



## Zur Versorgungslage der Milchkuh an Ca, P und Mg bei verschiedenen Grundfutter-, Kraftfutter- und Mineralfuttersystemen

Von J. Pallauf, Institut für Tierernährung der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan

### Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Versorgungslage mit Mineralstoffen wird nach dem derzeitigen Stand der Ernährungsphysiologie immer noch vom Bruttobedarf und von den Bruttogehalten des Futters ausgegangen. Die unterschiedliche Verwertung der Mineralstoffe aus dem Futter kann bis heute nur sehr pauschal berücksichtigt werden. Bei der Milchkuh wird im Durchschnitt eine Verwertung von rund 50% bei Ca, 60% bei P und 20% bei Mg angenommen.

1. Der Mineralstoffgehalt des Grundfutters ist abhängig von Standort, Düngung, Witterung, Vegetationsstadium und Konservierungsverfahren sowie beim Grünland auch von der botanischen Zusammensetzung. Durch frühen Schnitt können höhere Phosphorgehalte erzielt werden.
2. Ein Vergleich der Mineralstoffgehalte einzelner Grundfuttermittel mit dem Bedarf der Milchkuh ergibt nur teilweise eine gute Ca-Versorgung. Sehr wenig Ca enthalten Maissilage und Futterrüben. Die P-Versorgung ist vielfach unzureichend. Bei den Kraftfutterkomponenten überwiegt ein Ca-Mangel. Auch die Mg-Gehalte der Futtermittel decken den Bedarf nicht immer.
3. Bei der Berechnung von Beispielsrationen anhand von Tabellen muß neben dem Mittelwert auch die sehr erhebliche Streuung der Einzelwerte der Mineralstoffgehalte berücksichtigt werden. Im Einzelfall können deshalb wesentlich höhere Ergänzungen an Mineralfutter nötig werden. Wird eine Standardabweichung vom Mittelwert abgezogen, so liegen nach der statistischen Wahrscheinlichkeit rund 84% der Fälle über diesem Grenzwert. Beim verbleibenden Rest von 16% sollten die Gehaltswerte an Mineralstoffen durch pflanzenbauliche Maßnahmen angehoben werden.
4. Bei Fütterung von Luzerne, Zuckerrübenblatt, Klee gras und Grassilage sind P-reiche Mineralfutter erforderlich. Ein mittleres Ca:P-Verhältnis im Mineralfutter ist bei Kombination von Weide gras und Grassilage mit Maissilage notwendig. Bei Weidegang kann die erhöhte Beifütterung eines Ca-reichen Mineralfutters als Sicherheitszuschlag notwendig werden. Die verschiedenen Typen von Mineralfutter sind in der Regel in Mengen von 100—150 g pro Tier und Tag einzusetzen. Die Mineralstoffergänzung kann grundsätzlich auch über Mineralkraftfutter erfolgen. Im Leistungskraftfutter ist dann nur mehr eine Ergänzung des zusätzlichen Bedarfes an Mineralstoffen nötig.

### Summary

According to nutritional research so far, the adequacy of the supply of calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg) for dairy cows must still be evaluated on the basis of the animal's gross requirement and the gross content in the feed. The varying degree of utilisation of the minerals in the feed can only be taken into account very generally. For dairy cows it is assumed that, on average, the utilisation is approximately 50% of Ca, 60% of P and 20% of Mg.

1. The mineral content of the fodder varies widely depending on soil, fertilization, climate, state of growth and method of conservation and in the case of grassland also on the botanical composition. The P content in the dry matter is highest at an early stage of vegetation.
2. A comparison of the individual fodder types with the requirements of dairy cows shows only partially a good Ca supply. Maize silage and beets contain very little Ca. The P

- supply is inadequate in most cases. In concentrate components Ca deficiency is predominant. Similarly, the Mg content of the feed does not always meet the requirement.
- Using mean values from tables in the calculation of rations, the considerable variation in the mineral contents must be taken into account. In individual cases, therefore, much higher mineral supplementations might be required. When one standard deviation is subtracted from the mean, according to statistical probability, approximately 84% of the samples exceed this value. In the case of the remaining 16% the low mineral content should be increased by methods of agronomy.
  - With alfalfa, sugar beet leaves, red clover grass and grass silage a mineral supplement high in P is necessary. A mean Ca:P ratio in the mineral supplement is required when the ration is a combination of pasture, grass silage and maize silage. Dairy cows on pasture might need an increased supplementation of a mineral mixture high in Ca. Normally 100—150 gr. of the various mineral mixtures are required per cow and day. The mineral supplementation can basically also be given by a mineralized concentrate. An additional concentrate allowance for higher performance thus has only to supply the additional requirement of minerals.

### *Einleitung*

Bei der Beurteilung der Versorgungslage an Mineralstoffen sind die beiden Faktoren Bedarf und Gesamtzufuhr gegenüberzustellen. Dabei treten zwei Hauptschwierigkeiten auf. Zum einen kann als Bedarf bisher in der Regel nur ein Bruttobedarf und nicht der eigentliche Nettobedarf eingesetzt werden. Zum anderen stehen für die Bewertung der eingesetzten Futtermittel nur selten eigene Analysen zur Verfügung, so daß meist auf mehr oder weniger gut fundierte Durchschnittswerte aus Tabellen zurückgegriffen werden muß. Darüber hinaus kann die teilweise recht unterschiedliche Verwertung der Mineralstoffe aus den verschiedensten pflanzlichen Verbindungen nur sehr pauschal berücksichtigt werden. Selbstverständlich können Tabellenangaben auch über die absoluten Gehalte, insbesondere beim Grundfutter, nur Anhaltspunkte geben und sind keineswegs in der Lage, allen Einzelfällen gerecht zu werden.

Im folgenden soll, ausgehend von den derzeit gültigen Bedarfsnormen für Ca, P und Mg bei Milchkühen, anhand von Beispielsrationen die Versorgungslage an Mineralstoffen bei typischen Grundfutterarten aufgezeigt werden. Daraus ergeben sich wichtige Konsequenzen für Menge und Zusammensetzung des

Mineralfutters. Trotz der vielen Beiträge, die zum Thema der Mineralstoffversorgung über das Grundfutter bereits verfaßt wurden, erscheint eine erneute Bestandsaufnahme auf der Grundlage jüngster Analysenergebnisse notwendig. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse, Veränderungen bei den praxisüblichen Milchviehrationen und Verschiebungen in den Gehalten der Grundfuttermittel haben in den letzten Jahren zweifellos zu einer etwas veränderten Situation geführt.

#### *1. Unterstellte Bedarfsnormen*

Zur Untersuchung der Versorgungslage ist es zunächst erforderlich, von einem definierten Bedarf auszugehen. Für die nachfolgenden Ausführungen sollen die in der Kommission „Mineralstoffe“ der Fachgruppe Tierernährung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere und des Verbandes Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten erarbeiteten Richtzahlen (BECKER, 1971) als Grundlage dienen (Tabelle 1). Der Vollständigkeit halber ist auch Natrium mit aufgeführt, obwohl es bei den folgenden Ausführungen ausgeklammert werden soll. Das Verhältnis von Ca:P bleibt über alle Leistungsstadien konstant bei 1,6:1. Für

Tabelle 1: Richtzahlen zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen (BECKER, 1971)

Leistungsstadium	Mineralstoffbedarf je Kuh (550 kg Lebendmasse) in g je Tag			
	Ca	P	Mg	Na
<i>Hochträchtigkeit</i>				
Trockenzeit				
1. Hälfte	62	38	16	16
Trockenzeit				
2. Hälfte	69	42	16	17
<i>Laktation</i>				
kg Milch				
10	54	33	16	15
15	69	42	19	19
20	85	52	22	22
25	100	61	25	25
30	115	71	28	29

den Erhaltungsbedarf ist eine Lebendmasse der Kuh von 550 kg unterstellt. In diesem Falle beträgt er 24 g Ca, 14 g P und 10 g Mg pro Kuh und Tag. Bei einer Lebendmasse von 650 kg ergäbe sich für den reinen Erhaltungsbedarf eine Steigerung um 13% und bei 700 kg um rund 20% gegenüber 550 kg Lebendmasse.

Insgesamt handelt es sich bei den vorliegenden Normen stets um Richtzahlen für den Bruttobedarf, bei dem die unvollständige Absorption aus dem Futter bereits berücksichtigt ist. Für Calcium wurde dabei eine durchschnittliche Verwertung von rund 50%, für Phosphor von rund 60% und für Magnesium von 20% unterstellt. Nachdem auf der Sollseite Bruttozahlen vorliegen, kann auch auf der Habenseite bei der Berechnung des Gehaltes der Futterrationen mit Bruttogehalten, wie sie analytisch zu ermitteln sind, gerechnet werden. Nur unter extrem schlechten Verwertungsbedingungen wären eventuell noch Zuschläge gerechtfertigt. Die relativ günstige Verwertung aus den Komponenten des Mineralfutters ist dabei sehr wertvoll, sollte aber dennoch nicht überbewertet werden, nachdem bei hoher Zufuhr ja die prozentuale Verwertung abnimmt. Da bei hochleistenden Milchkühen hohe Gesamtmengen an

Mineralstoffen zuzuführen sind, ist es sicherlich angebracht, die Gesamtverwertung eher vorsichtig zu kalkulieren.

## 2. Versorgungslage an Ca, P und Mg bei verschiedenen Grundfuttersystemen

### 2.1 Einflußfaktoren auf den Mineralstoffgehalt des Grundfutters

Die wichtigsten Einflußfaktoren auf den Mineralstoffgehalt des Grundfutters, der bekanntlich in sehr weiten Grenzen schwankt, sind Pflanzenart, Standort und Düngung, Klima und Witterungsverlauf, Schnittzeitpunkt und Konservierungsverfahren. Auf dem Grünland spielt dabei die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe eine besonders wichtige Rolle, diese kann aber im Falle von Dauergrünland durch Bewirtschaftungsmaßnahmen nur sehr begrenzt einflußt werden. Als Beispiel für die unterschiedlichen Gehalte an Mineralstoffen sind in Tabelle 2 nach KIRCHGESSNER (1970) Ca-, P- und Mg-Werte von Gräsern, Kräutern und Leguminosen einer Wiesennarbe gegenübergestellt. Die Gräser kommen mit einem Ca:P-Verhältnis von 1,8:1 in der Relation der beiden Elemente zueinander der Bedarfssituation der Milchkuh sehr nahe. Allerdings sind die absoluten Gehalte viel zu niedrig. Ein besonders ausgeprägter Mangel ergibt sich beim Magnesium. Bei den Kräutern und auch bei den Leguminosen liegen die P- und Mg-Werte sehr viel höher als bei den Gräsern. Durch den drei- bis vierfachen Anstieg der Ca-Gehalte ergibt sich für

Tabelle 2: Gehalte von Gräsern, Kräutern und Leguminosen des Grünlandes an Mengenelementen (KIRCHGESSNER, 1970)

	g pro 1000 g Trockenmasse			Quotient Ca/P
	Ca	P	Mg	
Gräser	4,2	2,9	1,2	1,4
Kräuter	14,9	4,3	4,1	3,5
Leguminosen	15,8	3,4	3,4	4,6

diese Pflanzengruppen jedoch ein sehr weites Ca:P-Verhältnis, das wiederum einer Korrektur durch das Mineralfutter bedarf.

Von den Faktoren, die den Mineralstoffgehalt des Grundfutters beeinflussen, ist der Schnitzeitpunkt besonders hervorzuheben. Vor allem die Konzentration von P nimmt in der Trockenmasse der Pflanze mit zunehmendem Wachstumsstadium sehr stark ab, so daß durch frühen Schnitt nicht nur nährstoffreiches, leichtverdauliches Futter gewonnen wird, sondern dadurch auch wesentlich höhere Phosphorgehalte des Grundfutters zu erzielen sind (KIRCHGESSNER, 1957; KIRCHGESSNER u. a., 1967; MÜLLER u. a., 1971; MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972; RIEDER, 1974). Obwohl die P-Gehalte des Grünlandaufwuchses in den letzten Jahren etwas anstiegen, weisen die meisten Heu- und Grassilageproben nicht zuletzt aufgrund zu späten Schnittes immer noch völlig unzureichende P-Gehalte auf. Darüber hinaus wirkt die fortschreitende Leistungssteigerung der Milchviehbestände erhöhend auf den Bedarf und verschärft dadurch die Versorgungssituation.

Eine weit weniger eindeutige Abhängigkeit vom Schnitzeitpunkt zeigt Calcium. Es reagiert unbeständig (KIRCHGESSNER u. a., 1967; MÜLLER u. a., 1971) oder nimmt mit fortschreitendem Wachstumsstadium sogar zu (KIRCHGESSNER, 1957; MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972). Der Gehalt der Pflanzentrockenmasse an Magnesium nahm in den Untersuchungen von KIRCHGESSNER u. a. (1967) in Luzerne und Rotklee mit zunehmendem Vegetationsstadium ab, während er auf einer Weidelgras-Weißklee-weide (MÜLLER u. a., 1971) und bei Löwenzahn (MÜLLER und KIRCHGESSNER, 1972) durch das Wachstumsstadium nicht eindeutig beeinflusst wurde. Signifikante jahreszeitliche Einflüsse auf die Gehaltswerte an Mineralstoffen zeigten sich bei Weidelgras für alle drei Elemente. Während die Phosphorgehalte mit fortschreitender Jahreszeit um

ca. 10% zurückgingen, stiegen die Gehalte an Calcium und Magnesium um 20—30% an (MÜLLER u. a., 1971).

Die von MÜLLER und GAUER (1973) durchgeführten umfangreichen Erhebungen über den Mineralstofftrag des Grünlandes in verschiedenen Naturräumen der Bundesrepublik ergaben sehr erhebliche regionale Differenzierungen der Mineralstoffgehalte. Die Versorgung mit Ca und Mg scheint demnach im süddeutschen Raum etwas besser zu sein als in den nordwestdeutschen Gebieten, während bei P eher der umgekehrte Fall gegeben ist. Bemerkenswert erscheint weiterhin, daß die Mg-Gehalte in diesen Untersuchungen zumindest bei den analysierten Heu- und Grassilageproben mit fortschreitendem Vegetationsstadium abnehmen. In den untersuchten Jahren 1968—1970 ergibt sich für P und Mg eine Tendenz zu ansteigenden Gehalten. Dies dürfte mit verbesserter Düngung und Bewirtschaftung im Zusammenhang stehen. Deutlich zeigt sich in der Zusammenstellung von MÜLLER und GAUER (1973) auch ein Unterschied zwischen Probenmaterial von Praxisbetrieben und von Versuchspartzellen. In nahezu allen Fällen lagen die Gehalte an P, Mg und sogar Ca aus Versuchen erheblich über den Praxiswerten, so daß es falsch wäre, von erfreulich hohen Versuchswerten zwangsläufig auch schon auf eine entsprechende Verbesserung der Gehalte in der breiten Praxis zu schließen. Vermutlich spielt sich der Wandel für die Masse der Betriebe etwas verzögert ab. Für Bayern liegen von KAISER u. a. (1968) umfangreiche Analysen wirtschaftseigenen Grundfutters aus den Jahren 1963—1967 vor, die vor allem mangelhafte P-Gehalte ergaben.

## 2.2 Mittlere Gehalte einzelner Futtermittel an Ca, P und Mg

Zur genaueren Beurteilung der Versorgungslage mit Mineralstoffen ist es not-

wendig, von bestimmten Gehaltswerten auszugehen. Das umfangreichste und vielseitigste Analysenmaterial liegt für den Raum der Bundesrepublik der 1973 neu aufgelegten DLG-Futterwerttabelle zugrunde. Für die folgenden Berechnungen werden deshalb die dort angegebenen Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelwerte unterstellt. In Tabelle 3 sind die Gehaltszahlen für einige typische Arten von Grünfutter zusammengestellt. Sehr

deutlich gehen daraus die hohen Streuungen hervor. Die Variationskoeffizienten liegen häufig um 30% oder sogar noch höher. Ein Vergleich der Mittelwerte dieser neuen DLG-Tabellen mit den Angaben der ersten Auflage aus dem Jahre 1960 zeigt, daß nur bei Weidegras die neueren Analysen deutlich höhere Werte erbrachten. So findet sich der P-Gehalt von Weidegras in der früheren Tabelle (DLG, 1960) mit 3,4 g pro kg TM, während er neuerdings im

Tabelle 3: *Mittlere Mineralstoffgehalte von Grünfutter und Standardabweichung der Einzelwerte (DLG-Futterwerttabelle 1973)*

Futterart	TM %	Ca	g pro kg Trockenmasse P	Mg	Quotient Ca/P
Weidegras	19	6,6 ± 2,9	3,9 ± 0,7	1,9 ± 0,5	1,7
Wiesengras	21	9,1 ± 3,3	2,7 ± 1,0	1,9 ± 0,6	3,4
Luzerne	22	20,9 ± 5,0	2,8 ± 0,5	2,7 ± 0,8	7,5
Rotklee	22	15,3 ± 2,4	2,5 ± 0,4	3,6 ± 0,6	6,1
Sommerraps	14	19,9 ± 7,1	4,2 ± 0,8	2,9 ± 0,9	4,7

Tabelle 4: *Mittlere Mineralstoffgehalte von Silagen und Heu mit Standardabweichung der Einzelwerte (DLG-Futterwerttabelle 1973)*

Futterart	TM %	Ca	g pro kg Trockenmasse P	Mg	Quotient Ca/P
<i>Silagen</i>					
Maissilage	22	3,9 ± 1,8	2,6 ± 0,6	2,3 ± 1,0	1,5
Grassilage	30	6,6 ± 2,9	3,3 ± 0,6	1,6 ± 0,4	2,0
Zuckerrübenblattsilage	19	12,9 ± 5,5	2,4 ± 0,5	4,1 ± 1,8	5,4
<i>Heu</i>					
Wiesenheu 1. Schnitt	85	9,1 ± 4,0	2,8 ± 0,7	2,1 ± 0,2	3,2
Wiesenheu 2. Schnitt	85	11,4 ± 3,2	3,1 ± 0,6	2,9 ± 0,5	3,7
Rotkleeheu	85	18,8 ± 3,4	2,5 ± 0,4	3,2 ± 1,4	7,5
Luzerneheu	85	16,0 ± 2,9	3,1 ± 0,5	3,1 ± 0,7	5,2

Tabelle 5: *Mittlere Mineralstoffgehalte von Komponenten des Kraftfutters (DLG-Futterwerttabelle 1973)*

Komponente	Ca	g pro kg Trockenmasse P	Mg	Quotient Ca/P
Trockenschnitzel	9,7 ± 4,1	1,1 ± 0,5	2,5 ± 0,5	8,8
Sojaschrot, extrahiert	3,1 ± 0,7	7,0 ± 0,9	3,0 ± 0,6	0,4
Kokoschrot, extrahiert	1,7 ± 0,7	6,4 ± 0,7	3,8 ± 0,4	0,3
Tapiokamehl	1,6 ± 0,8	1,1 ± 0,3	1,1 ± 0,2	1,5
Ackerbohnen	1,6 ± 0,6	4,8 ± 1,5	1,8 ± 0,5	0,3
Gerste	0,8 ± 0,4	3,9 ± 0,5	1,3 ± 0,2	0,2
Hafer	1,2 ± 0,4	3,5 ± 0,7	1,4 ± 0,9	0,3

Mittel aus über 900 Analysen mit  $3,9 \pm 0,7$  g/kg TM angegeben wird. Die Untersuchungen von ROTH und KIRCHGESSNER (1972) an Weidegras des Versuchsgutes Hirschau ergaben mit  $6,9 \pm 1,6$  g Ca,  $4,0 \pm 0,5$  g P und  $2,0 \pm 0,5$  g Mg pro kg Trockenmasse sehr ähnliche Ergebnisse. Während bei Weidegras, bedingt nicht zuletzt durch die frühe Nutzung, ein günstiges Ca:P-Verhältnis vorliegt, weitet sich bei Wiesengras das Verhältnis durch die gegenläufige Entwicklung der Gehalte an Ca und P. Ein erheblicher Ca-Überschuß liegt bei Luzerne, Rotklee und Sommerraps vor. Die P-Gehalte von Wiesengras, Luzerne und Rotklee sind sowohl absolut als auch relativ zum Ca-Gehalt völlig unzulänglich. Die Mg-Gehalte liegen bei den zwei Leguminosen des Ackerfutterbaues sowie beim Sommerraps deutlich höher als beim Grünlandaufwuchs. Die Tabelle 4 bringt Angaben über Silagen und Heu. Die mit Abstand nied-

rigsten Ca-Werte von allen gängigen wirtschaftseigenen Grundfuttermitteln weist die Maissilage auf. Die P-Gehalte liegen bei den ausgewählten Silagen und Heuarten mit 2,4–3,3 g/kg TM durchwegs niedrig. Bedeutsam für die Mineralstoffergänzung ist auch das weite Ca:P-Verhältnis der Zuckerrübensilage, die sich andererseits durch einen hohen Mg-Gehalt auszeichnet. Die verschiedenen Heuarten weichen naturgemäß nicht sehr stark von den Gehalten der grünen Pflanzen ab, sofern nicht hohe Konservierungsverluste zu Veränderungen führen. Ein völlig anderes Bild ergeben die Mineralstoffgehalte von Komponenten des Kraftfutters (Tab. 5).

Mit Ausnahme der Trockenschnitzel, die durch einen sehr hohen Ca- und sehr niedrigen P-Gehalt bei extremer Streuung charakterisiert sind, weisen alle aufgeführten Komponenten völlig unzureichende Ca-Werte auf. Außer bei

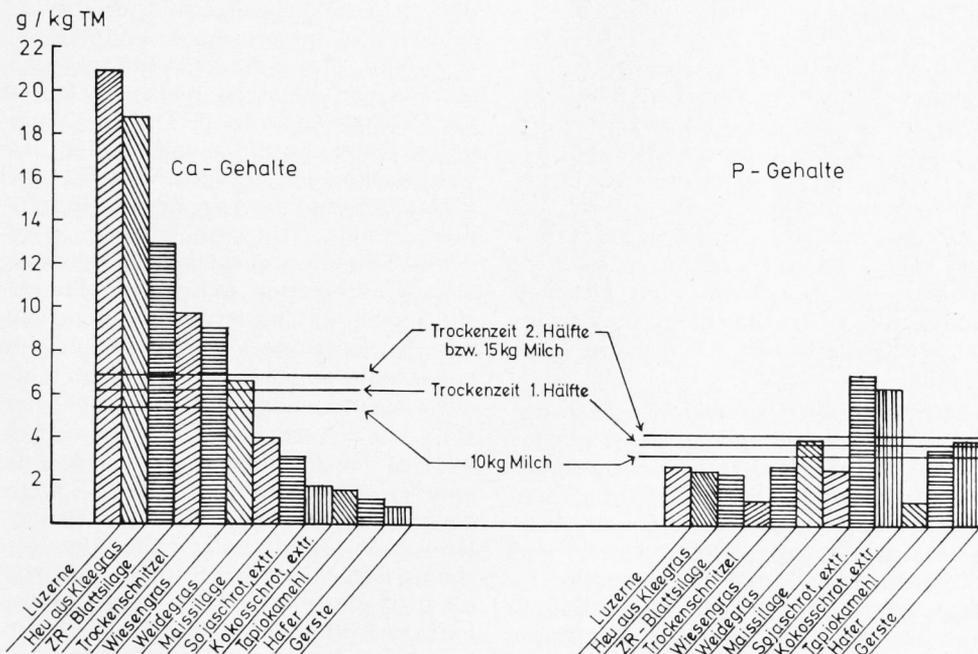


Abb. 1: Vergleich der Ca- und P-Gehalte einiger Futtermittel mit dem Bedarf der Milchkuh

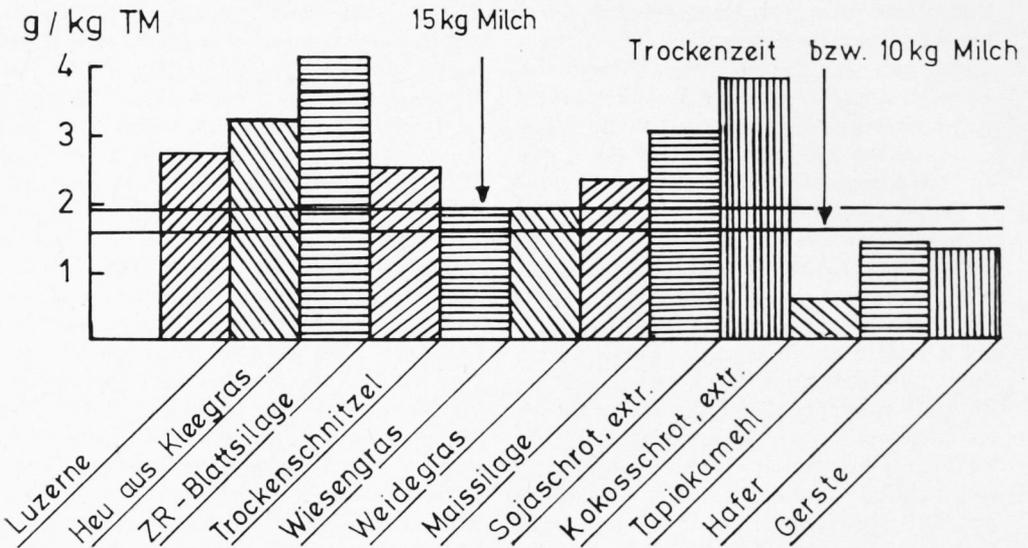


Abb. 2: Vergleich der Mg-Gehalte einiger Futtermittel mit dem Bedarf der Milchkuh

Tapiokamehl, das aufgrund seines Stärkereichtums besonders arm an Mineralstoffen ist, und bei Trockenschnitzeln liegen jedoch durchwegs hohe bis sehr hohe P-Gehalte vor. Das Ca:P-Verhältnis liegt deshalb bei diesen Kraftfutterkomponenten stets zwischen 0,2—0,6:1. Soja- und Kokosextraktionsschrot zeichnen sich darüber hinaus noch durch hohe Gehalte an Magnesium aus. Insgesamt erscheint bemerkenswert, daß bei Trockenschnitzeln, Extraktionsschroten und selbst bei Körnerfrüchten sehr erhebliche Schwankungen im Mineralstoffgehalt auftreten, die der Varianz bei den Grundfuttermitteln kaum nachstehen.

Abbildung 1 bringt einen Vergleich der Gehaltswerte einiger ausgewählter Futtermittel an Calcium und Phosphor mit dem Bedarf der Milchkuh. Dazu wurde eine tägliche Aufnahme an Trockenmasse aus dem Grundfutter von durchschnittlich 10 kg unterstellt. Es zeigt sich, daß die natürlichen Mineralstoffgehalte vor allem für die Hochträchtigkeit bereits bei Calcium vielfach unzureichend sind und bei Phosphor in

den meisten Fällen ein sehr erhebliches Defizit besteht. Insgesamt ergibt sich wiederum die altbekannte Situation, daß, pauschaliert betrachtet, die Grundfuttermittel unzureichend im P-Gehalt sind und die Körnerfrüchte und Ölschrote vor allem zu niedrige Gehalte an Calcium aufweisen. Durch Kombination von Grund- und Kraftfutter wird somit auch bezüglich der Ca- und P-Gehalte eine gewisse Ergänzungswirkung erzielt. Trotzdem ist aber in jedem Falle eine zusätzliche Ergänzung mit Mineralfutter nötig. Für Magnesium (Abb. 2) sind unter den angegebenen Voraussetzungen die Gehalte im wirtschaftseigenen Grundfutter meist ausreichend, während Tapiokamehl und Getreide ein deutliches Defizit aufweisen. Häufig unzureichend sind die Magnesiumgehalte allerdings dann, wenn die Bedarfsnormen der Niederländischen Kommission zur Untersuchung der Mineralstofffütterung (1973), die 2—3 g Mg je kg Futtertrockenmasse betragen, unterstellt werden.

Der Vergleich des Gehaltes im Futter mit dem Bruttobedarf auf der Basis der

mittleren Gehaltswerte gilt dabei streng genommen nur für 50% der Einzelfälle. Nach der Gauß'schen Verteilungskurve der Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert liegen nämlich bei einer zu unterstellenden Normalverteilung immerhin rund 50% der Werte unter dem jeweiligen Mittel. Dies zeigte sich auch anhand von Summenhäufigkeiten der Ca-, P- und Mg-Gehalte wirtschaftseigener Futtermittel, wie sie von KAISER u. a. (1968) berechnet wurden, sehr eindrucksvoll. Bei der nachfolgenden Berechnung einzelner Rationen, die letzten Endes für die Praxis entscheidend sind, wird der eingeschränkte Geltungsbereich des statistischen Mittelwertes deshalb besonders berücksichtigt.

### 2.3 Beispielsrationen

Zur Untersuchung der Mineralstoffversorgung unter den in der landwirtschaftlichen Praxis anzutreffenden Grundfutterverhältnissen sollen einige typische Beispielsrationen herangezogen werden. Dazu ist es erforderlich, einerseits die Aufnahme an Trockenmasse aus dem wirtschaftseigenen Grundfutter und andererseits den Milcherzeugungswert der betreffenden Ration möglichst genau abzuschätzen. Die Versorgungssituation würde nämlich zu gut beurteilt, wenn die Aufnahme an Trockenmasse zu hoch und die aus dem Grundfutter erzielbare Milchleistung zu niedrig angesetzt würden. In Anlehnung an die Ergebnisse von Fütterungsversuchen (KIRCHGESSNER u. a., 1968; BURGSTALLER und AVERDUNK, 1972) und Weideversuchen (KIRCHGESSNER und ROTH, 1972) wurden bei Einsatz von Heu und verschiedenen Silagen in der Winterfütterung Trockenmasseaufnahmen von rund 10 kg und bei Brikettfütterung sowie in der Sommerfütterung von rund 14 kg pro Kuh und Tag unterstellt. Die aus dem Grundfutter erzielbare Milchleistung liegt bei den gewählten Heu-

und Silagerationen bei annähernd 10 kg pro Tag und bei hohem Briketteinsatz sowie in der Sommerstallfütterung bei etwa 15 kg pro Tag. Bei Weidegang im Sommer wurden bis zu 20 kg Milch pro Tag unterstellt. Bei diesen Zahlen handelt es sich allerdings nur um Durchschnittswerte, die vor allem mit schwankender Qualität des Futters erheblich unter- oder überschritten werden können. Ernährungsphysiologisch gesehen wäre eine direkte Koppelung des Mineralstoffbedarfes mit der jeweiligen Zufuhr an Nährstoffen exakter als die Bezugsbasis Futtertrockenmasse. Dazu müßten jedoch die Tabellenangaben für Mineralstoffgehalte ebenfalls auf die Nährstoffgehalte der einzelnen Futtermittel und nicht wie bisher nur auf den Gehalt an Trockenmasse bezogen werden.

Bei allen Berechnungen über die Mineralstoffzufuhr wurde zunächst der Mittelwert ( $\bar{x}$ ) aus der DLG-Tabelle unterstellt. Da dieser nach der Wahrscheinlichkeitstheorie jedoch nur in rund 50% der Fälle erreicht bzw. überschritten wird, wurde zur Erfassung der restlichen Fälle der Mittelwert um eine Einheit der jeweiligen Standardabweichung ( $s$ ) der Einzelwerte reduziert ( $\bar{x} - s$ ) und damit eine zweite Variante gerechnet. Bei annähernder Normalverteilung des Datenmaterials, die man hierbei unterstellen muß, liegen nach den Gesetzen der Statistik (SACHS, 1969) 68,27% aller Fälle im Bereich von  $\bar{x} \pm s$ . Wird nun  $\bar{x} - s$  als untere Grenze unterstellt, so liegen 84,1% der Einzelwerte höher als dieses Limit. Es verbleiben aber immerhin noch 15,9% nicht abgedeckter Fälle. Würde man das Beispiel fortsetzen und den Mittelwert um 2 Standardabweichungen reduzieren ( $\bar{x} - 2s$ ), so ergäben sich selbst dann noch bei rund 2,3% der Häufigkeit niedrigere Gehalte. Erst ein unterstellter Rechenwert von  $\bar{x} - 3s$  würde in 999 von 1000 Fällen eine Gewähr dafür geben, daß der tatsächliche Wert nicht darunter liegt.

Aus diesem kleinen Exkurs in die Statistik läßt sich bereits ableiten, daß es aus wirtschaftlichen Gründen unmöglich ist, immer 100 Prozent der Fälle durch eine Mineralstoffbeifütterung abzusichern. Andererseits ergibt sich aber auch sehr deutlich, daß die Betrachtung des Mittelwertes allein auch nicht genügt. Es muß deshalb ein Kompromiß eingegangen werden, bei dem das Mineralfutter bis zu einem gewissen Grade als Sicherheitszusatz dient, selbst dann, wenn die mittleren Gehalte der Futterration bereits da und dort ausreichend sind.

Die beiden gerechneten Varianten der folgenden Tabellen 6 und 7 decken im ersten Fall 50% und im zweiten Fall rund 84% der Einzelsituationen ab. Da sich außerdem durch den Kombinationseffekt bei vielseitiger Ration das Risiko

wesentlich verringert, dürfte bei der letzteren Variante bereits ein hohes Maß an Sicherheit erreicht sein. Gelingt es, die extremen Minusvarianten bei den Mineralstoffgehalten noch durch pflanzenbauliche Maßnahmen zu eliminieren, so wäre dies ein weiterer großer Fortschritt.

Bei allen Berechnungen wurde grundsätzlich davon ausgegangen, daß in jedem Fall ein Mineralfutterausgleich der Grundfütteration nötig ist. Nur so kann dann das betreffende Kraftfutter einheitlich auf den zusätzlichen Bedarf an Mineralstoffen abgestimmt werden.

### 2.3.1 Winterfütterung

Im vorliegenden Beispiel (Tabelle 6) ergibt sich bei Fütterung von Grassilage und Wiesenheu (Ration I), sofern die

Tabelle 6: Mineralstoffversorgung bei verschiedenen Grundfuttersystemen in der Winterfütterung

		g pro Kuh und Tag					
		Berechnung nach $\bar{x}$			Berechnung nach $\bar{x}-s$		
		Ca	P	Mg	Ca	P	Mg
<i>Ration I:</i>							
18 kg Grassilage angewelkt (30% TM)	Gehalt im Grundfutter	80	30	20	50	25	16
	Bedarf (10 kg Milch)	54	33	16	54	33	16
5 kg Wiesenheu 1. und 2. Schnitt	Zufuhr minus Bedarf 100 g Mineralfutter	+26	-3	+4	-4	-8	0
	Typ I (7/12/1,5)	7	12	1,5	7	12	1,5
<i>Ration II:</i>							
14 kg Grassilage angewelkt (30% TM)	Gehalt im Grundfutter	73	32	23	45	26	16
	Bedarf (10 kg Milch)	54	33	16	54	33	16
15 kg Maissilage (27% TM)	Zufuhr minus Bedarf 100 g Mineralfutter	+19	-1	+7	-9	-7	0
3 kg Heu	Typ II (11/8/1,5)	11	8	1,5	11	8	1,5
<i>Ration III:</i>							
30 kg Zuckerrübenblattsilage (19% TM)	Gehalt im Grundfutter	155	24	37	108	20	21
	Bedarf (10 kg Milch)	54	33	16	54	33	16
5 kg Rotkleeheu	Zufuhr minus Bedarf 100 g Mineralfutter	+101	-9	+21	+54	-13	+5
	Typ I (7/12/1,5)	7	12	1,5			
	120 g Mineralfutter						
	Typ I (7/12/1,5)				8	14	1,8
<i>Ration IV:</i>							
12 kg Heißluftbriketts (vorläufige Werte)	Gehalt im Grundfutter	90	50	25			
	Bedarf (15 kg Milch)	69	42	19			
3 kg Heu	Zufuhr minus Bedarf evtl. 50 g Mineralfutter	+21	+8	+6			
	Typ I (7/12/1,5)	(3)	(6)	(1)			

statistischen Mittelwerte unterstellt werden, nur bei Phosphor ein Defizit. Wird dagegen jeweils eine Standardabweichung von den Mineralstoffgehalten des Grundfutters abgezogen, so tritt neben einem stärkeren Defizit an P auch ein Mangel an Ca zutage. In beiden Fällen läßt sich die Mineralstoffversorgung aber durch 100 g Mineralfutter eines Typs mit 7% Ca, 12% P und 1,5% Mg, der hier als Typ I bezeichnet wird, sicherstellen. Damit sind mindestens 84% der Einzelfälle abgedeckt. Bei Grassilage in Kombination mit Maissilage, deren TM-Gehalt mit 27% unterstellt wurde, ergibt sich bei Abzug der

Standardabweichungen neben einem P-Mangel auch ein Defizit von 9 g für Ca (Ration II), das durch ein Ca-reicheres Mineralfutter mit 11% Ca, 8% P und 1,5% Mg (Typ II) in Höhe von 100 g ebenfalls abgedeckt werden kann. Es ist aber zu betonen, daß ungefähr in jedem 6. Fall noch eine wesentlich höhere Mineralstoffergänzung angebracht sein dürfte.

Bei Fütterung von Zuckerrübenblattsilage und Rotkleeheu (Ration III) ergibt sich ein beträchtlicher Ca-Überschuß und sowohl absolut als auch relativ ein P-Mangel. Ähnliches gilt auch für Rationen mit Luzerne. Durch Zu-

Tabelle 7: Mineralstoffversorgung bei verschiedenen Grundfuttersystemen in der Sommerfütterung

		g pro Kuh und Tag					
		Berechnung nach $\bar{x}$			Berechnung nach $\bar{x}-s$		
		Ca	P	Mg	Ca	P	Mg
<i>Ration I: Sommerstallfütterung</i>							
50 kg Rotklee (22% TM)	Gehalt im Grundfutter	184	33	44	152	27	36
	Bedarf (15 kg Milch)	69	42	19	69	42	19
2 kg Wiesenheu	Zufuhr minus Bedarf	+115	-9	+25	+83	-15	+17
	100 g Mineralfutter	7	12	1,5			
	150 g Mineralfutter Typ I (7/12/1,5)				10	18	2
<i>Ration II: Sommerstallfütterung</i>							
65 kg Wiesengras (21% TM)	Gehalt im Grundfutter	132	39	28	83	25	19
	Bedarf (15 kg Milch)	69	42	19	69	42	19
1 kg Heu	Zufuhr minus Bedarf	+63	-3	+9	+14	-17	0
	100 g Mineralfutter	7	12	1,5			
	150 g Mineralfutter Typ I (7/12/1,5)				10	18	2
<i>Ration III: Weidegang</i>							
70 kg Weidegras (19% TM)	Gehalt im Grundfutter	95	54	27	53	44	20
	Bedarf (20 kg Milch)	85	52	22	85	52	22
1 kg Heu	Zufuhr minus Bedarf	+10	+2	+5	-32	-8	-2
	50 g Mineralfutter Typ I (7/12/1,5)	3	6	1			
	200 g Mineralfutter Typ III (16/5/1,5)				32	10	3
<i>Ration IV: Weidegang</i>							
60 kg Weidegras (19% TM)	Gehalt im Grundfutter	86	52	28	48	42	20
	Bedarf (20 kg Milch)	85	52	22	85	52	22
10 kg Maissilage (27% TM)	Zufuhr minus Bedarf	+1	0	+6	-37	-10	-2
	100 g Mineralfutter Typ II (11/8/1,5)	11	8	1,5			
	250 g Mineralfutter Typ III (16/5/1,5)				40	12	3,7

fuhr von 100 g eines P-reichen Mineralfutters (Typ I) mit sehr engem Ca:P-Verhältnis kann hier ein annähernder Ausgleich hergestellt werden. Wird die erhebliche Streuung der Einzelwerte mit berücksichtigt (Variante  $\bar{x} - s$ ), so sind mindestens 120 g dieses Mineralfutters nötig, um rund 84% der Einzelfälle abzudecken.

In Ration IV sind Heißluftbriketts und Heu unterstellt. Für die Mineralstoffgehalte von Briketts wurden dabei aufgrund erster Ergebnisse aus Bayern rund 7 g Ca, 4 g P und 2 g Mg pro kg TM angenommen. Da diese Werte nur als vorläufig zu betrachten sind, wurde auch keine Variante Mittelwert minus Standardabweichung gerechnet. Die Kalkulation aufgrund der unterstellten Mittelwerte zeigt dabei, daß die Mineralstoffversorgung aus den Briketts im Mittel als gut anzusprechen ist. Der Einsatz eines P-reichen Mineralfutters dürfte allerdings als Sicherheitszuschlag durchaus zu empfehlen sein. Für eine gesicherte Bewertung sind jedoch noch umfangreichere Analysendaten notwendig.

Grundsätzlich soll noch darauf hingewiesen werden, daß vor allem in der Winterfütterung eine ausreichende Versorgung mit Vitamin A, D und E am besten über vitaminisiertes Mineralfutter sichergestellt werden muß.

### 2.3.2 Sommerfütterung

In Tabelle 7 sind 4 Beispielsrationen berechnet. In der Sommerstallfütterung ist die Mineralstoffversorgung aus Rotklee einerseits durch einen extremen Ca-Überschuß und andererseits durch einen P-Mangel charakterisiert, der durch 100–150 g eines P-reichen Mineralfutters (Typ I) abgedeckt werden muß. Auch bei Wiesengras liegt ein Ca-Überschuß und P-Mangel vor. Das P-Defizit ist durch 100–150 g P-reiches Mineralfutter (Typ I) zu beheben. Bei Weidegang mit oder ohne Beifütterung von Maissilage wird in der Regel eine Nährstoffversorgung erzielt, die neben

dem Erhaltungsbedarf für annähernd 20 kg Milch ausreichend ist. Werden die Mittelwerte der Mineralstoffgehalte unterstellt, so ergibt sich selbst für 20 kg Milch eine ausreichende Mineralstoffversorgung aus dem Grundfutter. Zieht man jedoch vom Mittelwert eine Standardabweichung ab, um 84% der Fälle abzusichern, so treten sehr erhebliche P- und vor allem Ca-Defizite auf. Zur Schließung dieser Versorgungslücke sind dann 200 bzw. 250 g eines sehr Ca-reichen Mineralfutters (Typ III) mit 16% Ca, 5% P und 1,5% Mg erforderlich. Bei diesem Beispiel tritt auch ein Defizit an Mg auf, das ebenfalls mit dem eingesetzten Mineralfutter zu beheben ist. Die Unterversorgung an Ca verwundert nicht, wenn höhere Mengen an Maissilage eingesetzt werden. Bei Weidegang hingegen erscheint ein eventuelles Ca-Defizit zunächst überraschend. Die Untersuchungen von ROTH und KIRCHGESSNER (1972) über die Mineralstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang ergaben jedoch mit einem durchschnittlichen Fehlbedarf von 22 g Ca und 9 g P je Kuh und Tag ebenfalls ein sehr beträchtliches Ca-Defizit. In dieser Arbeit wird auch darauf hingewiesen, daß die Ca-Versorgung von Milchkühen bei Weidegang erhöhte Aufmerksamkeit verdient. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die Grünlandnarbe höhere Gräseranteile enthält oder eine stärkere Beifütterung von Maissilage erfolgt. Nach GÜNTHER (1970) wurde im norddeutschen Raum, namentlich im Weser-Ems-Gebiet, in den letzten Jahren der P-Gehalt des Weidegrases durch intensive Düngungs- und Nutzungsmaßnahmen erhöht, so daß dort die P-Menge des Weidegrases für 17–23 kg Milch ausreichen kann, während der Ca-Gehalt nur einer Leistung von 14–20 kg entspricht.

### 3. Mineralfuttertypen

Eine Zusammenstellung der für die gewählten Beispielsrationen notwendigen

Typen von Mineralfutter und deren hauptsächlichlichen Einsatzbereich zeigt Tabelle 8. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll nur einige wichtige Grundfuttermittelverhältnisse charakterisieren. Diese verschiedenen Typen an Mineralfutter können dabei grundsätzlich auch in Form eines Mineralkraftfutters, mit dem dann gleichzeitig auch der Eiweiß- und Energiegehalt des Grundfutters ausgeglichen werden kann, verabreicht werden. Das Mineralkraftfutter hat in jedem Fall den großen Vorteil, daß damit eine Aufnahme der Mineralstoffe erfahrungsgemäß weit besser gewährleistet ist.

#### 4. Mineralstoffergänzung des Kraftfutters

Nachdem die Grundfütterration durch Mineralfutter bzw. Mineralkraftfutter komplettiert wurde, braucht über das

Kraftfutter nur mehr der zusätzliche Leistungsbedarf an Mineralstoffen zugeführt werden. In Tabelle 9 ist die notwendige Ergänzung einer derartigen Mischung berechnet. Bei hohem Getreideanteil und entsprechenden Eiweißkomponenten enthält dieses Kraftfutter verdauliches Rohprotein und Stärkeeinheiten für 2,5 kg Milch. Zur Deckung des Bedarfes an Mineralstoffen sind in diesem Beispiel 3% Mineralstoffmischung mit 22% Ca, 6% P und 2% Mg angebracht. Damit sind auch Unterschreitungen des Gehaltes bei den Einzelkomponenten weitgehend abgesichert. Je nach den eingesetzten Komponenten und deren Anteilen in der Mischung ergibt sich natürlich auch beim Kraftfutter ein unterschiedlicher Ergänzungsbedarf an Mineralstoffen, weshalb hier laut Normtafel zum geltenden Futtermittelrecht vom Gesetzgeber ebenfalls ein entsprechender Spielraum vorgesehen ist.

Tabelle 8: *Mineralfuttertypen zum Ausgleich des Grundfutters*

Typ	Ca	Gehalte in % P	Mg	Quotient Ca/P	hauptsächlichliche Rationen
I	7	12	1,5	0,6	Wiesengras mit Heu, Luzerne, Zuckerrübenblatt, Rotklee, Grassilage
II	11	8	1,5	1,4	Weidegras mit Maissilage, Grassilage mit Maissilage
III	16	5	1,5	3,2	Ca-armes Grundfutter, Futterrüben, extreme Weideverhältnisse, Getreide und Ölschrote

Tabelle 9: *Beispiel einer Kraftfuttermischung für 2,5 kg Milch*

(rund 160 g verd. Rohprotein und 655 StE/kg)

Zusammensetzung in %: Hafer 36, Gerste 27, Sojaschrot 13, Trockenschnitzel 10, Ackerbohnen 10, Harnstoff 1, Mineralstoffmischung 3

	g pro kg Kraftfutter					
	Berechnung nach $\bar{x}$			Berechnung nach $\bar{x}-s$		
	Ca	P	Mg	Ca	P	Mg
Gehalte ohne Mineralstoffmischung	2,0	3,4	1,5	1,3	2,9	1,1
Bedarf (je 2,5 kg Milch)	7,8	4,8	1,5	7,8	4,8	1,5
Gehalt minus Bedarf	-5,8	-1,4	0	-6,5	-1,9	-0,4
3% Mineralstoffmischung für Rinder	6,6	1,8	0,6	6,6	1,8	0,6

### Schlußbetrachtung

Die berechneten Beispielsrationen machen deutlich, daß zur Ergänzung und zum Ausgleich der unterschiedlichen Grundfuttermittelverhältnisse in der Praxis mindestens 3 verschiedene Mineralfuttermittel nötig sind. Dabei zeigt sich allerdings, daß selbst mit drei verschiedenen Mineralfuttermitteln nicht allen Fällen gerecht zu werden ist, wenn die von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) vorgeschlagene einheitliche Tagesgabe von 150 g je Kuh bei Mineralfutter beziehungsweise 200 g je Kuh und Tag bei Mineralfutterbriketts unterstellt wird. Betrachtet man nur Ca, P und Mg, so wäre — wie in den Beispielen angegeben — häufig eine von dieser Norm abweichende Empfehlung wesentlich angemessener und auch wirtschaftlicher. Andererseits sind die Sicherungszusätze an Spurenelementen und Vitaminen der handelsüblichen Mineralfutter derzeit auf die von der DLG empfohlenen Tagesmengen abgestimmt, so daß bei davon abweichenden Tagesgaben neue Dosierungsprobleme auftreten würden. Aus Gründen der Transparenz der Beratungsempfehlungen und deren praktischer Durchführbarkeit dürfte deshalb in den meisten Fällen dennoch eine Tagesgabe von 150 g Mineralfutter oder 200 g Mineralfutterbriketts vertretbar sein. In diesem Kreis von Experten sei aber nachdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich dabei — wie so oft bei der praktischen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse — um einen Kompromiß handelt, der von Zeit zu Zeit überprüft werden muß.

### Literaturverzeichnis

- Becker, M., 1971: Mineralstoffbedarfsnormen für Rinder, Landw. Forschung 24, 225—237.
- Burgstaller, G. und Averdunk, G., 1972: Zur Erzeugung und Verwertung von heißluftgetrocknetem Grünfutter, 2. Mitt.: Briketts und Kobs als alleiniges Grundfutter in der Milchviehfütterung, Das wirtschaftseig. Futter 18, 305—315.
- DLG-Futterwerttabellen, 1960: Mineralstoffgehalte in Futtermitteln, Arbeiten der DLG Band 62, DLG-Verlag Frankfurt/Main.
- DLG-Futterwerttabellen, 1973: Mineralstoffgehalte in Futtermitteln 2. Auflage, Arbeiten der DLG Band 62, DLG-Verlag Frankfurt/Main.
- Günther, K. D., 1970: Stand und Aussichten der Tierproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Versorgungslage mit Mineralstoffen. Mineralstoffversorgung und Tiergesundheit (IX), 7—14, Fachabteilung Mineralfutter des Fachverbandes der Futtermittelindustrie, Hamburg.
- Kaiser, E., Kirchgeßner, M. und Plank, P., 1968: Zur Calcium-, Phosphor- und Magnesiumversorgung des Rindes über das wirtschaftseig. Futter, Bayer. Ldw. Jahrbuch 45, 295—300.
- Kirchgeßner, M., 1957: Der Einfluß verschiedener Wachstumsstadien auf den Makro- und Mikronährstoffgehalt von Wiesengras, Landw. Forschung 10, 45 bis 50.
- Kirchgeßner, M., 1970: Tierernährung, DLG-Verlag Frankfurt/Main.
- Kirchgeßner, M., Kestler, J., Hofmann, P. und Averdunk, G., 1968: Zur Grundfuturaufnahme von Milchkühen bei unterschiedlichem Kraftfuttermittelverzehr, Das wirtschaftseig. Futter 14, 231—235.
- Kirchgeßner, M., Pahl, E. und Voigtländer, G., 1967: Der Einfluß des Vegetationsstadiums auf den Mineralstoffgehalt von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Luzerne (*Medicago varia* Mart.), Das wirtschaftseig. Futter 13, 173—188.
- Kirchgeßner, M. und Roth, F. X., 1972: Futterangebot und Futtermittelaufnahme von Milchkühen auf der Weide, Das wirtschaftseig. Futter 18, 23—31.
- Müller, H. L. und Kirchgeßner, M., 1972: Mengen- und Spurenelementgehalte des Löwenzahns und ihre Abhängigkeit vom Wachstumsstadium, Das wirtschaftseig. Futter 18, 213—221.
- Müller, H. L., Voigtländer, G. und Kirchgeßner, M., 1971: Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in Abhängigkeit von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode. Das wirtschaftseig. Futter 17, 165—178.

- Müller, R. und Gauer, R., 1973: Erhebungen über den Mineralstofftrag auf dem Grünland in verschiedenen Naturräumen der BR Deutschland, Das wirtschaftseig. Futter 19, 59—68.
- Niederländische Kommission zur Untersuchung der Mineralstofffütterung, 1973: Leitfaden zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung des Rindes in der Praxis, Übers. Tierernährung 1, 89—146.
- Rieder, J. B., 1974: Die Wirkung gesteigerter Phosphatdüngung auf Ertrag und Qualität bei niedriger und erhöhter Stickstoffdüngung, Bayer. Ldw. Jahrbuch 51, 282—293.
- Roth, F. X. und Kirchgeßner, M., 1972: Zur Aufnahme an Mengenelementen (P, Ca, Mg, Na, K) von Milchkuhen auf der Weide. Das wirtschaftseig. Futter 18, 205 bis 212.
- Sachs, L., 1969: Statistische Auswertungsmethoden, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.