

INSTITUUT VOOR BIOLOGISCH EN SCHEIKUNDIG ONDERZOEK
VAN LANDBOUWGEWASSEN

Wageningen

Verslagen nr. 45, 1967

DIE MINERALSTOFFVERSORGUNG VON MILCHKÜHEN IN DER WEIDEZEIT^{*)}

von

A. Kemp

- *) Vortrag vor Grünlandspezialberatern des Landes Hessen am 1.6.1967 in Bad Hersfeld (Lehrgang über intensive Weidewirtschaft. Zu Ende dieses Vortrags wurde ein kurzer Film über die sichtbaren Erscheinungen von Magnesiummangel, die Behandlung durch den Tierarzt und die Genesung des Tieres gezeigt.

Einleitung

Auf vielen Rindviehbetrieben besteht das Futter der Tiere in der Weideperiode ausschliesslich oder fast ausschliesslich aus Gras. Dieses Weidegras muss also eine vollwertige Nahrung für hochproduktive Milchkühe sein. Besonders in den letzten zwanzig Jahren waren Forschung und Beratung bestrebt, den Ertrag des Grünlandes zu steigern und die Grünlandnutzung zu intensivieren. Die stark zunehmende Stickstoffdüngung spielte dabei eine bedeutende Rolle. Die Zunahme der Leistung der Milchkühe stellte auch an das Tier höhere Anforderungen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Frage, wie sich die Zusammensetzung des Weidefutters bei der Steigerung des Grünlandertrages ändert und mit welchen Faktoren man sich beschäftigen muss, damit das Weidegras eine vollwertige Nahrung für die Tiere bleibt oder wird. Forschung und Beratung auf diesem Gebiet sind auch deshalb notwendig, weil die Zusammensetzung des Weidegrases nicht immer den Bedürfnissen des Viehs entspricht. In den Niederlanden, aber auch in Deutschland und in andern Ländern machen sich mitunter Magnesiummangel, Natriummangel und Kupfermangel des Viehs in starkem Masse geltend. Diese Mangelkrankheiten sind eine direkte Folge der ungünstigen Zusammensetzung des Grases.

In den letzten zwölf Jahren haben wir den Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung des Weidegrases und der Mineralstoffversorgung des Milchviehs studiert. In Beweidungsversuchen wurde dem Verhalten der Tiere gegen grosse Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung des Grases nachgegangen. Daneben wurden im Stall viele Bilanzversuche gleichfalls mit Milchkühen durchgeführt. Dabei bestanden die Rationen aus frisch gemähtem Weidegras von sehr verschiedener Zusammensetzung oder aus Winterfutter. Besonders diese Bilanzversuche haben zu besserem Kenntnis des Mineralstoffbedarfs und der Mineralstoffverwertung des Tieres geführt. Bei diesen Untersuchungen haben wir uns beschränkt auf die Makroelemente Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Chlor, Phosphor und Schwefel. Ausführlich haben wir uns bisher beschäftigt mit Magnesium und Natrium, die auch für deutsche Verhältnisse wichtig sind. Ich will denn auch in diesem Vortrag besonders diese Elemente besprechen und der Reihe nach behandeln:

1. die Entstehung von Magnesium- und Natriummangel,
2. die landwirtschaftlichen Aspekte dieser Mangelkrankheiten, besonders bei Intensivierung der Grünlandnutzung,
3. die Verhütung in der Praxis.

Magnesium

Die Rolle des Magnesiums in der Tierernährung hat man lange Zeit stark unterschätzt. Man nahm an, in den Winterrationen und auch im Weidegras sei immer genug Magnesium vorhanden, um den Bedarf der Tiere zu decken, und ein geringer Magnesiumgehalt des Blutes und Weidetetanie seien keine Folgen von Magnesiummangel des Futters. Die Forschung der letzten zehn Jahre hat aber überzeugend nachgewiesen, dass diese Krankheit dennoch unmittelbar zurückgeht auf Mangel des Futters an für das Tier verwertbarem Magnesium; das ist diejenige Menge Futtermagnesium, die nicht mit dem Kot ausgeschieden wird. Magnesiummangel ist denn auch ein besserer Name als Weidetetanie. Man spricht ja auch von Natriummangel, Kupfermangel, Phosphormangel u.s.w.

In Westeuropa kommt Magnesiummangel besonders bei Kühen und Schafen vor. Die meisten Fälle treten im Frühjahr in den ersten und in Herbst in den letzten Wochen der Weidezeit auf. Am grössten ist die Zahl der Fälle in Frühjahren mit sehr schnellem Graswuchs. Auch im Sommer kommt die Krankheit vor, besonders wenn er regenreich ist. Im Winter im Stall schliesslich ereignet sie sich hauptsächlich auf Betrieben, wo die Tiere vorwiegend oder ausschliesslich wirtschaftseignes Rauhfutter erhalten von Flächen, deren Bestand arm an Magnesium ist.

Die Zahl der Weidetetaniefälle scheint allerdings oft grösser als sie ist, weil Tierärzte und Bauern häufig Weidetetanie annehmen, wenn diese nicht vorliegt. Besonders in Perioden, wo die Krankheit häufig ist, behandelt der Tierarzt öfters sicherheitshalber ein Tier dagegen, bei dem die sichtbaren Erscheinungen nicht eindeutig auf diese Krankheit hinweisen. Gewissheit hat man nur, wenn ausweislich einer Blutuntersuchung der Magnesiumgehalt des Blutserums niedrig ist. Normal ist ein Gehalt über 2,0 mg pro 100 ml; unternormal ist zwischen 1,0 und 2,0 und weniger als 1,0 ist gefährlich niedrig. Diese Abnahme des Serummagnesiumgehaltes (Hypomagnesämie) geht immer den sichtbaren Erscheinungen des Magnesiummangels voran. Bleibt der Magnesiumgehalt des Serums normal, so sind etwaige äussere Erscheinungen auf eine andere Krankheit zurückzuführen. Bei Weidetetanie ist auch der Kalziumgehalt des Blutserums häufig niedrig, aber nicht immer. Man darf einen niedrigen Kalziumgehalt also nicht als Merkmal der Weidetetanie ansehen.

Die Forschung hatte nun die Frage zu beantworten: Worauf geht die Abnahme des Blutserummagnesiumgehaltes zurück und welche Massnahmen muss man treffen, um den Gehalt auf normaler Höhe zu halten, so dass sich keine Weidetetanie-Erscheinungen zeigen können?

Zunächst wurden Beweidungsversuche durchgeführt, in denen Milchkühe in Grünlandbeständen von sehr verschiedener chemischer Zusammensetzung grasten. Dabei trat mehrmals Weidetetanie auf. Deren Ursache musste also in der Zusammensetzung des Grases gesucht werden.

Dann wurden Bilanzversuche angestellt, um den Zusammenhang näher zu untersuchen. Bei mehr als hundert Milchkühen wurde genau festgestellt, wieviel Magnesium jedes Tier täglich mit dem Futter und Trinkwasser aufnahm und wieviel es mit der Milch, mit dem Kot und mit dem Harn ausschied. In Tabelle 1 sind einige Fälle aus diesem umfangreichen Material zusammengestellt. Man kann daraus entnehmen, unter welchen Verhältnissen der Magnesiumgehalt des Blutserums unternormal ist.

Tabelle 1: Die Menge des verwertbaren Magnesiums, die Menge des mit der Milch und dem Harn ausgeschiedenen Magnesiums, die Magnesiumbilanz und der Magnesiumgehalt des Blutserums bei Milchkühen auf Rationen von frisch gemähtem Weidegras von sehr verschiedener Zusammensetzung.

1	2	3	4	5	6	7
Kuh Nr.	Mg im Futter und Trinkwasser minus Mg im Kot A g/Tag	Mg in der Milch B g/Tag	A minus B g/Tag	Mg im Harn g/Tag	Mg- Bilanz g/Tag	Mg im Blutserum mg/100 ml
1	7,71	1,99	5,72	4,24	1,48	2,35
2	4,90	1,09	3,81	3,59	0,22	2,50
3	4,58	0,93	3,65	3,17	0,48	2,50
4	3,19	2,05	1,14	1,26	-0,12	2,20
5	2,12	2,43	-0,31	0,52	-0,83	1,20
6	1,62	1,80	-0,18	0,85	-1,03	1,05
7	1,22	1,75	-0,53	0,81	-1,34	1,25

In der zweiten Spalte ist die Menge des verwertbaren Magnesiums angegeben; das ist der Unterschied zwischen der im Futter und Trinkwasser aufgenommenen und der im Kot ausgeschiedenen Magnesiummenge.

In der dritten Spalte steht die mit der Milch ausgeschiedene Menge. Diese hängt an erster Stelle von der Milchleistung der Kuh ab, da der Magnesiumgehalt der Milch nicht stark schwankt. Er beträgt durchschnittlich 0,12 Gramm pro Liter.

Die Zahl der Spalte 4 erhält man, indem man die der Spalte 3 von der der Spalte 2 abzieht. Es ist die zur Erhaltung des tierischen Organismus noch verfügbare Menge nach Abzug der für die Milchleistung verwendeten. Die ersten beiden Kühe zeigen einen deutlichen Überschuss von 5,72 und 3,81 Gramm Magnesium täglich. Die letzten drei Kühe dagegen schieden mit der Milch allein schon mehr aus als sie aus Futter und Trinkwasser aufnahmen und nicht mit dem Kot wieder ausschieden.

In der fünften Spalte sieht man die mit dem Harn ausgeschiedene Menge Magnesium. Diese Menge war gross bei den ersten beiden Tieren, die (wie Spalte 4 zeigt) einen deutlichen Überschuss an zur Erhaltung verfügbarem Magnesium hatten. Bei den letzten drei Kühen lag aber kein Überschuss, sondern ein Mangel vor und diese Tiere schieden denn auch nur sehr wenig Magnesium mit dem Harn aus. Im tierischen Organismus treten also die Nieren regulierend auf zur Aufrechterhaltung des erwünschten Gleichgewichtes zwischen der Magnesium-Aufnahme aus Futter und Trinkwasser und der Magnesiumausscheidung in Milch und Harn.

In Spalte 6 ist der Unterschied zwischen dieser Aufnahme und dieser Ausscheidung angegeben. Er wird als Magnesiumbilanz bezeichnet. Bei den Kühen 4 bis 7 war diese Zahl negativ und die Ausscheidung also grösserals die Aufnahme, obwohl die Ausscheidung mit dem Harn schon viel geringer war als bei den Kühen 1 bis 3. Im erwachsenen Tier sind Aufnahme und Ausscheidung durchschnittlich gleich, so dass die Bilanz null ist. Dieses Gleichgewicht hängt von dem in Spalte 4 erwähnten Wert ab, also von der noch verwertbaren Menge nach Abzug der für die Milchleistung verwendeten. Aus unseren Versuchen geht hervor, dass das Gleichgewicht sich behaupten kann, wenn der Wert der Spalte 4 etwa 2,5 Gramm täglich beträgt. Dies ist der Erhaltungsbedarf. Die Magnesiumausscheidung mit dem Harn beträgt dann gleichfalls 2,5 Gramm.

In der letzten Spalte steht der Magnesiumgehalt des Blutserums. Man sieht, dass sehr niedrige Serum magnesiumwerte nur dann vorkommen, wenn das Tier zu wenig Futtermagnesium bekommt, um den Bedarf für Erhaltung und Produktion zu decken. Die niedrigen Serum magnesiumzahlen der Kühe 5, 6 und 7 entsprechen den gleichfalls niedrigen der Spalte 4. Bei diesen Tieren bestand ernstliche Hypomagnesämie. Die Kühe 1 bis 4 dagegen bekamen genug Magnesium mit dem Futter und Trinkwasser und konnten den Magnesiumgehalt des Blutserums auf normaler Höhe halten, so dass bei ihnen keine sichtbaren

Magnesiummangelerscheinungen auftreten konnten. Wenn mit dem Futter viel zu wenig Magnesium aufgenommen wird, kann der Magnesiumgehalt des Blutserums schon in wenigen Tagen gefährlich niedrig werden. Das ereignet sich öfters im Frühjahr, wenn die Tiere eben aus dem Stall in die Weide gekommen sind.

Man kann sich fragen, wie es möglich ist, dass diese Hypomagnesämie so bald auftritt, während doch bei Kalziummangel oder Phosphormangel der Nahrung dem Skelett grosse Mengen dieser Elemente entzogen werden. Mit dem Magnesium ist das offenbar bei älteren Tieren kaum oder nicht der Fall. Milchkühe haben im Körper zwar etwa 250 Gramm Magnesium und davon etwa 70 Prozent im Skelett, aber von diesem Magnesium ist wenig oder nichts mobilisierbar. Kälber dagegen können bei Magnesiummangel der Nahrung den Magnesiumgehalt des Blutserums noch geraume Zeit auf gleicher Höhe halten durch Mobilisierung von mehr als der Hälfte des im Skelett befindlichen Magnesiums. Bei Kälbern auf magnesiumarmer Ration kann es denn auch einige Monate dauern, ehe Hypomagnesämie auftritt. Bei Milchkühen kann es nach drei oder vier Tagen schon den Fall sein. Die Anfälligkeit für Weidetetanie nimmt denn auch zu, je nachdem die Tiere älter werden.

Eine Milchkuh muss also immer über genügend Magnesium in der Nahrung verfügen können, um den Leistungs- und Erhaltungsbedarf zu decken und den Gehalt des Blutserums normal zu halten. Die Ergebnisse der erwähnten Versuche ermöglichen es auch, anzugeben, wieviel Magnesium das Futter mindestens enthalten soll. Der Erhaltungsbedarf ist, wie gesagt, etwa 2,5 Gramm täglich, während für die Leistung 0,12 Gramm pro Liter Milch nötig sind. Für eine Kuh, die 20 Liter Milch täglich gibt, sind also $2,5 + 20 \times 0,12 = 4,9$ Gramm täglich nötig.

Mit der Nahrung muss aber eine sehr viel grössere Menge bereitgestellt werden, da durchschnittlich 83 Prozent mit dem Kot unverwertet ausgeschieden werden. Der durchschnittliche Verwertungsprozentsatz ist also 17, so praktisch der durchschnittliche Bedarf an Futtermagnesium $100/17 \times 4,9 = 29$ Gramm täglich ist.

Danach wäre bei Aufnahme von 15 kg Trockensubstanz ein Magnesiumgehalt des Grases von 0,20 Prozent ausreichend. Der Verwertungsprozentsatz schwankt aber, je nach dem Alter des Grases, sehr stark: zwischen 5 und 35 Prozent. Tabelle 2 gibt an, wie hoch der Magnesiumgehalt des Weidegrases bei 10-, 15-, 20- und 25-prozentiger Verwertung mindestens sein sollte.

Tabelle 2: Benötigte Mengen Futtermagnesium in Gramm pro Tag für Kühe mit einer Milchleistung von 20 Liter täglich auf Weidebeständen mit verschiedenen Magnesiumverwertungsprozentsätzen.

Verwertungs- prozentsatz	Benötigtes Mg in g/Tag	Erwünschter Mg-Gehalt der Trockensubstanz des Weidebestandes
10	49	0,33 %
15 1)	33	0,22 %
20	25	0,17 %
25 2)	20	0,13 %

1) bei jungem eiweissreichem und kalireichem Gras

2) bei älterem Gras mit weniger als 18 % Rohelweiss und weniger als 3 % Kalium

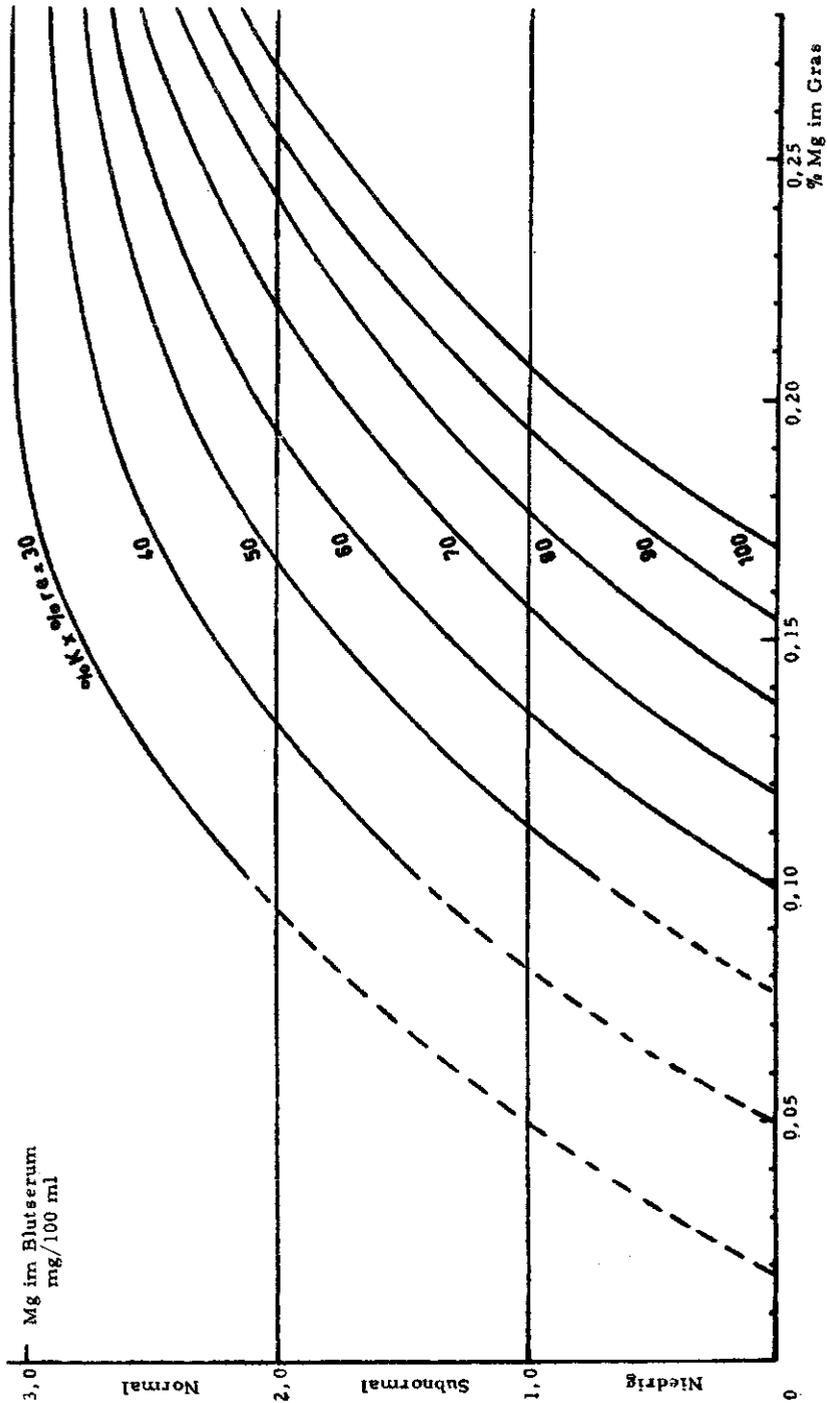
Aus dieser Tabelle geht klar hervor, dass der Verwertungsprozentsatz den praktischen Bedarf an Grasmagnesium sehr stark beeinflusst. Wer einen Magnesiumgehalt des Grases von 0,20 bis 0,25 Prozent als erwünscht annimmt, muss darauf gefasst sein, dass dieser Gehalt mitunter nicht ausreicht bei sehr geringer Verwertung oder bei geringer Trockensubstanzaufnahme. Das wird besonders vorkommen bei sehr jungem Gras mit hohem Gehalt an Rohelweiss und Kalium in Perioden mit viel Regen, der die Trockensubstanzaufnahme herabsetzen kann. Dagegen reicht unter sehr günstigen Verhältnissen ein viel geringerer Magnesiumgehalt des Bestandes aus. In Tabelle 3 sieht man, dass der Verwertungsprozentsatz des Magnesiums zunimmt, wenn das Gras älter wird.

Tabelle 3: Magnesiumverwertungsprozentsätze von Weidegras in verschiedenen Wachstumsstadien.

% Rohelweiss	25,9	17,8	14,0
Mg-Verwertungsprozentsatz	10	16	20

Beim älteren Gras mit 14 Prozent Rohelweiss war der Verwertungsprozentsatz zweimal so hoch wie beim sehr jungen Gras mit fast 26 Prozent Rohelweiss. Bei gleichem Magnesiumgehalt und gleicher Trockensubstanzaufnahme muss also die mit dem jungen Gras gefressene Mindestmenge an Magnesium zweimal so gross sein wie die mit dem alten Gras gefressene. Bei diesen Versuchen war der

Fig. 1. Zusammenhang bei 822 Milchkuhen zwischen dem Gehalt des Grases an Magnesium, Kalium und Rohweizisz einerseits und dem Magnesiumgehalt des Blutes andererseits



Kaliumgehalt des Grases ungefähr gleich. Dass auch der Kaliumgehalt des Grases mit dem Verwertungsprozentsatz des Futtermagnesiums zusammenhängt, wurde in andern Versuchen nachgewiesen. Aus ihnen ging nämlich hervor, dass bei höheren Kaliumgehalt der Ration mehr Magnesium mit dem Kot ausgeschieden und die Verwertung somit schlechter wird. Diese Versuche über die Verwertung des Magnesiums aus Gras von sehr verschiedener Zusammensetzung führten zu der Schlussfolgerung, dass höhere Stickstoff- und höhere Kaliumgehalte für sich sowie auch zusammen einen ungünstigen Einfluss haben auf die Verwertung des Grasmagnesiums durch das Tier. Die in Tabelle 2 erwähnten erwünschten Magnesiumgehalte des Grases können dadurch stark abgeändert werden. Eigentlich kann man den erwünschten Magnesiumgehalt des Grases nicht durch eine einzige Zahl ausdrücken.

Um dennoch einige Richtlinien zu haben für den Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung des Grases und dem Magnesiumgehalt des Blutserums haben wir Figur 1 konstruiert. Sie zeigt, bei welcher Graszusammensetzung man auf unternormale und gefährlich niedrige Serummagnesiumgehalte gefasst sein muss.

Diese Figur beruht auf einer grossen Anzahl Beobachtungen in verschiedenen Jahren sowohl bei Beweidungsversuchen wie auf praktischen Betrieben. Bei den Kurven stehen Zahlen, die sich aus dem Produkt Kaliumprozentsatz mal Roheiwissprozentsatz (in Trockensubstanz) des Grases ergeben. Die Zahlen steigen von oben nach unten an von 30 auf 100. Auf der x-Achse ist der Magnesiumgehalt des Grases angegeben und auf der andern Achse der zu erwartende Serummagnesiumgehalt der auf diesem Gras weidenden Kühe. Wie man die Figur verwendet, will ich durch einige Beispiele klar machen. Wenn zum Beispiel in einer Grasprobe von einer zu beweidenden Fläche ein Magnesiumgehalt gefunden wird von 0,15 %, ein Kaliumgehalt von 4 % und ein Roheiwissgehalt von 20 %, so ist das Produkt Kalium mal Roheiwiss 80. Die Kurve, bei der 80 steht, lässt bei einem Magnesiumgehalt des Grases von 0,15 % niedrige Serummagnesiumgehalte erwarten. Ist in einer andern Grasprobe der Magnesiumgehalt auch 0,15 %, aber der Kaliumgehalt 2 % und der Roheiwissgehalt 15 %, so ist Kalium mal Roheiwiss 30 und dürfen wir normale Serummagnesiumgehalte erwarten. Deutlich zeigt die Figur, dass bei höherem Wert von Kalium mal Roheiwiss das Grasmagnesium schlechter vom Tier verwertet wird und der Magnesiumgehalt des Grases also auch höher sein muss, um normale Serummagnesiumgehalte instand zu halten.

Landwirtschaftliche Aspekte und die Verhütung von Hypomagnesämie

Wir haben gesehen, dass Hypomagnesämie und Weidetetanie entstehen als Folge eines Mangels des Futters an für das Tier verwertbarem Magnesium. Daraus lässt sich nun erklären, dass Weidetetanie in der Praxis unter verschiedenen Verhältnissen vorkommt. So wurde in mehreren Ländern überzeugend nachgewiesen, dass schwere Düngung des Grünlandes mit Kali und/oder Stickstoff einen ungünstigen Einfluss auf die Magnesiumversorgung des Tieres hat und somit das Auftreten der Weidetetanie begünstigt. Tabelle 4 betrifft einen Beweidungsversuch mit Milchkühen auf magnesiumarmem Grünland in Wageningen; dabei wurden durch sehr schwere Kalidüngung bei 6 Kühen Weidetetanie-Erscheinungen hervorgerufen - in einigen Fällen sogar sehr schlimme.

Tabelle 4: Der Einfluss einer sehr schweren Kalidüngung von magnesiumarmem Grünland auf die Magnesiumgehalte des Blutserums und auf das Auftreten von Weidetetanie bei Milchkühen.

Gruppe	Stall	Weide seit 23. April; Mg-Zufütterung seit 10. Mai	25/4	3/5	4/5	9/5	16/5 (+ MgO)
I	2,50	k	2,32	2,00	K	0,80(2)	2,32
II	2,43	K	1,72	0,55(4)	k	1,05	2,22

k = leichte Kalidüngung

K = sehr schwere Kalidüngung

() = Zahl der Weidetetaniefälle

Beide Gruppen von je 8 Milchkühen wurden am 23. April mit ganz normalen Serummagnesiumgehalten in die Weide gelassen. Gruppe I kam auf eine leicht mit Kali gedüngte Fläche und Gruppe II auf eine schwer mit 40-prozentigem Kalisalz gedüngte Fläche, die der andern sonst ganz ähnlich war. Schon am 25. April hatten die Serummagnesiumgehalte der Gruppe II stark abgenommen und am 3. Mai waren die Unterschiede der beiden Gruppen sehr gross. An dem Tage waren die Magnesiumgehalte des Blutserums der Kühe der Gruppe II gefährlich niedrig und litten vier Kühe dieser Gruppe an Weidetetanie, 2 sogar sehr ernstlich. Am 4. Mai wurden die Gruppen ausgetauscht. Die Gruppe I kam auf die schwer mit Kali gedüngte Fläche und die Gruppe II auf die leicht mit Kali gedüngte. Die Serummagnesiumgehalte änderten sich dementsprechend: Bei Gruppe II nahmen sie wieder zu, aber bei Gruppe I wurden sie nun gefährlich niedrig und nun kamen in dieser Gruppe 2 Fälle von Weidetetanie vor. Alle erkrankten Tiere wurden durch rechtzeitiges Eingreifen des Tierarztes gerettet.

Vom 10. Mai an erhielten die Tiere je 60 Gramm Magnesiumoxyd täglich in Form von Weidekuchen. Dadurch waren am 16. Mai alle Serummagnesiumgehalte wieder normal geworden, so dass Weidetetanie nicht mehr auftreten konnte.

Der ungünstige Einfluss dieser schweren Kalidüngung erklärt sich erstens daraus, dass sie die Magnesiumgehalte des Grases herabsetzt, so dass die Tiere weniger Magnesium aufnehmen, und zweitens daraus, dass bei höherem Kaligehalt des Grases dieses Grasmagnesium durch die Tiere schlechter verwertet wird. Es empfiehlt sich denn auch, das Grünland nicht schwerer mit Kali zu düngen als für die optimale Grasproduktion nötig ist. Der hier beschriebene sehr ungünstige Einfluss einer schweren Kalidüngung unterbleibt, wenn der Magnesiumgehalt des Weidefutters hoch oder sehr hoch ist. Das kann vorkommen, wenn der Boden sehr reich an Magnesium ist oder wenn der Bestand viel Klee und Kräuter enthält. So findet man zum Beispiel auf den Güllebetrieben im Allgäu Gras mit sehr hohen Kalium- und Stickstoffgehalten, aber kaum Weidetetanie. Infolge der hohen Prozentsätze Klee und besonders Kräuter sind die Magnesiumgehalte des Weidefutters hier derart hoch, dass trotz des ungünstigen Einflusses der kalireichen Gülle die Magnesiumversorgung der Tiere stets ausreicht.

Bei der Intensivierung der Grünlandnutzung ist die Stickstoffdüngung eine mächtige Waffe. Deren ungünstiger Einfluss auf die Magnesiumversorgung darf aber nicht unterschätzt werden. Bei Verwendung von Kalkammonsalpeter bleibt der Magnesiumgehalt des Grases gleich oder wird etwas höher. Schwefelsaures Ammoniak dagegen kann den Magnesiumgehalt des Grases stark herabsetzen. Übrigens besteht der ungünstige Einfluss der Stickstoffdüngung hauptsächlich in der Erhöhung des Stickstoffgehaltes des Grases und der damit verbundenen schlechteren Verwertung des Grasmagnesiums durch das Tier. Ferner verdrängt schwere Stickstoffdüngung Klee und Kräuter aus dem Weidebestand, so dass die Tiere mit dem Weidefutter weniger Magnesium aufnehmen; denn Kleearten und Kräuter enthalten meistens mehr Magnesium als Gräser.

Herabsetzung der Stickstoffgabe setzt den Grasertrag herab. Deshalb gibt man in den Niederlanden neben viel Stickstoff auch Magnesium durch Düngung mit Kieserit und Magnesiumkalkammonsalpeter. Besonders auf Sandböden kann man so den Magnesiumgehalt des Grases erheblich steigern. In den Niederlanden empfiehlt man, auf Betrieben mit Weidetetanie die ersten beiden Jahre im März mit 300 bis 400 kg Kieserit je Hektar zu düngen. Daneben verwendet man dauernd zur Stickstoffdüngung Magnesiumkalkammonsalpeter. Damit die Magnesiumdüngung den Magnesiumgehalt des Grases möglichst viel erhöht, darf man nicht mehr Kali geben als für einen guten

Grünlandertrag nötig ist. Je nachdem mehr Kali gegeben wird oder der Kalizustand des Bodens höher ist, ist die Steigerung des Grasmagnesiumgehaltes durch Magnesiumdüngung geringer. Auch deshalb soll man also mit der Kalidüngung vorsichtig sein.

Alle genannten Massnahmen bezwecken die Steigerung des Magnesiumgehaltes des Grases, damit das Tier mehr Magnesium aufnimmt. Man kann die Magnesiumversorgung des Tieres aber auch dadurch verbessern, dass man in der Weide Ergänzungsfutter gibt, dem Magnesium zugesetzt ist. In den Niederlanden wird im Frühjahr und im Herbst in grossem Umfang zu Kuchen gepresstes eiweissarmes Kraftfutter gegeben, das 5 % Magnesiumoxyd enthält. Davon erhält jedes Tier ein Kilogramm täglich, so dass es 50 Gramm Magnesiumoxyd täglich bekommt. Sehr wichtig ist, dass diese Kuchen jeden Tag gegeben werden (das Tier hat ja keinen Magnesiumvorrat im Körper) und in genügender Menge. In dieser Weise kann man nach dem Übergang vom Stall zur Weide die Magnesiumgehalte des Blutserums auf normaler Höhe halten, so dass Weidetetanie nicht auftreten kann. Ausserdem kann man durch Magnesiumzufütterung gefährlich niedrige Serummagnesiumgehalte schnell wieder auf normale Höhe bringen. Tabelle 5 zeigt, dass schon 24 Stunden nach Zufütterung von 50 Gramm Magnesiumoxyd die Serummagnesiumgehalte wieder beinahe normal waren. Und in Tabelle 6 sieht man, dass Zugabe von 100 Gramm Magnesiumoxyd noch stärker wirkt: dadurch wurden schon nach 12 Stunden wieder normale Magnesiumgehalte erreicht.

Tabellen 5 und 6: Wirkung einer Zugabe von 50 (Tabelle 5) beziehungsweise 100 (Tabelle 6) Gramm Magnesiumoxyd je Tier und Tag in Form von Magnesiumkuchen auf den Magnesiumgehalt des Blutserums von Milchkühen mit Hypomagnesämie.

Tabelle 5

Kuh	Stunden:	0	2	6	12	24
1		0,50	0,60	0,90	1,10	1,90
2		0,50	0,65	1,10	1,40	1,70
3		0,70	0,90	1,10	1,40	2,00
4		0,80	0,85	1,00	1,30	2,00
Mittel		0,65	0,70	1,05	1,30	1,90

Tabelle 6

Kuh	Stunden:	0	2	6	12	24
1		0,60	0,90	1,35	2,00	2,40
2		0,35	0,50	1,10	2,30	2,10
3		1,00	1,00	2,20	2,40	2,40
Mittel		0,65	0,80	1,55	2,15	2,30

Verwunderlich ist diese Wirkung der Zufütterung von Magnesium nicht. Denn die Ursache der Hypomagnesämie und der Weidetetanie ist ein Mangel an Futtermagnesium und dieser Mangel wird durch diese Zufütterung aufgehoben. Gleiches ist der Fall bei der Erhöhung des Magnesiumgehaltes des Grases durch Magnesiumdüngung.

Schliesslich ist noch hervorzuheben, dass es sich bei der Bekämpfung der Weidetetanie nicht an erster Stelle handelt um die wenigen Prozent von Tetaniefällen, die jährlich auftreten. Hauptsache ist die Verhütung von Hypomagnesämie bei einem viel grösseren Prozentsatz der Milchkühe. Denn wenn auf einem Betrieb ein oder zwei Tiere an Weidetetanie leiden, so sind die andern Tiere in sehr labilem Zustand und haben gleichfalls sehr niedrige Serummagnesiumgehalte. Diese Tiere sind nur noch nicht so weit, dass sie sichtbare Krankheitserscheinungen zeigen; ihre Milchleistung kann bedeutend herabgesetzt sein und auch diesen Schaden muss man vermeiden.

Wenn man die genannten Massnahmen zur Verbesserung der Magnesiumversorgung der Tiere konsequent durchführt, so kann man auch bei sehr intensiver Grünlandnutzung Weidetetanie verhüten und hohe Erträge vom Grünland erzielen mit gesundem Vieh.

Diese präventiven Massnahmen haben in den Niederlanden dazu geführt, dass die Zahl der Weidetetaniefälle in den letzten Jahren stark abnahm. Eine gute Beratung kann auf diesem Gebiet bedeutende Ergebnisse zeitigen.

Natrium

Bekanntlich können die Natriumgehalte des Weidegrases sehr grosse Unterschiede aufweisen. Gehalte von nur 0,01 % der Trockensubstanz kommen vor, aber auch solche von mehr als 1,00 %. Vielerorts ist es von alters her üblich, den Tieren zusätzlich Natrium zur Verfügung zu stellen. Ich habe den Eindruck, dass in Deutschland sehr niedrige Natriumgehalte des Grases verhältnismässig noch häufiger sind als in den Niederlanden. Da die Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung auch die Natriumversorgung der Tiere stark beeinflussen kann, braucht man zuverlässige Angaben über den

Natriumbedarf des Tieres, damit rechtzeitig die richtigen Massnahmen getroffen werden können.

Im Rahmen der Weidetetanieforschung haben wir bei mehr als hundert Kühen Bilanzversuche durchgeführt und auch Daten über Natrium gesammelt. In gleicher Weise wie der Magnesiumbedarf konnte auch der Natriumbedarf der Tiere bei niedriger und bei sehr hoher Milchleistung festgestellt werden.

Ein bedeutender Unterschied besteht zwischen Magnesium und Natrium im Punkte der Ausscheidung mit dem Kot und mit dem Harn. Von dem aufgenommenen Magnesium werden durchschnittlich 83 % mit dem Kot ausgeschieden, so dass der durchschnittliche Verwertungsprozentsatz nur 17 beträgt. Von dem aufgenommenen Natrium werden mit dem Kot durchschnittlich nur 15 % ausgeschieden, so dass der durchschnittliche Verwertungsprozentsatz 85 beträgt. Natrium verhält sich in dieser Hinsicht wie die gleichfalls einwertigen Elemente Kalium und Chlor, die hauptsächlich mit dem Harn ausgeschieden werden. Magnesium, Kalzium und Phosphor werden hauptsächlich mit dem Kot ausgeschieden.

Für die Milchleistung sind ungefähr 0,40 Gramm Natrium je Liter nötig. Diese Zahl ist gegen Ende der Laktation mitunter höher, aber dann ist die Milchproduktion geringer.

Ausser für die Milchleistung ist auch Natrium für die Erhaltung nötig und zwar nach unserer Feststellung 5,5 Gramm verwertbares Natrium täglich. Der Natriumbedarf einer Milchkuh mit einer Milchleistung von 20 Liter täglich ist danach $5,5 + 20 \times 0,40 = 13,5$ Gramm verwertbares Natrium täglich. Bei einem Verwertungsprozentsatz von 80 ist der Tagesbedarf an Grasnatrium also 16,9 Gramm. In Tabelle 7 sind bei verschiedenen Verwertungsprozentsätzen die erforderlichen Mengen Futternatrium angegeben sowie auch die erwünschten Natriumgehalte des Grases bei einer Trockensubstanzaufnahme von 15 kg täglich.

Tabelle 7: Benötigte Mengen Futternatrium in g/Tag für Kühe mit einer Milchleistung von 20 Liter täglich auf Weidegras mit verschiedenen Verwertungsprozentsätzen des Natriums.

Verwertungs- prozentsatz	Benötigtes Futternatrium	Erwünschter Natriumgehalt der Trockensubstanz des Weidegrases
80	16,9	0,11 %
90	14,9	0,10 %

Der Verwertungsprozentsatz ist hier also viel weniger wichtig als Magnesium (Tabelle 2). Dagegen fällt beim Natrium die Höhe der Milchleistung mehr ins Gewicht, da der Natriumgehalt der Milch mehr als dreimal so hoch ist wie der Magnesiumgehalt. Bei der sehr hohen Milchleistung von 30 Liter täglich reicht ein Natriumgehalt des Grases von 0,15 % der Trockensubstanz aus zur Deckung des Bedarfs. Diesen Gehalt hat man in den Niederlanden als den optimalen angenommen, damit rechnend, dass unter bestimmten Verhältnissen die Trockensubstanzaufnahme oder der Verwertungsprozentsatz etwas geringer sein können.

In der Praxis ist nun in vielen Fällen der Natriumgehalt des Weidegrases zu niedrig, um den angegebenen Natriumbedarf der Tiere zu decken. Hätte dies dieselben Folgen wie Magnesiummangel, so würde es viele Opfer unter dem Vieh fordern. Das ist aber nicht der Fall. Es dauert lange, ehe sich auf sehr natriumarmer Ration sichtbare Erscheinungen des Natriummangels offenbaren. Milchkühe haben nämlich eine grosse Menge mobilisierbares Natrium im Körper, der sie etwas entnehmen können in Zeiten, wo dies Futternatrium nicht ausreicht. Für Magnesium gilt dies nicht. Erst wenn der Natriumvorrat im Körper zu einem grossen Teil verbraucht ist, treten sichtbare Erscheinungen des Natriummangels auf. Diesem auch für die Praxis wichtigen Aspekt der Natriumversorgung sind wir nachgegangen in einem Fütterungsversuch von sechs Monaten mit 10 Milchkühen, die mit Heu und Kraftfutter gefüttert wurden. Die Milchleistung der Tiere schwankte zu Anfang des Versuches zwischen 22 und 32 Liter täglich.

Diese zehn Tiere wurden in drei Gruppen eingeteilt. Die Figuren 2, 3 und 4 zeigen einen Teil der Ergebnisse, die mit einer Kuh aus der ersten, der zweiten und der dritten Gruppe erzielt wurden. Die andern Tiere der gleichen Gruppe verhielten sich ähnlich. Die Ration der drei Gruppen war gleich und enthielt nur 0,05 % Natrium in der Trockensubstanz, so dass Natriummangel zu erwarten war. Zwei von den drei Gruppen bekamen aber zusätzlich Natriumchlorid, so dass der Natriumgehalt der Ration der zweiten Gruppe auf 0,14 % und der dritten Gruppe auf 0,25 % erhöht wurde. Die zweite Gruppe musste also nach der schon erwähnten Norm von 0,15 % genug Natrium bekommen, um den Bedarf zu decken. Der Chlorgehalt der Ration aller zehn Kühe war mehr als genügend, so dass die beobachteten Abweichungen nicht auf Chlormangel zurückzuführen sind.

In der ersten Woche des Versuches erhielten alle Tiere so viel zusätzliches Natrium, dass der Natriumgehalt ihrer Gesamtration 0,25 % betrug. Anschliessend wurden die genannten Unterschiede in der Natriumnahrung angebracht und diese dauerten $4\frac{1}{2}$ Monate. Das Ende dieser Periode (der 21. April) ist in den Figuren 2, 3 und 4 durch die vertikale Linie

angegeben. Die anschliessenden Tage sind in anderm Maszstab dargestellt und an jedem dieser Tage erhielten alle 10 Tiere 110 Gramm Natriumchlorid.

Im oberen Teil der Figuren 2, 3 und 4 sieht man die Gehalte des Speichels an Kalium und Natrium und im unteren Teil die Natriumausscheidung mit dem Harn. Nur bei der Kuh der Figur 2 mit 0,05 % Natrium in der Ration wurde eine deutliche Veränderung der Speichelzusammensetzung beobachtet. Der Gehalt an Natrium nimmt ab und der an Kalium nimmt zu und zwar so, dass die in Äquivalent ausgedrückte Summe der beiden gleich bleibt. Bei den Kühen der andern Gruppen blieb die Zusammensetzung des Speichels die ganze Versuchsperiode hindurch auf normaler Höhe. Die Natriumausscheidung mit dem Harn war zu Anfang, als alle Tiere zusätzliches Natrium erhielten, ziemlich hoch. Dann aber entstanden grosse Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Kuh der Figur 2, die weniger Natrium erhielt als für Leistung und Erhaltung nötig ist, schränkte die Natriumausscheidung mit dem Harn stark ein, aber konnte dadurch nicht verhüten, dass dem im Speichel vorhandenen Vorrat an Natrium ein Teil entzogen wurde, der dann durch das stets in genügender Menge vorhandene Kalium ersetzt wurde. Die Tiere der andern Gruppen erhielten genug oder mehr als genug Natrium mit der Ration. Die Zusammensetzung ihres Speichels blieb denn auch normal und ein etwaiger Überschuss an Natrium wurde mit dem Harn ausgeschieden.

Ebenso wie dies beim Magnesium der Fall ist, ist auch beim Natrium die Ausscheidung mit dem Harn eine Abspiegelung des im Tier vorhandenen Vorrates. In der rechts von der vertikalen Linie in den Figuren 2, 3 und 4 dargestellten Perioden erhielten alle Tiere 110 Gramm Natriumchlorid täglich. In den Figuren 3 und 4 sehen wir denn auch gleich eine starke Zunahme der Natriumausscheidung mit dem Harn. Diese Tiere hatten stets genug Natrium bekommen und führten die überflüssige Menge mit dem Harn ab. Die Zusammensetzung des Speichels blieb auch jetzt gleich. Anders ist es bei der Kuh der Figur 2. Diese hatte $4\frac{1}{2}$ Monate hindurch zu wenig Natrium erhalten. In den ersten Tagen blieb daher die Ausscheidung mit dem Harn sehr gering; die Zusammensetzung des Speichels wurde aber wieder normal. Nach etwa einer Woche war die dem Speichels entzogene Natriummenge ersetzt und der Kaliumgehalt hatte entsprechend abgenommen. Nach dieser Periode der Natriumretention im Körper wurde der Überschuss an Futternatrium mit dem Harn ausgeschieden.

Während der natriumarmen Periode der Kühe mit nur 0,05 % Natrium in der Ration traten erst nach einigen Monaten, also erst nachdem ein Teil des Natriumvorrates verbraucht war, sichtbare Natriummangelercheinungen auf. Diese bestanden in herabgesetzter Futteraufnahme (sogar bis zu 50 %), herabgesetzter Milchleistung, spröder Haut (Dehydrierung) und Lecksucht. Ganz verschwunden waren diese Erscheinungen schon wieder eine Woche, nachdem man

Fig. 2. Gehalt an Kalium und Natrium im Speichel und Ausscheidung von Natrium im Harn von Milchkühen bei natriumarmer Ration (0.05 % Na in der Trockensubstanz) mit und ohne NaCl-Zugabe

← 0 → = 0 Gramm NaCl zusätzlich täglich

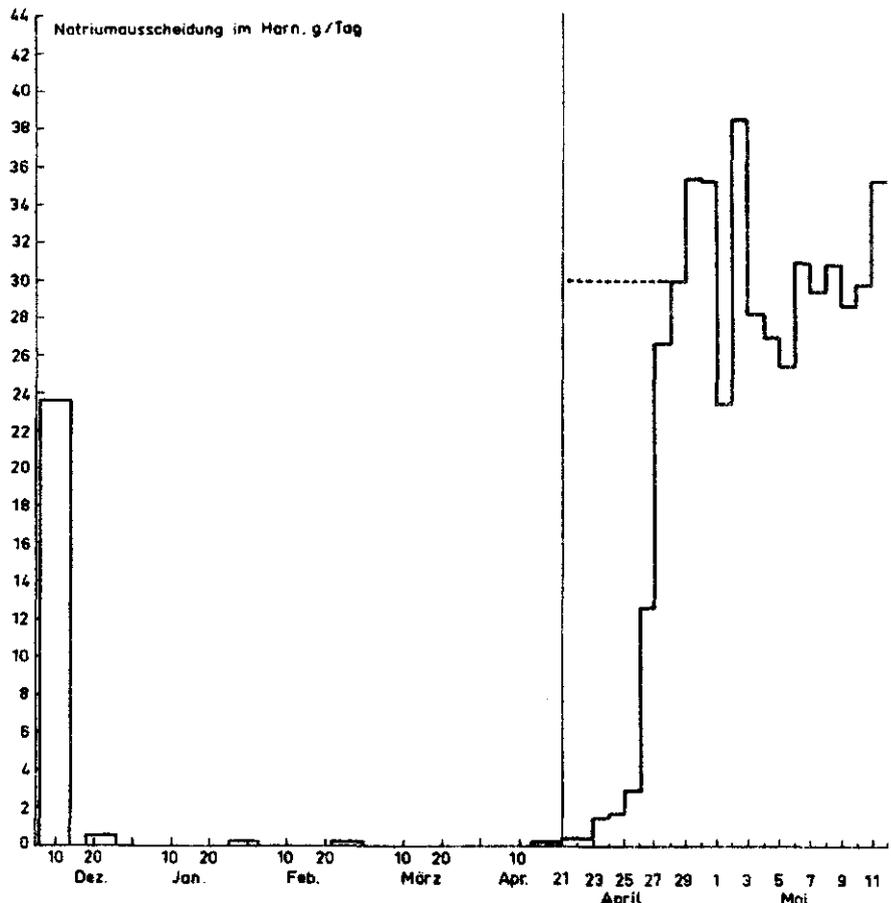
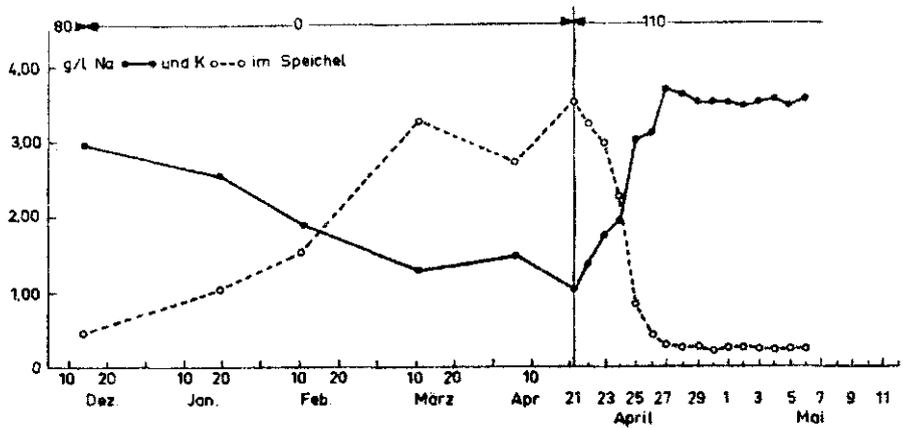


Fig. 3. Gehalt an Kalium und Natrium im Speichel und Natriumausscheidung im Harn von Milchkühen bei natriumarmer Ration (0.05 % Na in der Trockensubstanz) mit NaCl-Zugabe

← 38 → = 38 Gramm NaCl zusätzlich täglich

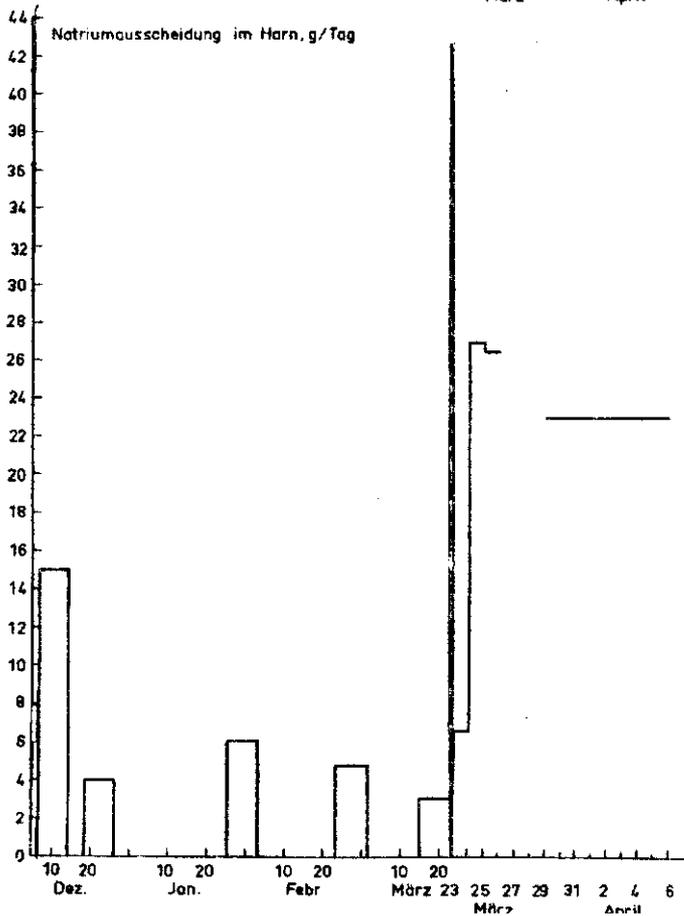
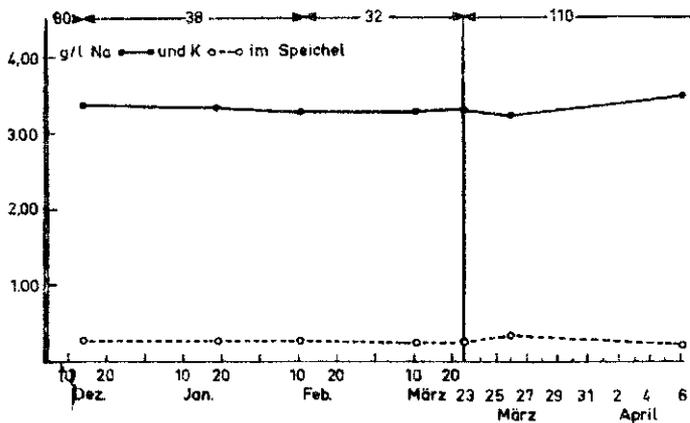
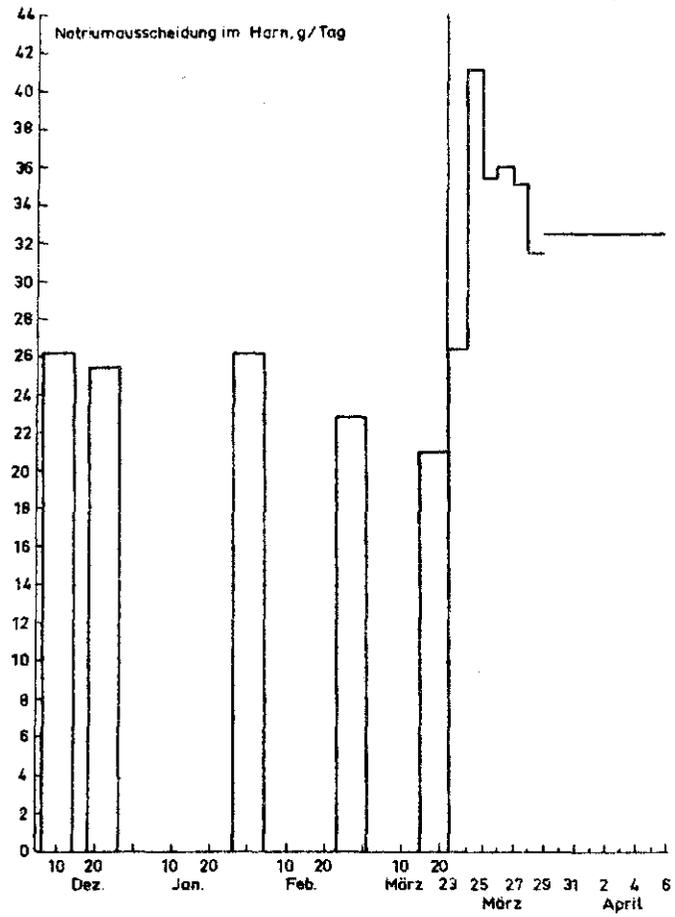
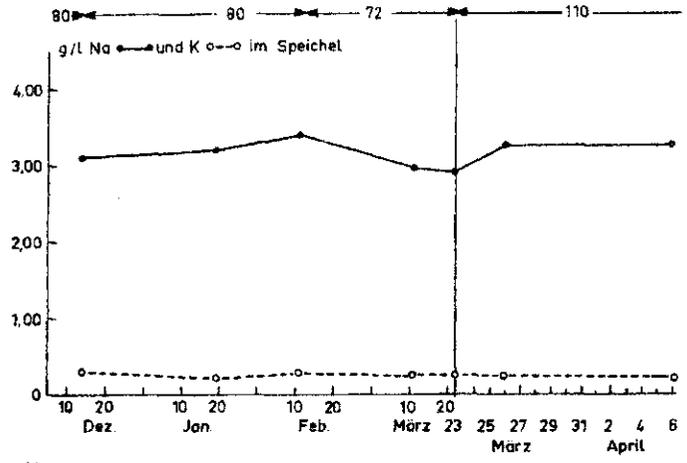


Fig. 4. Gehalt an Kalium und Natrium im Speichel und Natriumausscheidung im Harn von Milchkühen bei natriumarmer Ration (0.05 % Na in der Trockensubstanz) mit NaCl-Zugabe

← 80 → = 80 Gramm NaCl zusätzlich täglich



mit der Natriumzugabe angefangen hatte, also zu der Zeit, wo die Zusammensetzung des Speichels wieder normal geworden war. Die Milchleistung verdoppelte sich bei einer der Kühe dieser Gruppe. Die genannten Krankheitserscheinungen entstanden durch Natriummangel, aber sie kommen nicht nur bei Natriummangel vor. Sie können auch ganz andere Ursachen haben und damit muss man in der Praxis rechnen.

Das lange Ausbleiben von Krankheitserscheinungen bei Natriummangel erklärt sich aus der Möglichkeit, dem Vorrat im Speichel einen Teil zu entnehmen. Ein zeitweiliger Mangel an Futternatrium lässt sich dadurch leicht überbrücken. Beim Magnesium dagegen ist das gar nicht der Fall. Der Natriumvorrat befindet sich hauptsächlich im Panzen. Darin kommt schätzungsweise normaliter 300 Gramm Natrium vor, das nur zu einem kleinen Teil vom Futter und hauptsächlich vom zugeführten Speichel herrührt. Bei natriumarmer Ration tritt denn auch in der Panzenflüssigkeit derselbe Ersatz von Natrium durch Kalium auf wie im Speichel.

Von praktischer Bedeutung ist ferner, dass der Kalium- und der Natriumgehalt des Speichels einen guten Maszstab zur Beurteilung der Natriumversorgung von Kühen abgeben. Ist der Natriummangel mehr als $2\frac{1}{2}$ bis 3 Gramm je Liter und der Kaliumgehalt weniger als 1,0 bis 0,5 Gramm, so liegt kein Natriummangel vor. Ist aber der Natriumgehalt unter 1,5 und der Kaliumgehalt über 2,5 Gramm je Liter, so muss man auf ernstlichen Natriummangel schliessen; es ist dann schon eine bedeutende Menge Natrium aus der Speichelzirkulation verbraucht worden. Speichelproben lassen sich sehr leicht nehmen: Man klemt einen kleinen Schwamm aus Schaumplastik in eine Zange und hält ihn einige Minuten an die Speicheldrüsen gedrückt, die im Maul neben der Zunge liegen. Der Schwamm nimmt dann genug Speichel auf für eine einfache flammenphotometrische Kalium- und Natriumbestimmung. Wenn man das bei 20 bis 25 % der Tiere eines Betriebes macht, so weiss man, ob dort Natriummangel vorliegt oder nicht.

Landwirtschaftliche Aspekte und Verhütung von Natriummangel

Die Natriumgehalte des Weidefutters werden vielfach beeinflusst durch die Natrium- und Kaliumgehalte des Bodens, durch die Düngung mit Kali und Stickstoff und durch die botanische Zusammensetzung des Bestandes. Je nachdem das Verhältnis Kalium/Natrium im Boden höher ist, ist der Natriumgehalt des Grases niedriger. Auch die Düngung mit Kali und mit Stickstoff kann den Natriumgehalt des Grases stark beeinflussen. Tabelle 8 gibt die Natriumgehalte eines reinen Gräserbestandes bei verschiedenen Mengen Kali und Stickstoff. Die Kalidüngung war hier als 40-prozentiges Kalisatz gegeben worden.

Tabelle 8: Einfluss der Düngung mit 40-prozentigem Kalisalz und mit Kalkammonsalpeter auf die Natriumgehalte von jungem Weidegras, in Prozent der Trockensubstanz. Durchschnittliche Ergebnisse von vier Versuchen auf Tonboden.

kg K ₂ O/ha	kg N/ha		
	0	40	80
0	0,13	0,17	0,31
100	0,11	0,13	0,18
200	0,13	0,13	0,13

Durch die Kalidüngung werden die Natriumgehalte bei 40 und 80 kg N je Hektar herabgesetzt. Stickstoff erhöht den Natriumgehalt eines reinen Gräserbestandes, aber die Erhöhung ist geringer bei stärkerer Kalidüngung. Man soll also sowohl mit Rücksicht auf die Magnesiumversorgung wie mit Rücksicht auf die Natriumversorgung der Tiere dem Grünland nicht mehr Kali geben als für einen optimalen Ertrag an Gras nötig ist. Die heutzutage übliche Düngung mit 40- und 60-prozentigem Kalisatz hat den grossen Nachteil, dass diese Düngemittel wenig Natrium enthalten. Dagegen enthalten 20-prozentiges Kalisalz und Kainit bedeutende Mengen Natrium. Um den Natriumgehalt des Weidefutters auf 0,15 % der Trockensubstanz zu bringen oder zu halten, empfiehlt man in den Niederlanden, den Kalizustand nicht über die nach der Bodenanalyse ausreichende Höhe hinaus steigen zu lassen und gegebenenfalls mit Natriumchlorid zu düngen, um den Natriumgehalt des Grases schnell zu steigern. Sehr vorsichtig sind wir mit der Anwendung von Chilisalpeter, da dieser den Kalziumgehalt des Grases stark herabsetzen kann.

Nach Tabelle 8 erhöht Kalkammonsalpeter den Natriumgehalt des Grases. Das trifft für einen reinen Gräserbestand tatsächlich zu. Aber in der Praxis wird starke Stickstoffdüngung in vielen Fällen Klee und Kräuter im Bestand zurückdrängen. Diese Herabsetzung des Prozentsatzes Klee und anderer Kräuter hat dann zur Folge, dass das Vieh weniger Natrium aufnimmt.

Die Intensivierung der Grünlandnutzung mit zunehmenden Stickstoffgaben und damit einhergehenden Änderungen der botanischen Zusammensetzung wirkt sich sowohl auf die Natrium- wie auf die Magnesiumversorgung des Weideviehs ungünstig aus. Verminderung der Stickstoffdüngung setzt aber gleich den Ertrag herab. In den Niederlanden verwendet man viel Stickstoff, aber stellt zugleich die Magnesium- und Natriumversorgung der Tiere sicher durch folgende drei Massnahmen:

- a) regelmässige Bodenanalyse, damit man die Kalidüngung an den Kalizustand anpassen kann;
- b) Anwendung von Magnesium- und Natriumdüngung;
- c) Zugabe von Magnesiumkuchen in denjenigen Perioden, in denen Weidetetanie häufig vorkommt, also im Frühjahr und im Herbst.

Schliesslich möchte ich noch einige Bemerkungen machen über die Beziehung zwischen der Intensivierung der Grünlandnutzung und der Versorgung des Viehs mit Makro-Elementen. Unter niederländischen Verhältnissen wird man auf Magnesium und Natrium dauernd achten müssen. Aber auch Kalzium darf man nicht aus den Augen verlieren. Kalium dagegen ist stets in starkem Übermass vorhanden und auch der Chlorgehalt des Weidegrases macht keine Sorgen. Wenn der Phosphorsäurezustand des Bodens für einen guten Ertrag genügt, wird auch der Phosphorgehalt des Grases für das Vieh hoch genug sein. Stickstoffdüngung steigert nicht nur den Stickstoffgehalt, sondern auch den Phosphorgehalt des Grases. Über den etwaigen Einfluss von Änderungen des Verhältnisses zwischen dem Kalzium- und dem Phosphorgehalt ist zu wenig bekannt, um etwas darüber zu sagen.

Es handelt sich also besonders um Magnesium, Natrium und Kalzium. Der Kalziumgehalt des Grases lässt sich durch Düngung nur schwer erhöhen, der Magnesiumgehalt leichter und der Natriumgehalt sehr leicht. Bei Zunahme des Magnesium- und des Natriumgehaltes des Grases wird sein Kalziumgehalt immer mehr oder weniger abnehmen. Wenn man den Gehalt des Grases an einem bestimmten Element steigern will, muss man somit auch an andere Bestandteile des Grases denken; und wenn der Gehalt an diesem Element für das Vieh hoch genug geworden ist, soll man ihn nicht weiter steigern. Bei den an die Gehalte des Grases zu stellenden Anforderungen gibt es nicht nur eine untere, sondern auch eine obere Grenze.

S 2071

450 ex.

