zum Zeitpunkt des Schossens am stärksten. Der Abfall des Gehaltes war im ersten Schnitt eindeutig, im zweiten Schnitt war anfangs ein Anstieg zu verzeichnen. Im Wiesengras blieb der Zinkgehalt konstant.

2. Vegetationsperiode

Im Verlauf der Vegetationsperiode steigt der Zinkgehalt an. ANKE et al. (1961) konnten mit der Anzahl der Auftriebe einen zunehmenden Zink-Gehalt feststellen. Im Gegensatz hierzu konnten bei Weidegras (KIRCHGESSNER et al., 1971) und bei Wiesengras (GAMMON et al., 1955) keine jahreszeitlichen Veränderungen aufgezeigt werden. Die Untersuchungen von TERÖRDE (1997) ergaben standortbedingte Verläufe. Einige Weiden zeigten einen jahreszeitlichen Anstieg, andere Weiden ließen dagegen zunächst einen Abfall der Zinkgehalte und dann im Herbst wieder einen Anstieg mit zum Teil höheren Werten als im Frühjahr erkennen.

3. Botanische Zusammensetzung

Kräuter und Leguminosen sind gehaltvoller an Zink als Gräser. Dieser Unterschied wurden bei McDOWELL (1992), REID und HORVATH (1980) sowie PIATKOWSKI et al. (1990) differenziert nachgewiesen. Im Vergleich von Kräutern und Leguminosen analysierten WÖHLBIER und KIRCHGESSNER (1957) einen höheren Zinkgehalt in Kräutern. MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) wiesen einen bis zu 1½ höheren Zinkgehalt im Löwenzahn nach im Vergleich zu Gras. Somit ergab sich folgende absteigende Reihung von Zink-Gehalten in Weidepflanzen: Kräuter, Leguminosen, Gräser.

4. Bewirtschaftung

Bei fehlender Düngung wie z.B. auf extensiv bewirtschafteten Weiden ist der Zinkgehalt in der Regel geringer und sogar häufig unter den Bedarfswerten für Rinder, als auf intensiv bewirtschafteten Weiden. Dies führen JILG und BRIEMLE (1993) sowie LAIBLIN und MTZNER (1996) aus.

5. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Löß-, Muschelkalk-, Bundsandstein- und Keuperstandorte sind besonders arm an Zink (PIATKOWSKI et al., 1990).

6. Klima

In kalten, nassen Jahreszeiten tritt häufiger ein Zinkmangel im Aufwuchs auf; dies steht vermutlich mit der herabgesetzten Zinklöslichkeit im Zusammenhang (REUTER, 1975). REID und HORVATH (1980) untersuchten den unterschiedlichen Einfluss von Mineralstoffen bei unterschiedlichen Temperaturbedingungen in Abhängigkeit von Pflanzenarten. Einen konkreten Nachweis lieferte SMITH (1970a, 1970b, 1971) mit seinen Untersuchungen an den Pflanzen Brome grass, Timothy und Alfalfa, die alle bei höheren Temperaturen einen Anstieg im Zink-Gehalt aufwiesen.

7. Wassergehalt des Bodens

„Poor Drainage“ des Bodens erhöht den Zinkgehalt im Futter (McDOWELL, 1992). Diese Feststellung deckt sich mit den oben ausgeführten Angaben.

8. pH-Wert des Bodens

Ein steigender pH-Wert im Boden vermindert sowohl die Verfügbarkeit des Zinks als auch die Aufnahmemöglichkeit von Zink für die Pflanzen (McDOWELL, 1992). BEESON (1978) gibt den optimalen pH-Wert für Zink im Boden mit 5,0 bis 7,0 an.

9. Antagonisten

Phosphor, Bor, Eisen und Kupfer haben antagonistische Effekte an der Wurzeloberfläche gegenüber Zink, dafür zeigen Stickstoff und toxisches Bor synergistische Effekte (BEESON, 1978). VOIGTLÄNDER und JACOB (1987)

sowie GRÜN et al. (1994) führten aus, dass hohe Phosphorgehalte und organische Substanzen die Verfügbarkeit von Zink im Boden verschlechtern.

10. Kontamination

Weidefutter, das Emissionen ausgesetzt ist, weist bis zu 50 mal höhere Zinkgehalte als nicht kontaminierter Aufwuchs auf (MILLS und DALGARNO, 1972).

Tab. 19. Zinkgehalte im Weidegras

| Zn (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|--|---------------------------|-------|
| 24 ± 6 35 ± 11 22 ± 5 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 34 | o.A. | DLG | 1960 |
| 36 ± 10 33 ± 6 41 ± 13 | 1. Umtrieb 2. Umtrieb 3. Umtrieb | Anke et al. | 1961 |
| 33,6 ± 5,2 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1971 |
| 27,1 ± 4,6 44,8 ± 5,4 | 1. Schnitt 2. Schnitt, Löwenzahn Ende April – Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 35,5 ± 4,77 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 30 18 | mit Erde verschmutztes Grünfutter nicht verschmutztes Grünfutter | Healy | 1973 |
| 28 (12-112) 28 (11-260) | Gräser Leguminosen | McDowell | 1992 |
| 35,8 40,0 38,8 34,8 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 7,5 | o.A. | Groppel | 1995 |
| 36,9 ± 15,1 39,0 ± 8,9 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 44 ± 20 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 20. Zinkgehalte im Raufutter

| Zn (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|---------------|---|---------------------------|------|
| 21 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 30-46 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 35 | Heu | Anke | 1977 |
| 32 | Wiesenheu 1.Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 28 | 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte | | |
| 24 | 2.Schnitt vor der Blüte | | |
| 26,5 | Wiesenheu 1.Schnitt Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland | Jilg und Briemle | 1993 |
| 32,1 | Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 30,0 | Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 41,4 | Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald | | |
| 26,4 | Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 38,5 | Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 44 | Heu LUFA Bonn | aus Weiß | 1996 |
| 24 | LUFA Kiel | | |
| 26-53 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 19-31 | Heu | Gabe | 2000 |
| 18-86 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 50 | Grassilage LUFA Bonn | aus Weiß | 1996 |
| 29 | LUFA Kiel | | |

▪ Mangan

1. Wachstumsdauer

Der Mangan-Gehalt der Pflanzen sinkt mit zunehmendem Alter (KIRCHGESSNER, 1987, PIATKOWSKI et al., 1990, ANKE et al., 1994b). Dieser Trend ist bei Gräsern stärker gegeben als bei Kräutern und Leguminosen (PIATKOWSKI et al., 1990). Beziehungen zwischen Alter und Mangan-Gehalt haben an Weidegräsern KIRCHGESSNER et al. (1971), an einzelnen Grasarten (KIRCHGESSNER et al., 1960), an Leguminosen (KIRCHGESSNER et al., 1967, 1968) sowie an Kräutern insbesondere Löwenzahn (MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972) untersucht. Im Wiesengras

konnte keine Beziehung zwischen dem Mangangehalt und dem Alter nachgewiesen werden, während für unterschiedliche Grasarten ein leichter Anstieg verzeichnet wurde. Im Gegensatz dazu wurde bei Weidegras tendenziell ein abnehmender Mangan-Gehalt festgestellt. Nur bei Löwenzahn und Leguminosen wurde ein deutlicher Rückgang des Mangan-Gehaltes nachgewiesen, der jedoch im zweiten Auftrieb im Falle von Löwenzahn nicht mehr bestätigt werden konnte.

2. Vegetationsperiode

Der Mangan-Gehalt im Aufwuchs unterliegt keinem einheitlichen jahreszeitlichen Verlauf (ANKE et al., 1961; HEMINGWAY, 1962; KIRCHGESSNER et al., 1960; KIRCHGESSNER et al., 1971). KIRCHGESSNER et al. (1971) konnten für die einzelnen Auftriebe unterschiedliche Verteilungen der Manganwerte ermitteln. Während des ersten Umtriebs lagen die Manganwerte auf hohem Niveau mit einem weiteren leichten Anstieg, beim zweiten Umtrieb fielen die Manganwerte von Höchstwerten gegen Ende des Umtriebs deutlich ab. Der dritte Umtrieb zeigte von einem hohen Niveau ausgehend unmittelbar fallende Manganwerte, während der vierte Umtrieb nur mehr sehr niedrige, fast konstante Manganwerte aufwies. Zusammenfassend ist ein deutlicher jahreszeitlicher Trend mit insgesamt fallenden Werten abzuleiten. KNABE (1967) gab im Gegensatz dazu einen vom ersten bis zum letzten Umtrieb zunehmenden Mangangehalt an, während wiederum FLEMING (1968) einen zurückgehenden Mangangehalt im Weidegras ermittelte. Die Unterschiede liegen möglicherweise in der Art des Bodens, des Klimas oder der Düngung begründet. TERÖRDE (1997) konnte in ihren Versuchen während der Vegetationsperiode einen deutlichen Anstieg (300%) der Mangangehalte verzeichnen. Im Herbst fielen die Werte wieder ab. Sie lagen jedoch in allen Fällen im Herbst höher als im Frühling.

3. Botanische Zusammensetzung

Die botanische Zusammensetzung einer Weide hat nach ANKE et al. (1961) einen erheblichen Einfluss auf den Mangangehalt der Weidepflanzen. Manganreiche Pflanzen sind z.B. Weidegras und Wiesenheu, im Vergleich dazu

besitzen Mais, Luzerne, Rotklee, Weidelgras, Rüben und Getreidekonzentrationen deutlich niedrigere Manganwerte (ANKE et al., 1984). Ebenso bestätigen VOIGTLÄNDER et al. (1972), LANG et al. (1972) und ANKE et al. (1994b), dass Dauergrünland manganreicher ist als Luzerne und andere jährliche Ackerfutterpflanzen.

Unterschiedliche Weidepflanzen zeigen deutliche Unterschiede im Mangan-Gehalt. Dabei sind Gräser manganreicher als Leguminosen und Kräuter (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987; ANKE et al., 1994c; GROPPPEL, 1995, REID und HORVATH, 1980, MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972). Unter den Grasarten sind Knaulgras, Rotschwingel und Weidelgras besonders reich an Mangan (ANKE et al., 1961; ANKE et al., 1994c; WIESEMÜLLER 1994).

4. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Auf diluvialen Sanden erreichen die Pflanzen einen höheren Mangangehalt (WIESNER, 1970; WIESEMÜLLER, 1994); diese Aussage wird von COMBERG und MEYER (1963) auch für Moorböden getroffen. Manganarmen Aufwuchs findet man eher auf Löß-, Muschelkalk-, Keuper-, Gneisverwitterungsböden, Auen und Niedermoor (PIATKOWSKI et al., 1990; ANKE et al., 1994b, 1994c). Moorstandorte mit einem hohen Kalkgehalt und einem pH-Wert von ~ 7,0, sowie anmoorige, humöse Sandböden sind manganarm (WIESNER, 1970; VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987). Weiden auf Moorböden haben ca. 30% weniger Mangan als Weiden auf Sandböden; so entsteht zum Beispiel die Dörrfleckkrankheit des Hafers und des Grases häufig im Hoch- und Niedermoor, selten jedoch auf Sandboden (ANKE et al., 1984).

5. Temperatur

Unter höheren Temperaturen (32°C tagsüber bzw. 24°C nachts) steigt nach SMITH (1970a, 1970b, 1971) der Mangangehalt der Pflanzen im Vergleich zu Bedingungen unter niedrigen Temperaturen (18°C tagsüber bzw. 10°C nachts) an.

6. Feuchtigkeit bzw. Niederschlag

Trockenheit beeinträchtigt die Löslichkeit von Mangan. So kann eine starke Entwässerung einen Manganmangel begünstigen, während sich bei hohen Niederschlägen Mangan ausreichend lösen kann (WIESNER, 1970).

7. pH-Wert des Bodens

Mit sinkendem pH-Wert im Boden nimmt der Mangangehalt deutlich zu (MITCHEL, 1957; FLEMING, 1973; REID und HORVATH, 1980; VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987; MEYER et al., 1993; GRUNERT, 1993 und UNDERWOOD, 1981). Ein saurer Boden zeigt eine eher manganreiche Flora. Synitverwitterungsböden und diluviale Sande sind eher manganreich, wohingegen Muschelkalk- und Keuperverwitterungsböden mit einem neutralen pH-Wert das manganärmste Futter hervorbringen (ANKE et al., 1984). Oberhalb von einem pH-Wert von 6,3 können Manganmangelerscheinungen auftreten (WIESNER, 1970). Bereits ab einem pH-Wert von über 6 liegt eine schlechte Verwertung von Mangan für die Pflanzen vor; kommt noch eine intensive Kalkung hinzu, verschlechtert sich die Manganverwertung zusätzlich, (PIATKOWSKI et al., 1990). VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) bestätigten ebenfalls, dass bei höheren pH-Werten oder bei Kalkung der Mangangehalt im Aufwuchs sinkt. Dies traf besonders für kalziumreichen Humusböden wie z.B. Niedermoorstandorte zu.

Der für die Mangan-Verfügbarkeit optimale pH-Wert liegt bei 5,0 (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987), nach REID und HORVATH (1980) zwischen 5,0 und 6,5. CHRISTENSEN et al. (1950) konnten ergänzen, dass bei einem pH-Wert Anstieg im Boden von 4,6 auf 6,5 der Mangangehalt um das 20- bis 50-fache sinkt.

Nach KIRCHGESSNER et al. (1960) unterlagen die Mangangehalte großen Schwankungen, da die Manganaufnahme der Pflanzen in starkem Maß von dem Redoxpotential des Bodens abhängt (LUNDEGARDH, 1932; HASLER, 1951). Der pH-Wert des Bodens hängt seinerseits vom Wasserhaushalt des Bodens (KOSEGARTEN, 1956, 1957) und von der Temperatur ab (BOKEN, 1952).

8. Antagonisten

Eisen konkurriert mit Mangan um die Aufnahme an der Wurzel, wie REID und HORVATH (1980) feststellten.

9. Einfluss aller Parameter auf den Mangangehalt der Pflanze

Bei Staunässe, starker Versauerung und Kaliummangel (Bodenverarmung) steigt die Verfügbarkeit des Mangans. Gräser und Kleearten sind weniger gefährdet für Manganschäden, da sie einen höheren arttypischen Manganbedarf als Kräuter und Leguminosen haben. Die Pflanzen bekommen dann bräunliche Spitzen und „schmutzig“ verfärbte Blattspreiten (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987 und PIATKOWSKI et al., 1990). Die Manganaufnahme der Pflanze ist abhängig vom pH-Wert des Bodens, daher gibt es keine direkte Korrelation zwischen den Mangangehalten im Boden und in den Pflanzen (HARTMANS, 1970 und LUNDEGARTH, 1932).

Tab. 21. Mangangehalte im Weidegras

| Mn (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|---|---------------------------|-------|
| 64 ± 41 55 ± 23 40 ± 17 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 957 |
| 91 | o.A. | DLG | 1960 |
| 59 ± 16 60 ± 18 65 ± 15 | 1. Umtrieb 2. Umtrieb 3. Umtrieb | Anke et al. | 1961 |
| 255 | Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September | Comberg und Meyer | 1963 |
| 96 ± 36 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1971 |
| 75 95 | Weidegras 1. Schnitt Weidegras 1. Schnitt | Anke et al. | 1971 |
| 20,7 ± 3,2 20,3 ± 1,7 | 1. Schnitt 2. Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 136,6 ± 32 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwengel | Müller-Reh | 1972 |
| 100 60 | mit Erde verschmutztes Grünfutter nicht verschmutztes Grünfutter | Healy | 1973 |
| 25,5 37,8 31,5 47,3 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwengel Ende April – Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |

| Mn (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|-----------------------|--|----------------|------|
| 131 ± 74 146 ± 111 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 176 ± 105 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 22. Mangengehalte im Raufutter

| Mn (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|---|--|---------------------------|------|
| 69 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 42-217 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 50 | Heu | Anke | 1977 |
| 86 108 112 | Wiesenheu 1.Schnitt vor der Blüte 1.Schnitt Mitte bis Ende der Blüte 2.Schnitt vor der Blüte | Kirchgessner | 1992 |
| 62,4 98,8 141,4 214,4 76,4 202,0 | Wiesenheu 1.Schnitt Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland Jungmoräne, ungedüngt; Alpenvorland | Jilg und Briemle | 1993 |
| 136 102 | Heu LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |
| 41-256 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 42-127 | Heu | Gabe | 2000 |
| 14-47 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 159 115 | Grassilage LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |

▪ Eisen

1. Wachstumsdauer

Wie bei ANKE et al. (1994b) dargestellt, nimmt der Eisengehalt mit der Wachstumsdauer deutlich ab. Der Eisengehalt ist abhängig vom Blatt-Stängel-Verhältnis, d.h. je mehr die Blattmasse den Stängelanteil übertrifft, desto größer

ist ihr Eisenanteil (ANKE et al., 1961). Da mit fortschreitender Alter das Blatt-Stängel-Verhältnis sich zugunsten des Stängelanteils verschiebt, sinkt auch der Eisengehalt. Dies trifft auch zu für unterschiedliche Grasarten, Leguminosen und Kräuter (KIRCHGESSNER et al, 1960, KIRCHGESSNER et al., 1968, KIRCHGESSNER et al., 1971, KIRCHGESSNER und Müller, 1972).

2. Vegetationsperiode

KIRCHGESSNER et al. (1960) fanden eine deutliche Abnahme des Eisengehaltes während des Rispen- bzw. Ährenschiebens, während der Blüte einen gleich bleibenden Eisengehalt und nach Beendigung der Blüte eine starke Anreicherung des Eisens in den Gräsern. Dass die Gehalte in Weidegras und Weißklee im Herbst höher sind als im Frühling, bestätigten auch ANKE et al. (1961) und HEMINGWAY (1962). Der geringste Eisengehalt lag im zweiten Umtrieb vor, was vermutlich am veränderten Blatt-Stängel-Verhältnis zu diesem Zeitpunkt lag; denn das Eisen reichert sich in höherem Maße in den Blättern als im Stängel an (HEMINGWAY, 1962). Nach KIRCHGESSNER et al. (1971) änderte sich jedoch der Eisen-Gehalt im Verlaufe der Vegetationsperiode teilweise gegensätzlich. TERÖRDE (1997) fand im Frühjahr leicht fallende Werte und zum Herbst hin bis zu dreimal höhere Werte als im Frühjahr.

3. Botanische Zusammensetzung

Leguminosen und Kräuter besitzen einen höheren Eisen-Gehalt als Gräser (WÖHLBIER und KIRCHGESSNER, 1957). Im Gegensatz dazu maßen MÜLLER und KIRCHGESSNER (1972) etwa gleich hohe Eisenwerte in Löwenzahn und in Gräsern. Gründe für diese abweichenden Erkenntnisse wurden dort nicht angegeben.

4. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens

Eine Rotfärbung des Bodens resultiert überwiegend aus einem hohen Eisenanteil, der 3% bis 6% Eisenanteile enthält; legt man den Eisengehalt in den Rotlegenden mit 100 Punkten fest, so erhalten diluviale Sande verhältnismäßig hoch noch 92 Punkte bzw. Moor und Torf rangieren bei 83 Punkten (ANKE et al., 1984). Auch VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) beschreiben Eisen als ein Element, das im Vergleich mit anderen

Spurenelementen mit hohem Gehalt im Boden vorkommt (0,5 -5%). Hochmoore sind eisenarm, auf kalkreichen und leichten Böden liegt eher ein Eisenmangel vor (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987).

5. Bodentemperatur

Bei höheren Temperaturen (32°C tags, 24°C nachts) steigt der Eisengehalt der Pflanzen im Vergleich zu niedrigen Temperaturen (18°C tags, 10°C nachts) an (SMITH, 1970a, 1970b, 1971).

6. pH-Wert des Bodens

Der optimale pH-Wert liegt nach REID und HORVATH (1980) bei 4,5 bis 6,0. Saurer Boden fördert die Verfügbarkeit und die Aufnahme von Eisen für die Pflanze (McDOWELL, 1992).

7. Antagonisten

Die Eisenverfügbarkeit sinkt für die Pflanze, wenn Kalk oder ein hoher pH-Wert vorliegen bzw. wenn Phosphat oder Kalium überhöht im Boden angereichert sind. Außerdem fällt der Eisengehalt, wenn Mangan, Nickel, Kupfer, Zink oder Kobalt in höheren Gehalten vorliegen (VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987). REID und HORVATH (1980) geben folgende Antagonisten der Wurzeloberfläche an: toxisches Bor, Kupfer, Zink, Molybdän, Mangan, Cadmium, Quecksilber und Blei sowie weitere Interaktionen innerhalb der Pflanze mit Zink, Molybdän, Phosphor, Mangan und Schwefel.

Eisengehalte über einer Grenze von 500 mg/kg TS (MÄNNER und BRONSCH, 1987) bzw. 400 mg/kg TS (MÄNNER und LAIBLIN, 1998) wirken sich indirekt toxisch auf die Resorption von Kupfer und Zink aus. Eisen-Schwefel-Komplexe werden im Labmagen gespalten, so dass das freie Sulfid unlösliche Komplexe mit Kupfer eingeht (GENGELBACH et al., 1994).

8. Kontamination

Der Eisen-Gehalt einer Pflanze variiert stark mit den Boden- und den Klimaverhältnissen. Auch die Bodenkontamination besitzt einen starken Einfluss auf den Eisen-Gehalt (McDOWELL, 1992).

Tab. 23. Eisengehalte im Weidegras

| Fe (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|--|---|---------------------------|-------|
| 100-700 | Gras und Leguminosen | Beeson | 1941 |
| 59 ± 13 116 ± 17 83 ± 19 | Gräser Kräuter Leguminosen | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 229 | o.A. | DLG | 1960 |
| 261 ± 89 190 ± 81 284 ± 106 | 1.Umtrieb 2.Umtrieb 3.Umtrieb | Anke et al. | 1961 |
| 190 ± 90 | Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli | Kirchgessner et al. | 1971 |
| 86 ± 35 62 ± 4 | 1.Schnitt 2.Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September | Müller und Kirchgessner | 1972 |
| 349-4712 | Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel | Müller-Reh | 1972 |
| 250 150 | mit Erde verschmutztes Grünfutter nicht verschmutztes Grünfutter | Healy | 1973 |
| 60-2650 | verschiedene wildwachsende Arten (70% zwischen 100 und 500, die meisten zwischen 200 und 300) | Voigtländer und Jacob | 1987 |
| 158 138 108 127 | Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni | Anke et al. | 1994b |
| 300 ± 270 342 ± 189 | Mai - Juni August - September | Finkler-Schade | 1997 |
| 128 ± 50 | Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen), letzte Düngung 1989, Mai - November | Terörde | 1997 |

Tab. 24. Eisengehalte im Raufutter

| Fe (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------|------|
| 220 | Wiesenheu | Wöhlbier und Kirchgessner | 1957 |
| 106-439 | Heu | Müller-Reh | 1972 |
| 260 | Heu | Anke | 1977 |
| 485 90 | Heu LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |
| 245-342 | Heu | Finkler-Schade | 1997 |
| 176-248 | Heu | Gabe | 2000 |
| 130-134 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 1207 250 | Grassilage LUFA Bonn LUFA Kiel | aus Weiß | 1996 |

▪ Selen

Unabhängig von Weideart und Raufuttergabe liegt im Grundfutter eine generelle Selenmangelversorgung vor (SPIEKERS et al., 1990, HEIKENS, 1992, SCHÖNTHALER, 1998). Alle Autoren empfehlen daher eine Zufütterung mit Mineralfutter, um diesen Selenmangel auszugleichen.

1. Vegetationsperiode

Das Vegetationsstadium der Pflanze ist entscheidend für ihren Selengehalt. So war nach MENZEL (1974) im Frühjahr die Selenkonzentration in den Pflanzen hoch, sank dann innerhalb einiger Wochen bedingt durch rasches Wachstum der Pflanzen deutlich ab, um im Herbst erneut anzusteigen. LANE und FLEMING (1966) beschrieben eine deutliche Steigerung mit zunehmender Reife. Nach ROSENFELD und BEATH (1964) waren hierfür ursächlich, dass mit fortschreitender Reife das Wurzelsystems weiter ausgebildet ist und das Wachstum sistiert. Sie beschrieben einen Anstieg des Selengehaltes bis zur Samenausbildung mit einem Maximum bei der Reife des Samens. Im Fruchtstadium enthielten auch Stängel, Blätter und Wurzeln vermehrt Selen.

Der jahreszeitliche Verlauf des Selengehaltes in der Pflanze ist jedoch stark abhängig vom verfügbaren Selengehalt des Bodens. Liegt nur eine geringe Menge im Boden vor, ist der Gehalt in jungen Gräsern höher als in reifen. Auf Böden mit hohem Selengehalt verhält es sich nach BEATH et al. (1937) genau umgekehrt.

Selen liegt unterschiedlich verteilt in den Pflanzenteilen vor. Der Samen enthält deutlich mehr Selen als Stängel und Blätter (BEATH et al., 1937). Ihnen zufolge kann in Körnern und Wurzeln das Dreifache an Selengehalt im Vergleich zu Stängeln und Blättern vorliegen.

2. Niederschlag

In Gebieten mit hohem Niederschlag wird Selen aus den Bodenschichten, die für das Pflanzenwachstum wichtig sind, ausgewaschen, so dass es zu einem Selenmangel kommen kann (BYRERS et al., 1936, 1938, SCHUBERT et al., 1961). Auf Böden mit hohem Gehalt an Tonmineralien wird Selen eher

gespeichert, während auf sandigen Böden mit geringem Anteil organischer Substanzen bis zu 40% des Selens ausgewaschen werden können (HEIKENS, 1992). Mittlere Niederschlagsmengen fördern die Selenaufnahme in den Pflanzen durch schnelleres Wachsen der Pflanzen (ROSENFELD und BEATH, 1964).

3. Physisch-geographische Differenzierung des Bodens und der pH-Wert des Bodens

Die Selenkonzentration in der Pflanze ist stark abhängig vom Selengehalt des Bodens. Der Selengehalt des Bodens, der wiederum vom Ursprungsgestein, von der Verwitterung und dem Grad der Auswaschung bzw. der Anreicherung nach der Auswaschung abhängig ist. Geringe Konzentrationen liegen in der Erdkruste, hohe Konzentrationen in Sulfid-Gesteinen vor. Schiefer enthält generell höhere Selenkonzentrationen als sandiger Boden (REID and HORVATH, 1980). Grünlandböden haben einen signifikant höheren Selengehalt als Ackerböden auf vergleichbaren Standorten (BAHNERS, 1987). Die Ursache liegt vermutlich in der geringeren Nutzungsintensität und dem damit verbundenen geringeren Entzug von Selen über den Pflanzenertrag (GARDINER und GORMANN, 1963).

Selen kann in verschiedenen Formen im Boden vorliegen. Es liegt entweder als Selenid oder als freies Element vor. In sauren Böden liegt Selen als Selenit an Eisen gebunden vor, in basischen Böden oxidiert es weiter zu löslichem Selenat. Selenit ist für die Pflanzen schwer verfügbar. Selenat ist sehr gut verfügbar und kommt insbesondere in trockenen Gegenden vor (REID and HORVATH, 1980). Die Verteilung des Selens im Bodenprofil ist wichtig, um auf den Selengehalt in den Pflanzen schließen zu können. In Regionen mit starkem Niederschlag wird das Selen in tiefere Schichten ausgewaschen und ist dann nur für tief wurzelnde Pflanzen verfügbar (REID and HORVATH, 1980).

Nach REID and HORVATH (1980) variierte der Selengehalt der Pflanzen in Abhängigkeit von der Pflanzenspezies, dem Reifegrad der Pflanzen und der Anwesenheit anderer Elemente wie Schwefel oder Phosphor im Boden.

4. Botanische Zusammensetzung

Nach ROSENFELD und BEATH (1964) werden die Pflanzen je nach ihrer Fähigkeit, Selen aufzunehmen zu können, in drei Gruppen eingeteilt:

1) „Indikator-Pflanzen“ (synon. accumulator, converter)

Diese Pflanzen haben eine sehr hohe Affinität zu Selen. Sie wachsen auf stark selenhaltigen Böden und zeigen diese als Indikatoren somit an. Sie sind in der Lage Selen aus allen Gesteinsschichten aufzunehmen und geben Selen wieder an den Boden ab, wenn sie verrotten. Das hiermit wieder verfügbare Selen wird dann für alle Pflanzen verwertbar. Eine Indikator-Pflanze kann einen 100fach höheren Seelengehalt haben als eine Nichtindikator-Pflanze, die direkt daneben wächst. Indikatorpflanzen enthalten 20.000-30.000 mg Selen/kg TS. Zu ihnen gehören Astragalus, Haplopappus, Machhaeeeranthera und Stanleya.

2) „sekundäre Indikator-Pflanzen“

Diese zweite Gruppe von Indikatorpflanzen wird auch „Absorbierer“ genannt. Sie enthalten bis zu 100 mg Selen/kg TS aber nur bei hoher Selenkonzentration des Bodens. Zu ihnen gehören Aster, Atriplex und Grindelia.

3) Pflanzen ohne besondere Affinität zu Selen

Diese Pflanzen enthalten unter 30 mg Selen/kg TS. Zu ihnen gehören Getreidearten bzw. andere Gräser.

In Europa kommen Astragalusarten als Indikatorpflanzen, Aster- und Atriplexarten als sekundäre Indikatorpflanzen vor. MILTIMORE et al. (1975) fanden keinen Unterschied zwischen Selenkonzentrationen in Leguminosen und in Gräsern. Damit sind Leguminosen den Gräsern gleichgestellt als Pflanzen ohne besondere Affinität zu Selen (Tab. 25).

5. Antagonisten bzw. Synergisten

Hohe Schwefelgehalte führen zu einer Blockade der Selenaufnahme in die Pflanze (McDOWELL, 1992). Auch HURD-KARRER (1938) sowie LEGGET und EPSTEIN (1956) bestätigten, dass die Aufnahme von Selenat kompetitiv durch Sulfat gehemmt wird, wobei nicht die absolute Menge sondern das Schwefel-Selen-Verhältnis entscheidend ist. Kalzium steigert dagegen die Aufnahme des Selens (ULRICH und SHRIFT, 1968).

6. Selengehalte im Raufutter

Der häufig festgestellte Selenmangel im Nährstoffangebot macht eine besondere Betrachtung der Nährstoffgehalte im Raufutter erforderlich (Tab. 25). In der Literatur wurde kontrovers diskutiert, ob der Schnitzeitpunkt, die Gewinnung und die Lagerung für den Selengehalt im Heu entscheidend ist. MENZEL (1974) beschrieb extrem niedrige Selenkonzentrationen von 60 µg/kg TS in Heu, das aus überständigem Gras gewonnen wurde. Nach GARDINER und GORMANN (1963) bedingten ungünstige Witterungseinflüsse während der Ernte ebenfalls niedrige Konzentrationen. GISSEL-NIELSEN (1970) beschrieb bis zu 13% Verlust an Selen während einer 9 Monate dauernden Lagerung aufgrund von direktem Sonnenlicht, Hitze, Ventilation und extremer Humidität. Auch COMBS und COMBS (1984) stellten verminderte Selengehalte im Heu infolge hoher Ernteerträge und Feuchtigkeit fest. ROSENFELD und BEATH (1964) wiesen hingegen auf geringe Selenverluste bei der Konservierung des Futters hin. BISBJERG (1972) gab lediglich 5% Verlust von Selen bei der Lagerung von Heu an.

Bei Silagen kommt es nach MENZEL (1974) zu höheren Selenverlusten die nach seiner Auffassung durch mikrobielle Tätigkeit und anschließende Ausspülung mit dem Sickersaft bedingt sind.

7. Selenbedarf der Tiere

Der Selenbedarf der Tiere ist stark abhängig von der chemischen Form, in der das Selen vorliegt, dem Versorgungsstatus des Tieres und von den Interaktionen anderer Elemente im Futter. Die Selenaufnahme beträgt 35 bis 100% des Angebotes, wobei Vitamin A und E die Resorption positiv beeinflussen. Antagonistisch wirken Schwefel, Kalzium, Kupfer und hohe Gehalte ungesättigter Fettsäuren. Im Pansen können sich schwerlösliche Selenide bilden, die die Resorption erschweren (JEROCH et al., 1999; McDOWELL, 1992).

Selen wird nach der Resorption in Körpereiwweiß eingebaut, wobei der Schwefel aus der Aminosäure ersetzt wird (JEROCH et al., 1999). Eine Funktion dieser Selenoproteine ist als Bestandteil der Glutathionperoxidase im

Antioxidationsystem mitzuwirken. Weitere Funktionen sind noch nicht bekannt. Die unspezifischen Selenoproteine können unter der Voraussetzung der Proteolyse während einer Selenmangelversorgung genutzt werden. Nach McDOWELL (1992) können Tiere somit nach vorhergehender reichlicher Selenversorgung einen nachfolgenden Mangel überdecken. Allerdings werden nach der Unterversorgung bei Selenzufütterung erst die körpereigenen Speicher der Tiere aufgefüllt. Entsprechend haben die Tiere während dieser Zeit einen erhöhten Bedarf an Selen (McDOWELL, 1992).

Tab. 25. Selengehalte im Weidegras

| Se (mg/kg TS) | Weideart | Autor | Jahr |
|------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| 0,16 – 0,32 | Weidegras | Wiesner et al. | 1974 |
| 0,14-0,26 | Weidegras | Menzel | 1974 |
| 0,045 (0,011-0,123) | Weidegras | Bahners | 1987 |
| 0,02 | o.A. | McDowell | 1992 |
| 0,007 – 0,114 | Weidegras | Heikens | 1992 |
| 0,04 | Weidegras | Meyer | 1995 |
| 0,02-0,10 | Weidegras | Schönthaler | 1998 |

Tab. 26. Selengehalte im Raufutter

| Se (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|----------------------|------------------|----------------------------------|-------------|
| 0,04-0,25 | Wiesenheu | Menzel | 1974 |
| 0,13-0,56 | Luzerneheu | | |
| 0,04 – 0,25 | Wiesenheu | Wiesner et al. | 1974 |
| 0,13-0,56 | Luzerneheu | | |
| 0,08 | Wiesenheu | Wilsdorf et al. | 1976 |
| 0,10 | Luzerneheu | | |
| 0,028-0,029 | Wiesenheu | Schäfer und Wollgien | 1986 |
| 0,01 | Heu | Spiekers et al. | 1990 |
| | Norddeutschland | | |
| 0,03 | Süddeutschland | | |
| 0,03 | Heu | LUVA Bonn aus Spiekers et al. | 1990 |
| 0,01 | Heu | LUVA Kiel Aus Spiekers et al. | 1990 |
| 0,011 | Heu | Zentek | 1991 |

| Se (mg/kg TS) | Raufutter | Autor | Jahr |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------|
| 0,014-0,082 | Wiesenheu | Heikens | 1992 |
| n.n. | Wiesenheu 1.Schnitt | Jilg und Briemle | 1993 |
| 0,01 | Lehmboden, gedüngt; Alpenvorland | | |
| 0,04 | Kalkboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 0,01 | Lehmboden, ungedüngt; Schwäb. Alp | | |
| 0,03 | Lehmboden, ungedüngt; Schwarzwald | | |
| 0,07 | Niedermoor, ungedüngt; Alpenvorland | | |
| 0,10 | Wiesenheu | Meyer | 1995 |
| 0,06 | Luzerneheu | | |
| 0,03 | Heu | aus Weiß | 1996 |
| 0,01 | LUFA Bonn | | |
| 0,01 | LUFA Kiel | | |
| 0,01-0,03 | Wiesenheu | Schönthaler | 1998 |
| 0,01-0,03 | Luzerneheu | | |
| 0,01-0,07 | Heu | Hapig | 1999 |
| 0,03-0,06 | Heu | Gabe | 2000 |
| 0,01-0,02 | Stroh | Schönthaler | 1998 |
| 0,04 | Stroh | Gabe | 2000 |
| 0,03 | Grassilage | aus Weiß | 1996 |
| 0,01 | LUFA Bonn | bzw. Spiekers et al. | 1990 |
| 0,01 | LUFA Kiel | | |
| 0,01-0,02 | Grassilage | Schönthaler | 1998 |
| 0,02-0,08 | Grassilage | Hapig | 1999 |

2.3 Bedarfswerte der Tiere

Der Futtermittelbedarf wird im wesentlichen bestimmt durch:

- Erhaltungsbedarf
- Körpermassezuwachs
- Milchproduktion
- Reproduktion

(u.a. WEISSBACH, 1993; GLATZLE, 1990)

GLATZLE rechnete dem energetischen Erhaltungsbedarf je nach Weideaktivität noch den Bedarf mit folgenden Werten hinzu: + 25% für leicht zugängliches Futter, + 50% bei extensiver Hutungsweide und + 75% in bergigem Gelände

und in Trockengebieten. Für die Laktation wurde ein Mehrbedarf von 12% gerechnet. In der frühen Trächtigkeit gab es keinen nennenswerten Mehrbedarf, dafür aber in der Hochträchtigkeit ab dem 7. Monat mit 30%, ab dem 8. Monat 50% und ab dem 9. Monat 80%. Während des Wachstums lag hauptsächlich ein Mehrbedarf an Protein vor, für Masttiere ein solcher an Fett (GLATZLE, 1990). Kühe, die bei der Futteraufnahme Wanderungen von bis zu 5 km zurücklegen müssen, haben einen ca. 10 % höheren Erhaltungsbedarf (HALL und BRODY, 1934; SCHIEMANN et al., 1971).

Nach WEISSBACH (1993) sind für Mutterkühe folgendermaßen Bedarfswerte zu berücksichtigen:

Tab. 27. Erhaltungs- und Leistungsbedarf,
Quelle: WEISSBACH, 1993

| | LM | NEL |
|----------------------------|----------|----------------------|
| Erhaltungsbedarf | 500 kg | 33,3 MJ / Tier / Tag |
| | 550 kg | 36,3 MJ / Tier / Tag |
| | 600 kg | 38,8 MJ / Tier / Tag |
| Körpermassezuwachs | Zunahmen | + 25 MJ / kg |
| | Abnahmen | - 25 MJ / kg |
| Reproduktion | | 1500 MJ / Kalb |
| Gewichtszuwachs des Kalbes | | 33 MJ / kg |

In den letzten zwei Wochen vor der Geburt verringert sich die Aufnahmekapazität des Pansens hormonell und aufgrund des erhöhten Platzbedarfes des Kalbes. Durch den anschließenden laktationsbedingten erhöhten Energiebedarf kann es nach der Geburt zur Ausbildung einer physiologischen Ketose kommen (JEROCH et a., 1999). Ein zusätzliches Problem kann der unterschiedliche Zeitpunkt von vermehrter Futteraufnahme und erhöhtem Energiebedarf sein. Der Laktationshöhepunkt ist etwa 4-8 Wochen post partum, der Appetithöhepunkt etwa 10-14 Wochen post partum. Der Gewichtsverlust zu Beginn der Laktation muss während der späteren Laktation wieder aufgefüllt werden (NAYLOR und RALSTON, 1991; MEYER et al., 1993). Diese Probleme spielen jedoch in der extensiven Mutterkuhhaltung aufgrund der geringeren Milchleistung gegenüber den Milchhochleistungskühen eine untergeordnete Rolle.

Nach BAUER, STEINWENDER & STODULKA (1997) ergab sich folgender jahreszeitlicher Verlauf für den Energiebedarf der Mutterkühe unter der Voraussetzung von 600 kg Lebendgewicht und 3000 kg Milchleistung. In Abbildung 5 wird deutlich, dass der Erhaltungsbedarf einen hohen Anteil am Gesamtbedarf einnimmt. Bei Trächtigkeit steigert sich der Mehrbedarf um bis zu 50%, bei Milchleistung um das bis zu Dreifache des Erhaltungsbedarfs. Der Weidegang selbst beansprucht ca. 25%.

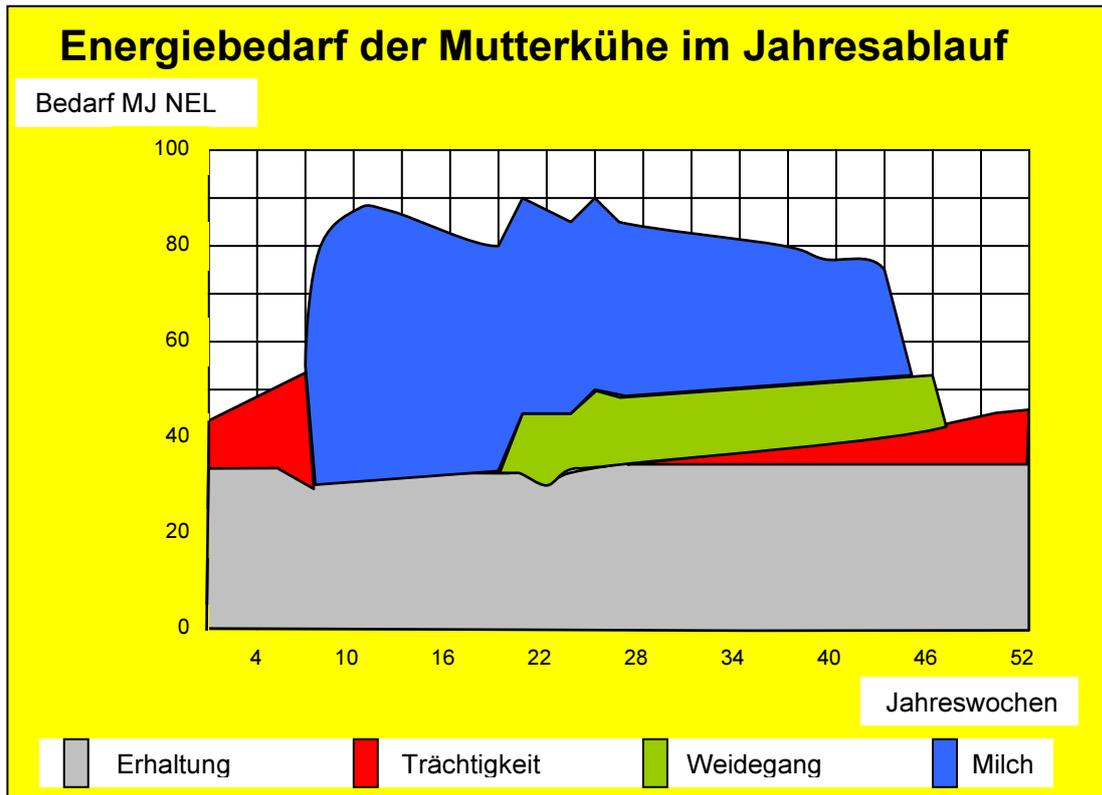


Abb. 5. Energiebedarf der Mutterkühe im Jahresablauf
Quelle: Bauer, Steinwender und Stodulka, 1997

Nach BALLIET und WASSMUTH (1993) ist zu bedenken, dass bei einer Abkalbung im Februar/ März selbst bei hoher Grundfutterqualität der energetische Bedarf der Mutterkühe nicht gedeckt werden kann. Nach Weidebeginn ist der NEL-Bedarf bis zum Absetzen der Kälber gedeckt, auch wenn die Energiekonzentration mit den Weidewochen abnimmt. Ein früheres Abkalben (Dezember/ Januar) verlängert den Zeitraum intensiver Zufütterung für die Mutterkühe, aber auch den Zeitraum des Absetzens.

In der Tabelle Tab. 28 werden die Bedarfswerte der Mengen- und Spurenelementen sowie des Rohproteins und der Energie für extensiv gehaltene Mutterkühe nach Erhaltungs- und Leistungsbedarf dargestellt. Auf diese Werte wird nachfolgend zur Darstellung des Versorgungsstatus Bezug genommen.

Tab. 28. Bedarfswerte
Zusammenstellung nach MÄNNER, o. J.

| | Ca in g | P in g | Na in g | K in g | Mg in g | Cu in mg | Zn in mg | Mn in mg | Fe in mg | Se in mg | Rp in g | NEL in MJ |
|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| Erhaltungs- Bedarf | 20,0 | 20,0 | 6,0 | 60,0 | 10,0 | 90,0 | 450,0 | 540,0 | 450,0 | 2,7 | 425,0 | 37,0 |
| Gravidität 6. -4. Wo a.p. | 30,0 | 25,0 | 11,0 | 60,0 | 14,0 | 90,0 | 450,0 | 540,0 | 450,0 | 2,7 | 970,0 | 49,0 |
| Gravidität 3. Wo a.p. - Geburt | 30,0 | 25,0 | 11,0 | 60,0 | 14,0 | 100,0 | 550,0 | 660,0 | 550,0 | 3,6 | 1060,0 | 55,0 |
| Laktation 7l Milchleistung | 41,0 | 26,0 | 12,0 | 81,0 | 18,0 | 110,0 | 550,0 | 660,0 | 550,0 | 3,6 | 1020,0 | 59,2 |
| Laktation 10l Milchleistung | 50,0 | 31,0 | 13,0 | 90,0 | 20,0 | 120,0 | 600,0 | 720,0 | 600,0 | 3,8 | 1275,0 | 68,7 |