

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire  
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 94 (1952)

**Heft:** 7

**Artikel:** Mineralstoffhaushalt und Mineralstoffversorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere

**Autor:** Crasemann, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-591953>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Mineralstoffhaushalt und Mineralstoffversorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere

Übersichtsreferat, gehalten in der Gesellschaft zur Erforschung der Haustierkrankheiten von E. Crasemann, Institut für Haustierernährung der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich, Dezember 1950

### A. Einleitung

In diesem Referat sollen nachfolgend einige grundlegende Fragen des Mineralstoffhaushaltes und der Mineralstoffversorgung unserer landwirtschaftlichen Nutztiere beleuchtet werden. Auf eine auch nur annähernd erschöpfende Behandlung des Stoffes macht es keinen Anspruch. Das Problem *Spurenelemente* sowie das Problem der mit einem gestörten Mineralstoffhaushalt zusammenhängenden *Mangelercheinungen* wird nicht oder nur ganz nebenbei berührt, da in der vorliegenden Schriftenfolge beide Themen von anderer Seite zur Behandlung gelangen. Das einschlägige, sehr umfangreiche *Schrifttum* konnte nur teilweise zitiert werden; die gemachten Hinweise dürften immerhin geeignet sein, das Aufsuchen weiterer Literatur zu erleichtern.

### B. Die zu den Mineralstoffen gehörenden biogenen Elemente, ihre Bedeutung im Stoff- und Energiehaushalt des tierischen Organismus

Es sei versucht, den *Begriff Mineralstoff* möglichst zutreffend zu definieren. Diesbezügliche Vorschläge sind einige gemacht worden. Recht brauchbar scheint der Vorschlag von F. Kägi [1] zu sein, nach welchem die fragliche Definition lautet: Zu den Mineralstoffen gehören alle biogenen Elemente mit Ausnahme der organisch gebundenen, deren Atomgewicht 16 und darunter ist.

Diese Definition bringt in einleuchtender Weise folgendes zum Ausdruck:

1. Zu den Mineralstoffen zählen wir im Hinblick auf den Stoffhaushalt eines Organismus nur diejenigen Elemente, die lebensnotwendig, das heißt biogen sind; die anderen, die zufälligerweise in dem betreffenden Organismus vorkommen, für diesen aber bedeutungslos sind, lassen wir unberücksichtigt. Einschränkend sei hier immerhin bemerkt, daß die Auffassung über das Wort „bedeutungslos“ mit dem Fortschreiten praktischer und wissenschaftlicher Erfahrungen und Erkenntnisse noch ab und zu eine Korrektur erfahren dürfte. Eine solche erwies sich vor noch nicht allzulanger Zeit hinsichtlich verschiedener Spurenelemente, wie Zn, Mn und Cu als notwendig.

2. Die Definition Kägi läßt die Möglichkeit offen, daß die vorwiegend in organischer Bindung vorkommenden Elemente mit dem Atomgewicht 16 und darunter (es sind dies O, N, C und H) unter Umständen ebenfalls zu den Mineralstoffen gerechnet werden können, nämlich dann, wenn sie in anorganischer Bindung (zum Beispiel  $[\text{NH}_4]_2\text{CO}_3$ ) vorliegen. Damit wird zum Ausdruck gebracht, daß für die Zugehörigkeit zu den Mineralstoffen nicht nur das Element an sich, sondern auch seine Bindungsform entscheidend ist.

Nach dem Stande unserer derzeitigen Kenntnisse erachten wir folgende als Mineralstoffe zu bezeichnende Elemente für biogen (die vier Elemente O, N, C und H sind in der Übersicht weggelassen):

## Übersicht 1

*Die für den Stoff- und Energiehaushalt des tierischen Organismus notwendigen Mineralstoffe*

Periode	Gruppen							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Li*		B*				F	
2	Na	Mg	Al*	Si	P	S	Cl	
3	K Cu	Ca Zn		Ti*	V* As		Mn Br	Fe, Co, Ni*
4	Rb*					Mo	J	
5				Pb*				
6						U*		

Halbfette Schrift: mengenmäßig vorherrschend      Gewöhnliche Schrift: Spurenelemente

\* Notwendigkeit fraglich

Aus verschiedenen Angaben entnehmen wir, daß im Tierkörper größenordnungsgemäß mit folgenden Anteilen der quantitativ am stärksten hervortretenden Mineralstoffe gerechnet werden kann:

## Übersicht 2

*Anteil einiger Mineralstoffe am Tierkörper (Warmblüter)*

In % des Lebendgewichtes		In % des Lebendgewichtes	
Na . . . . .	0,10—0,15	P . . . . .	0,75—1,10
K . . . . .	0,15—0,35	S . . . . .	0,25
Mg . . . . .	0,05	Cl . . . . .	0,05—0,15
Ca . . . . .	1,40—2,60		

Der mengenmäßige Anteil der Mineralstoffe am Tierkörper ist klein und dürfte insgesamt 4 bis 5% (bei den Spurenelementen insgesamt etwa 0,25%) des Lebendgewichtes nicht übersteigen. Im Bau-, Betriebs- und Ersatzstoffwechsel kommt jedoch den Mineralstoffen eine Bedeutung zu, die weit über das hinausgeht, was man auf Grund ihrer Beteiligung an der Zusammensetzung des tierischen Organismus erwarten könnte. Dies hängt mit ihrer ausgesprochenen Aktivität zusammen, die dadurch bedingt ist, daß sie häufig in Form von Teilchen am Stoff- und Energiewechsel partizipieren, die bezüglich Gewicht und Größe um ein Vielfaches kleiner sind als die Teilchen anderer an den Lebensvorgängen beteiligten Stoffe. Die nachfolgende Übersicht ermöglicht einige Vergleiche.

## Übersicht 3

*Teilchengewicht und Teilchengröße einiger am Stoffwechsel beteiligter Elemente und Verbindungen*

	Atom- bzw. Molekulargewicht	Durchmesser Å
Na <sup>+</sup> nicht hydratisiert . . . . .	23,0	1,96
Na <sup>+</sup> hydratisiert . . . . .		5,62
Ca <sup>++</sup> nicht hydratisiert . . . . .	40,7	2,12
Ca <sup>++</sup> hydratisiert . . . . .		9,6
S <sup>--</sup> nicht hydratisiert . . . . .	32,0	3,68
Cl <sup>-</sup> nicht hydratisiert . . . . .	35,5	0,52
Alanin . . . . .	89,1	5
Arginin . . . . .	174,2	7
Glukose . . . . .	180	5,8
Oleopalmitostearin . . . . .	850	15—20
Serumalbumin . . . . .	69 000	ca. 150*
Fibrinogen . . . . .	400 000	ca. 700*
β-Lipoprotein . . . . .	1 300 000	ca. 190**

\* Länge des gestreckten Ellipsoides

\*\* Durchmesser des Kugelmoleküles

Die hervorzuhebende Aktivität, die vor allem in ihrer großen Beweglichkeit bzw. Wanderbereitschaft zum Ausdruck kommt, läßt die Mineralstoffe neben den eigentlichen Wirkstoffen (Vitamine, Fermente, Hormone), zu denen sie bis zu einem gewissen Grade ebenfalls gezählt werden können und deren Bauelemente sie teilweise bilden, als mit zu den wichtigsten *Regulatoren* chemisch-physikalischer Zustände und Prozesse des Organismus erscheinen. Sie sind mit zahlenmäßig kleinen, aber gut ausgerüsteten Patrouillen vergleichbar, die ohne große Belastung der Gesamtorganisation rasch und wirksam gerade dort eingesetzt werden können, wo sich dies als notwendig erweist, und die nach erfülltem Auftrage ohne große Umstellung für neue Aufgaben zur Verfügung stehen.

Als Regulatoren wirken die Mineralstoffe u. a. dadurch, daß sie die in den verschiedenen Geweben herrschenden *osmotischen Druckverhältnisse* ausschlaggebend beeinflussen. Für den Ablauf der Lebensvorgänge ist die Beibehaltung der osmotischen Drucke auf einem bestimmten Niveau ebenso wichtig, wie die Aufrechterhaltung einer bestimmten Körpertemperatur oder die Beibehaltung einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration.

Der osmotische Druck einer Lösung ist bekanntlich außer von der Temperatur von der Konzentration der in ihr enthaltenen Teilchen (Ionen, Moleküle) abhängig. Hieraus geht ohne weiteres hervor, daß die Mineralstoffe, die in der Lage sind, Teilchen mit verhältnismäßig kleinem Gewicht zu bilden, den osmotischen Druck viel stärker zu beeinflussen vermögen als viele im Organismus zirkulierende Stoffe nicht mineralstofflicher Natur.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Osmoregulation des alle Gewebe umspülenden Blutes, dessen osmotischer Druck etwa 6 bis 7 atü beträgt.

Nach F. Kägi [1] kann angenommen werden, daß 1 Kilogramm Schweineblut etwa folgende, für seinen osmotischen Druck als hauptsächlich verantwortlich zu bezeichnende Molarkonzentrationen enthält (Me = einwertiges Kation):

Hämoglobin . . . . .	2,1 Millimole
Glukose . . . . .	5,0 Millimole
Chlor als MeCl . . . . .	75,9 Millimole
Anorganisches P als $\text{Mo}_3\text{PO}_4$ . . . . .	31,6 Millimole

Das Übergewicht der Mineralstoffe geht aus dieser im Sinne einer Annäherung gemachten Darstellung deutlich hervor. Nach W. Lintzel [2] sind beim Pferd 55 Prozent des osmotischen Blutdruckes allein seinem Kochsalzgehalt zuzuschreiben.

Eine zweite regulierende Funktion der Mineralstoffe bezieht sich auf die in den Geweben herrschende *Reaktion*, die ihren Ausdruck in der aktuellen Wasserstoffionenkonzentration findet. Das Vermögen, hier regulierend einzugreifen, beruht auf der Eigenschaft der Mineralstoffe, Säure- oder Basenbildner zu sein, womit gleichzeitig gesagt sein soll, daß die Mineralstoffe auch in der Lage sind, neutrale, saure oder basische Salze zu bilden und daß sie sich am Aufbau von Puffersystemen beteiligen. Die beiden zuletzt genannten Funktionen sind für die Regulation der Reaktionsverhältnisse ebenso bestimmend wie die Bildung unmittelbar einflußnehmender Säuren oder Basen. Weil unter den Mineralstoffen mengenmäßig hervortretend, kommen als Säurebildner hauptsächlich P, S und Cl und als Basenbildner Na, K, Ca und Mg in Betracht.

Was in bezug auf die osmotischen Druckverhältnisse zutrifft, gilt auch für die in den Geweben unter normalen Bedingungen herrschenden Wasserstoffionenkonzentrationen: Der Organismus ist bestrebt, diese möglichst konstant zu halten. Dies trifft namentlich hinsichtlich des Blutes zu. Beim gesunden Menschen beträgt das  $p_H$  des Blutes  $\pm 7,4$ . Ein Ansteigen des  $p_H$  über den angegebenen Wert führt zu Starrkrampf, ein Absinken dagegen zu Betäubung (Coma). Der  $p_H$ -Bereich des Blutes, innerhalb welchem die Aufrechterhaltung der Lebensprozesse überhaupt möglich ist, wird mit 7,0 bis 7,8 angegeben [3]. Diese Angaben mögen uns klar werden lassen, daß starke Schwankungen der Reaktionsverhältnisse in den Geweben, insbesondere im Blut, schweren Schaden stiften können und daß demzufolge der Organismus über Mittel verfügen muß, um solchen Schwankungen wirksam zu begegnen. Zu diesen Mitteln gehört u. a. das Einschalten von Puffersystemen, die, ohne innerhalb eines weiten Spielraumes ihre eigene Reaktion spürbar zu verändern, H- oder OH-Ionen abfangen und die Gewebe gegen eine Einflußnahme dieser Ionen abschirmen. Es sei in diesem Zusammenhang vor allem auf den aus Alkalikarbonat und Kohlensäure bestehenden Karbonatpuffer sowie auf den Phosphatpuffer (primäre und sekundäre Phosphate) des Blutes hingewiesen, die in diesem ein weiteres Puffersystem, an welchem sich die Eiweißstoffe beteiligen, wirksam ergänzen.

Eine dritte Art regulierender Funktionen üben die Mineralstoffe dadurch aus, daß sie auf vielgestaltigen Wegen *kolloide Zustände und Vorgänge* beeinflussen. Dies ist besonders bedeutungsvoll, wenn man bedenkt, daß ein Großteil der Bau-, Betriebs- und Ersatzstoffe kolloiden Dimensionen (Größenordnung  $1 \text{ m}\mu$  bis  $1 \mu$ ) zugehört. Die Einwirkung der Mineralstoffe auf die genannten Zustände und Prozesse steht in Verbindung mit ihrer Einflußnahme auf die Reaktions-, Dissoziations- und Hydratationszustände, eine Einflußnahme, die vor allem für Koagulations- und Peptisations- sowie für Quellungs- und Entquellungs Vorgänge große Bedeutung hat. Wichtig ist im weiteren die Tatsache, daß die Mineralstoffe vielfach in *aktive Gruppen* kolloider Stoffe eingebaut werden, womit sie diesen neben anderen Stoffgruppen ausschließlich organischer Natur (Karboxylgruppen, Aminogruppen usw.) eine Reaktionsbereitschaft geben, welche großdimensionalen Molekülen bzw. Aggregaten an sich nicht zukommt.

Eine besondere Art, sich an den Regulationsvorgängen des Organismus zu beteiligen, besteht für die Mineralstoffe darin, daß sie in die Wirkungsmechanismen der *Vitamine, Fermente und Hormone* und anderer am Stoffwechsel beteiligter Systeme eingreifen, sei es, daß sie als Aktivatoren oder Paralysatoren den Zustand und die Funktionsbereitschaft sowie das Reaktionsmilieu dieser bestimmen, sei es, daß sie in den Geweben selbst oder auf dem Umwege über die Magen-Darmflora bei deren Syn-

these mitwirken oder sei es, daß sie als Bauelemente der genannten Systeme auf deren Aktivität direkt Einfluß nehmen. In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die Bedeutung des Phosphors als Bauelement der lebenswichtigen Nukleinsäuren und der unentbehrlichen Phosphatide sowie auf die Rolle des Eisens und des Schwefels als Bestandteile wichtiger Redoxsysteme (Hämoglobin, Glutathion, Zystin-Zystein) aufmerksam gemacht.

Schließlich soll noch erwähnt werden, daß Natrium und Kalium wichtige *Vehikel* für den Transport der Kohlensäure im Blut (Bildung von Karbonaten und Bikarbonaten) darstellen. Ebenso dient Chlor als Transportmittel für Kationen.

Die ihnen zukommende große Bedeutung als Stoffwechselregulatoren verdanken die Mineralstoffe, wie eingangs erwähnt, in erster Linie ihrer ausgeprägten Aktionsbereitschaft bzw. Beweglichkeit. Auch dort, wo die Einordnung der Mineralstoffe im Organismus verhältnismäßig stabil erscheint, nämlich im *Skelett*, ist diese Beweglichkeit immer noch groß. Das Skelett ist Stützgerüst und Mineralstoffreserve zugleich. Offenbar fällt es dem Organismus nicht schwer, diese Reserve zu mobilisieren, falls sich diese im Sinne der Stoffwechselregulation als notwendig erweist.

Über die mineralstoffliche Zusammensetzung des Skelettes orientiert an Hand eines Beispiels die folgende Übersicht [1] [4].

#### Übersicht 4

##### *Zusammensetzung des Skelettes eines 100 Kilogramm schweren Schweines*

In % des Frischskelettes je nach Knochengruppe	
Wasser . . . . .	24—40
Organische Substanz . . . . .	26—42
Rohasche . . . . .	31—34
Natrium . . . . .	0,22—0,35
Kalium . . . . .	0,07—0,16
Kalzium . . . . .	11,58—13,06
Magnesium . . . . .	0,28—0,31
Phosphor . . . . .	5,75—6,20
Schwefel . . . . .	0,02
Chlor . . . . .	0,24—0,42

### C. Die Deckung des Mineralstoffbedarfes

Nachdem wir uns in großen Zügen über die Bedeutung der Mineralstoffe für Zustände und Funktionen des tierischen Organismus Rechenschaft gegeben haben, wollen wir untersuchen, von woher unsere landwirtschaftlichen Nutztiere diese für sie unentbehrlichen Elemente beziehen bzw. auf welche Weise sie mit ihnen versorgt werden.

Betrachten wir zunächst kurz den Fall des *hungernden* Tieres, dem von außen her keine Mineralstoffe zugeführt werden. Diesem hungernden Tier stehen drei Wege offen, um den mineralstofflichen Anforderungen seines Stoff- bzw. Energiewechsels gerecht zu werden.

#### 1. Der innere Kreislauf

Die im Organismus eingebauten und in Zirkulation sich befindlichen Mineralstoffe können unter gewissen Voraussetzungen (Art des Mineralstoffes, dessen funktionelle Bestimmung usw.) immer wieder von neuem verwendet werden, ohne daß sie nach

Ablauf einer bestimmten und zeitlich beschränkten Funktion als abgenutzt und unbrauchbar zur Exkretion gelangen (innerer Kreislauf).

Eine Kuh sondert täglich im Speichel rund 300 bis 350 Gramm Alkalikarbonat ab, was als eine sehr ansehnliche Menge angesprochen werden muß. Das hierin enthaltene Alkali wird größtenteils zurückresorbiert, geht also nicht verloren und steht dem Organismus wieder zur Verfügung. Beim Wiederkäuer, der namentlich in bezug auf das Natrium einen verhältnismäßig hohen Umsatz aufweist, ist der innere Kreislauf dieses Elementes von besonderem Vorteil, da seine natürliche Nahrung im allgemeinen nur wenig Natrium enthält.

### 2. Sparsame Verwendung

Wie in vielen anderen Sektoren des Stoff- und Energiehaushaltes besteht für den Organismus auch hier die Möglichkeit, sich nach der Decke zu strecken. Ein in dieser Richtung bemerkenswertes Beispiel liefert die zur Aufrechterhaltung bestimmter Reaktionsverhältnisse notwendige Regulation des Säure-Basenhaushaltes.

Überschüssige Phosphorsäure wird im Harn normalerweise in Form von Dinatriumphosphat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) ausgeschieden. Bei größer werdenden Säureüberschüssen oder bei Alkalimangel kann die Ausscheidung aber auch in Form von Mononatriumphosphat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) erfolgen. Zur Exkretion eines Phosphorsäuremoleküls braucht es im ersten Falle zwei Natriumatome, im zweiten nur eines.

### 3. Mobilisierung der Reserven

Mineralstoffreserven finden wir vor allem im Blut (Na, K, Cl), in den Knochen (Ca, Mg, Na, K, P, Cl), in den Muskeln (Ca, S, Cl), im Darm (Cl) und in der Haut (Na, K, S, Cl).

Bemerkenswert ist, daß die Mobilisierung des Phosphors aus den Knochen weniger leicht vor sich geht als diejenige des Kalziums, weshalb Phosphormangel eher spürbar ist als Kalziummangel. Im übrigen ist zu erwarten, daß artgleiche Tiere mit feinen Knochen eher an Mineralstoffmangel leiden als solche mit groben. Im Hinblick auf eine von der exogenen Zufuhr weitgehend unabhängige Sicherstellung des Mineralstoffumsatzes stellt die Bildung und das Vorhandensein von Reserven und die Möglichkeit deren Mobilisierung eine Tatsache dar, die oftmals übersehen wird.

Die drei gezeigten Möglichkeiten, ohne exogene Mineralstoffzufuhr auszukommen, verleihen dem Tiere große Anpassungsfähigkeit an die jeweiligen Ernährungsbedingungen, sie erweisen sich jedoch weder in bezug auf das augenblickliche Ausmaß noch in bezug auf die zeitliche Ausdehnung eines Mineralstoffunterangebotes als unbegrenzt. Der innere Kreislauf der Mineralstoffe wickelt sich nicht ohne gewisse Verluste ab, ganz abgesehen davon, daß er nicht überall in Erscheinung tritt; die Gelegenheiten zur Mineralstoffeinsparung sind beschränkt und Reserven werden über kurz oder lang aufgebraucht. Diese Tatsachen führen von selbst zum Problem der Mineralstoffversorgung von außen her, das heißt zum Problem der Mineralstoffzufuhr auf dem Wege der Ernährung.

Der durch die *Nahrung* zu befriedigende Mineralstoffbedarf wird, abgesehen von den eben aufgezeigten Ausweichmöglichkeiten interner Natur, sowohl qualitativ wie quantitativ durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, von denen wir nennen:

- Art und Konstitution des Tieres
- Seine Größe, sein Geschlecht, sein Alter und sein Wachstum
- Sein augenblicklicher Gesundheits- und Ernährungszustand, sein Temperament
- Seine Beanspruchung durch Klima, Bewegung und besondere Leistungen (Milch-, Eier- usw. Erzeugung)
- Die allgemeine Gestaltung des Ernährungsregimes (Menge und Zusammensetzung des Gesamtfutters, Art seiner Verabfolgung).

## D. Die Ausnützung der in der Nahrung gebotenen Mineralstoffe

Für die Ausnützung der in der Nahrung gebotenen Mineralstoffe ist entscheidend:

1. Ihre Absorption

2. Ihre Verwertung jenseits der Magen-Darmwand (Apposition, Thesaurierung, Verwendung im endogenen Kreislauf, Exkretion).

Beide Faktoren bestimmen die Größe der Mineralstoff-*Retention*. Diese ist auf Grund von Bilanzversuchen verhältnismäßig leicht bestimmbar. Dagegen lassen sich Absorption einerseits und die Verwertung jenseits der Darmwand andererseits experimentell, das heißt mit Hilfe des üblichen Stoffwechselversuches, kaum bzw. nur sehr ungenau auseinanderhalten. Dies hängt damit zusammen, daß der Darm nicht nur als Ausscheidungsorgan des exogenen, sondern bei den Mineralstoffen in ausgesprochenem Maße neben Niere und Haut auch als Exkretionsorgan des endogenen Stoffwechsels tätig ist.

Im Rahmen dieses Referates ist es nicht möglich, des näheren auf die äußerst komplexen Vorgänge der Mineralstoffabsorption und auf die ebenso komplexen Vorgänge des endogenen Mineralstoffwechsels, soweit sie überhaupt erforscht worden sind, einzutreten. Wir begnügen uns damit, lediglich auf einige wenige, die Absorption bzw. Retention der Mineralstoffe betreffende Eigentümlichkeiten aufmerksam zu machen, wobei wir uns vorwiegend auf solche beschränken wollen, die mit der Beschaffenheit der Nahrung (Menge, Chemismus, Struktur) in Zusammenhang stehen.

Die in *Wasser leicht löslichen Mineralstoffe* bzw. deren Salze, wie die Alkalisalze oder die Erdalkalichloride sind in der Regel leicht absorbierbar. So konnte per os verabreichtes, markiertes NaCl in den Geweben bereits drei bis sechs Minuten nach der Aufnahme nachgewiesen werden.

Nicht so einfach gestaltet sich die Absorbierbarkeit der *in Wasser schwer löslichen Salze*, wie  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  oder  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Irrtümlich wäre es anzunehmen, daß solche Salze vom tierischen Organismus nicht ausgenutzt werden können, vielmehr ist immer wieder gezeigt worden, daß sie der Absorption durchaus zugänglich sind, was vor allem der aufschließenden Wirkung der Magensalzsäure zu verdanken ist. Dieser Vorgang reicht allerdings nicht aus, um beispielsweise die Absorbierbarkeit von  $\text{CaSO}_4$  erklärlich zu machen. Neben der Salzsäure müssen in gewissen Fällen noch andere Faktoren wirksam sein, um schwer lösliche Salze in einen absorbierbaren Zustand überzuführen (zum Beispiel hydrotoper Effekt der Gallensäuren) [5].

Ab und zu stellt sich die Frage, ob Kalzium als  $\text{CaCl}_2$  oder gar als Ca-Laktat zu verabreichen sei, oder ob es genüge, das billigere  $\text{CaCO}_3$  zu verwenden, ferner, ob Phosphor besser in Form von Mono- oder Dikalziumphosphat oder ebenso gut in Form von unaufgeschlossenem Trikalziumphosphat verabreicht werde. Offenbar gestaltet sich die Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen je nach Art und Verfassung des Tieres etwas verschieden. In Versuchen an Schweinen konnte nachgewiesen werden, daß Ca und P aus präzipitiertem Phosphat, bestehend aus Di- und Trikalziumphosphat, nicht besser ausgenutzt wurden wie aus rohem Trikalziumphosphat [6]. Kücken verwerteten kristallines, saures Ca-Pyrophosphat besser als glasiges Ca- und Na-Metaphosphat. K-Metaphosphat,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Ca-Metaphosphat sowie  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Ca-Pyrophosphat sollen für Kücken wertlos sein [7]. Magnesiumsulfat (Bittersalz) ist offenbar allgemein schlecht absorbierbar.

Besondere Verhältnisse herrschen in bezug auf die Absorption des namentlich in Zerealien weitverbreiteten *Phytins* (Ca-, Mg- auch K- und Na-Salze der Inositphosphorsäure). Die im Phytin enthaltenen Mineralstoffe Ca, Mg und P sind für den tierischen Organismus unzugänglich, außer dann, wenn das Phytin mit Hilfe des Fermentes Phytase gespalten wird. Eine geringe Phytaseaktivität weisen das ruhende Getreidekorn und dessen Produkte auf; die hauptsächlichste Phytasewirkung beruht jedoch auf dem Vorhandensein von Mikroorganismen im Verdauungstrakt. Die Mineralstoffausnützung aus Phytin hängt daher stark von der mikrobiologischen Beschaffenheit

des Magen-Darminhaltes ab, wobei sich die Verhältnisse beim Wiederkäuer dank seiner Pansenflora offenbar günstiger gestalten als beim Tier mit einhöhligen Magen, bei welchem die Hauptmenge des Phytins wahrscheinlich erst im Dickdarm gespalten wird; ob hierbei eine noch in Betracht fallende Absorption der Spaltprodukte stattfindet, ist fraglich [8]. H. Møllgaard [9] stellt fest, daß die Absorption von Kalzium und Phosphor aus Rationen, die Phytinsäure enthalten, durch Oxysäuren (zum Beispiel Milchsäure, Weinsäure) gefördert wird.

Verhältnismäßig leicht dürfte die *Absorption des Magnesiums aus Chlorophyll* vor sich gehen, da es von diesem durch Säure (Magensalzsäure) leicht abspaltbar ist. *Jod* in organischer Bindung gilt als schlecht absorbierbar. Das gleiche gilt für *Eisen* in zitronensauren, milchsäuren und weinsauren Komplexverbindungen.

Für die Absorption und Retention der Mineralstoffe aus *pflanzlichem Material* ist vor allem dessen *Alter bzw. Verholungsgrad* wichtig. Je stärker die Mineralstoffe von dem hauptsächlich aus Zellulose, Hemizellulose und Lignin bestehenden Rohfaserkomplex umschlossen sind, um so schlechter ist ihre Absorbierbarkeit und umgekehrt. Jungè Gräser und Kräuter sind daher als Mineralstoffquellen für unsere Haustiere besonders geeignet, was bei älterem, rohfaserreichem Pflanzenmaterial nicht zutrifft, ganz abgesehen davon, daß dieses den Mineralstoffhaushalt zusätzlich belastet und so den Nachteil der schlechten Absorbierbarkeit noch verstärkt. Eine solche vermehrte Belastung des Mineralstoffhaushaltes bringt offenbar nicht nur ein erhöhter Rohfasergehalt, sondern auch ein erhöhter Trockensubstanzverzehr mit sich [10, 11, 12, 13; weitere Literatur siehe 13a].

Lediglich im Sinne einer Aufzählung seien bezüglich der Mineralstoffabsorption und -retention noch folgende Hinweise gemacht:

1. *Einfluß der Mineralstoffmenge.* So lange der Mineralstoffbedarf nicht gedeckt ist, bewirken steigende Mineralstoffgaben eine zunehmende Retention. Die Ausnützung der gebotenen Mineralstoffe tendiert mit ansteigender Mineralstoffzufuhr einem Optimum zu, um dann wieder abzunehmen (Beispiel: Ca-Retention von Rindern nach H. C. Sherman [30]).

2. *Die Rolle der Wertigkeit.* Daß die Wertigkeit der Mineralstoffe für ihre Ausnützbarkeit von Bedeutung sein muß, ist aus verschiedenen Gründen naheliegend und geht u. a. daraus hervor, daß Eisen vermutlich nur in der Ferroform [2] absorbiert wird, ferner daß die einwertigen Alkaliionen  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  die Darmwand leichter passieren als die zweiwertigen Ca- und Mg-Ionen.

3. *Synergismus und Antagonismus.* Von großer Wichtigkeit für die Absorption und Retention der Mineralstoffe sind Vorgänge, die wir gemeinhin als Synergismus bzw. Antagonismus bezeichnen. Hierher gehören:

- Die Begünstigung der Mineralstoff-, insbesondere Ca-Ausnützung durch die Gegenwart von Eiweiß sowie durch Aneurin [10a, 14].
- Die Begünstigung der Ca-Absorption durch Spurenelemente [16].
- Die Unterstützung der Ca- und P-Absorption bzw. Retention durch Fette bzw. Fettsäuren [15] und durch Vitamin D.
- Die Förderung der Ausnützung des Eisens durch Vitamin C und der ungünstige Einfluß kalkreicher Nahrung [18].
- Die Mithilfe der Gallensäuren beim Aufsaugen der an sich wasserunlöslichen Erdalkaliseifen.
- Die Verminderung der Absorbierbarkeit von Ca und Mg infolge von Überschüssen an Fettsäuren, an Phosphorsäure oder an Phytin [12].
- Die gleiche Erscheinung bei der P-Absorption infolge Überschüssen an Ca oder Mg [17].

4. *Die Kondition und Beanspruchung des Tieres.* Auf die Größe bzw. Intensität der Mineralstoffabsorption und -retention übt nicht nur die Gestaltung der Ernährung, sondern ebenso sehr die Kondition des Tieres und seine durch Haltungseinflüsse und Leistungsanforderungen gegebene Beanspruchung einen Einfluß aus.

Eine von Nahrung und Tier *gleichzeitig* bedingte Einflußnahme auf die Mineralstoffabsorption bzw. -retention geht aus den Daten der nachfolgenden Übersicht hervor. Diese Daten entstammen einer von J. Barboriak am Institut für Haustierernährung E. T. H. durchgeführten Versuchsreihe. Sie beziehen sich auf die Kalziumretentionen bei wachsenden Ratten (10 Tiere pro Versuchsgruppe), die zu einer Ca- und P-armen, im übrigen aber suffizienten Grundnahrung verschiedene Ca- und P-Salze zugelegt erhielten. Hierbei gestaltete sich der Ca- und P-Gehalt des Gesamtfutters aller Gruppen gleich.

## Übersicht 5

*Kalziumretention wachsender Ratten bei verschiedenen Ca- und P-Zulagen*

Zulage	Retention in % des aufgenommenen Kalziums	
	Durchschnitt erste 6 Wochen	Durchschnitt zweite 6 Wochen
Kalziumkarbonat + Dinatriumphosphat	45	22
Kalziumglukonat + Dinatriumphosphat	48	33
Kalziumlaktat + Dinatriumphosphat	45	38
Kalziumlaevulat + Dinatriumphosphat	40	37
Dikalziumphosphat	38	26

In der ersten Wachstumsperiode (großer Ca-Bedarf) bewegt sich die Ausnützung des in verschiedener Form verabreichten Kalziums in ähnlicher Größenordnung; in der zweiten Wachstumsperiode (herabgesetzter Ca-Bedarf) tritt eine deutliche Überlegenheit der Retention des in organischer Bindung verabreichten gegenüber der Retention des in anorganischer Form zugelegten Kalziums zutage.

Aus allen in diesem Abschnitt gemachten Hinweisen geht zur Genüge hervor, daß die Ausnützung der in der Nahrung gebotenen Mineralstoffe von zahlreichen, in ihrer Bedeutung oft nur teilweise abgeklärten Faktoren abhängig ist. Zu diesen Faktoren gesellen sich vermutlich zahlreiche weitere, die bis jetzt überhaupt nicht erkannt worden sind. Angesichts dieser Vielgestaltigkeit muß es nicht wundernehmen, daß die in der Literatur auffindbaren Angaben über den durch die Nahrung zu deckende Mineralstoffbedarf unserer Haustiere erhebliche Schwankungen aufweisen. Man tut gut daran, solche Angaben mit allem Vorbehalt zu benützen und sie auf keinen Fall schematisch zur Anwendung zu bringen.

**E. Die mineralstoffliche Wirkung von Grünfutter, Heu und Silage**

Es sei die Tatsache hervorgehoben, daß die mineralstoffliche Wirkung einer Nahrung, abgesehen von den durch das Tier gegebenen Besonderheiten, durch die *Gesamtheit ihrer chemischen und strukturellen Beschaffenheit* abhängig ist. Dies hindert uns nicht, bei der Erörterung von Problemen, welche die Mineralstoffversorgung unserer Haustiere betreffen, der *spezifisch mineralstofflichen Zusammensetzung* einzelner Futtermittel ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da wir uns damit eine wichtige und brauchbare, wenn auch nicht vollständige Beurteilungsbasis verschaffen. Aus diesem Grunde sollen in einem letzten Abschnitt noch kurz einige Fragen behandelt

werden, welche die mineralstoffliche Zusammensetzung bzw. die Wirkung desjenigen Futters betreffen, das die Ernährungsgrundlage des weitaus überwiegenden Teiles unserer Viehbestände bildet: *Grünfutter* und die daraus hergestellten Konserven, *Heu* und *Silage*. Nach F. von Grünigen soll das für *Milchvieh bestimmte Wiesenfutter* in mineralstofflicher Beziehung folgenden, auf den Gehalt der Trockensubstanz zu beziehenden Minimalanforderungen genügen: Natrium 0,11%, Kalium 0,97%, Magnesium 0,27%, Kalzium 0,66%, Phosphor 0,27%, Schwefel 0,18% und Chlor 0,21%. Nach dem gleichen Autor enthält normales Wiesenfutter in der Trockensubstanz etwa 2,10% K, 0,23% Mg, 0,94% Ca und 0,27% P [19].

Nachdrücklich sei vermerkt, daß für die mineralstoffliche Wirkung einer Nahrung nicht nur ihr prozentischer Gehalt an Mineralstoffen, sondern auch das *gegenseitige* Verhältnis derselben wichtig ist. Besondere Beachtung verdient das *Verhältnis g Ca/g P*, das 1 bis 2 : 1 sein soll, unter Umständen aber auch 3 : 1 betragen darf. Zu große Ängstlichkeit ist bezüglich dieser Relation nicht angebracht, da das Tier die Ca- und P-Absorption bis zu einem gewissen Grade dem ihm eigenen Verhältnis (1 : 1 bis 2 : 1) anzupassen vermag [20]. Nach den oben angeführten Anforderungen müßte das Ca/P-Verhältnis in Wiesenfutter für Milchvieh 2 bis 2,5 : 1 betragen. Im Sinne eines *Antagonismus* hat eine praktische Bedeutung auch das Na/K-, das Ca/K- und das Ca/Mg-Verhältnis. Dies ist so zu verstehen, daß zu weite Relationen der eben genannten Elemente zu Störungen im Stoffwechselgeschehen des Tieres führen können.

Der Mineralstoffgehalt des Grünfutters wird in erster Linie durch die beiden naturgegebenen Faktoren Klima und Boden beeinflusst. Zu diesen zwei Faktoren gesellen sich andere, die in der Hand des Menschen liegen: Bodenbearbeitung, Düngung, Bewässerung, Saat und Nutzung. Die Einflußnahme all dieser Faktoren ist in erster Linie eine indirekte, das heißt sie geht vor allem über die Beeinflussung des *botanischen Bestandes*. Wo Gramineen vorherrschen, ist das Futter eher K-, Ca- und P-arm; Leguminosen, insbesondere Klee und Luzerne, machen das Grünfutter Ca- und P-reich. Ca- und P-, zugleich K-reich ist das Futter, wenn Umbelliferen (zum Beispiel Wiesenkerbel, Bärenklau) und Kompositen (zum Beispiel Löwenzahn) stark vertreten sind (vergleiche u. a. [21] und [22]).

Außer über den botanischen Bestand ist auch eine *direkte*, das heißt auf den Mineralstoffgehalt ein und derselben Pflanzenart Bezug nehmende Beeinflussung der mineralstofflichen Zusammensetzung des Grünfutters möglich. Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist die Wirkung andauernder und einseitiger Übergüllung von Wiesen, die infolge Begünstigung verschiedener kaliumspeichernder Körbchen- und Doldenblütler sowohl die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes als auch den Aschegehalt einzelner Pflanzenarten beeinflusst und zu einer auffallenden Kaliumanreicherung im Grünfutter führt, eine Anreicherung, die erfahrungsgemäß eine verhängnisvolle, lecksuchtartige Störung des gesamten Mineralstoffhaushaltes des tierischen Organismus hervorrufen kann. Ein Vergleich zwischen der mineralstofflichen Zusammensetzung eines normalen und eines stark übergüllten Wiesenfutters geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

## Übersicht 6

*Mineralstoffgehalt eines normalen und eines übergüllten Wiesenfutters*

Gehalt der Trockenmasse	P %	Ca %	K %
Normal [19] . . . . .	0,27	0,94	2,10
Übergüllt [23] . . . . .	0,33	1,17	5,58

Im übrigen ist festzustellen, daß sich eine direkte, das heißt über die einzelnen Pflanzenarten gehende Einwirkung von Boden und Düngung auf die mineralstoffliche Zusammensetzung des Grünfutters in engen Grenzen hält. Die Hauptwirkung der beiden genannten Faktoren macht sich, wie schon gesagt, vor allem in einer Beeinflussung des botanischen Bestandes geltend. Das gleiche darf auch hinsichtlich des *Klimas* behauptet werden. Hier ist zu erwähnen, daß *Trockenheit* unter sonst ähnlichen Bedingungen ein Futter gibt, dessen Asche im allgemeinen geringere Mengen an Ca, K, Mg und P enthält [22, 24].

Ergänzend seien noch folgende Angaben gemacht: Im allgemeinen erfährt der Ca- und Mg-Gehalt des Grünfutters im Verlaufe der *Vegetation* eine anfängliche Zunahme, um gegen den Herbst hin wieder abzunehmen [22]. Nach Untersuchungen F. von Grünigens ergab sich u. a., daß Böden mit einem Skelett, bestehend aus Karbonaten und gemischten Gesteinen, ein Ca-reicheres Futter trugen als Böden, deren Skelett vorwiegend Gneise und Grüngesteine enthielt. Auf Böden mit Grüngesteinen wuchs andererseits ein Gras mit erhöhtem Mg-Gehalt. Das Futter von tonigem Rohboden war P-reicher als solches von Podsolböden. Angeführt sei auch, daß unter sonst gleichen Bedingungen das Gras von Fettweiden mehr K, Mg, P, S und Cl enthielt als dasjenige von Magerweiden [25]. Mit steigender Kalkversorgung saurer Böden nimmt der Kalzium- und Phosphorgehalt der Pflanzen zu; hoher Kaligehalt der Böden wirkt dieser Tendenz entgegen. Der Magnesiumgehalt der Pflanzen nimmt mit steigender Kalzium- und Kaliumversorgung saurer Böden ab [26]. Andererseits ist darauf hinzuweisen, daß mit steigendem  $p_H$ -Wert des Bodens die Löslichkeit des Kalkes und damit die Kalziumaufnahme durch die Pflanze zurückgeht [31]. Moorböden geben im allgemeinen ein Ca- und P-armes Futter.

Die mineralstoffliche Wirkung des Grünfutters ist nicht nur von dessen Gehalt an Aschebestandteilen, sondern, was aus dem früher Gesagten abgeleitet werden kann, auch von der Ausnutzbarkeit dieser Bestandteile abhängig. Für beide Größen ist bei ein und demselben Pflanzenbestand das *Vegetationsstadium* von erheblicher Bedeutung. Sein Einfluß auf den Gehalt geht u. a. aus Schnittversuchen hervor.

#### Übersicht 7

*Die Abhängigkeit des Mineralstoffgehaltes vom Alter des Pflanzenmaterials*  
(Durchschnitt eines sechsjährigen Schnittversuches von J. Geering [27])

Alter des Grases . . . . .	2 Wochen	4 Wochen	6 Wochen	8 Wochen
Gehalt der erdfreien Trockenmasse				
Phosphor (P) % . . . . .	0,48	0,44	0,39	0,35
Kalzium (Ca) % . . . . .	0,93	1,14	1,14	1,29
Kalium (K) % . . . . .	2,74	2,41	2,24	2,08
Ca/P-Verhältnis . . . . .	1,9	2,6	2,9	3,7

Das junge Pflanzenmaterial zeichnet sich vor allem durch einen höheren P-Gehalt und durch ein engeres Ca/P-Verhältnis aus. Nicht zum Ausdruck kommt in den angeführten Zahlen die Beeinflussung der Absorbierbarkeit bzw. Ausnützbarkeit der analytisch bestimmten Mineralstoffe, die wie schon früher ausgeführt, mit steigendem Alter hauptsächlich infolge zunehmender Verholzung der Pflanzen mehr oder weniger zurückgeht.

Ein großer Teil unseres Grünfutters (schätzungsweise 35 bis 40%) wird in Form von *Heu und Emd* haltbar gemacht. Die Frage, inwiefern durch diese Haltbarmachung die mineralstoffliche Wirkung des Pflanzenmaterials verändert wird, verdient somit alle Beachtung. Grundsätzlich sind drei Möglichkeiten gegeben:

1. Relative Anreicherung der Mineralstoffe infolge von Verlusten an organischem Material durch Pflanzenatmung und Gärung.
2. Auslaugung leicht löslicher Mineralstoffe durch Regen.
3. Selektive Wirkung auf den Mineralstoffgehalt bei Blattabfall infolge mechanischer Bearbeitung des Erntegutes.

Die zuletzt genannte Möglichkeit ist nach unserem Dafürhalten die wichtigste. Ihre Einflußnahme kann aus den nachfolgenden Daten abgeleitet werden.

#### Übersicht 8

##### *Mineralstoffgehalt von Luzerneblättern und Luzernestengeln [28]*

Gehalt der Trockensubstanz	Rohasche %	P %	Ca %	K %
Blätter . . . . .	10,56	0,31	2,37	1,58
Stengel . . . . .	5,84	0,22	0,75	1,67

Auch die aus dieser Darstellung hervorgehenden Unterschiede lassen nicht den ganzen Effekt der auf die mineralstoffliche Wirkung Einfluß nehmenden Faktoren erkennen, weil auch hier das Moment der Absorption unberücksichtigt bleibt. Immerhin kann als sicher angenommen werden, daß aus strukturellen Gründen die in den Stengeln enthaltenen Mineralstoffe wesentlich schlechter absorbierbar sind als diejenigen der Blätter, womit der hauptsächlich den Kalzium- und den Phosphorgehalt schädigende Einfluß des Blattabfalles verstärkt wird. In diesem Zusammenhang sei auf den besonderen Vorteil der nicht genug zu empfehlenden *Frühheugewinnung* aufmerksam gemacht. Dieser liegt nicht nur in der Ernte eines stärkewert- und eiweißreichen, sondern ebenso sehr in der Gewinnung eines mineralstoffwirksamen Dürrfutters. Frühheu ist verhältnismäßig blattreich und wenig verholzt, beides Eigenschaften, die sowohl den Gehalt an Mineralstoffen wie deren Absorbierbarkeit begünstigen.

Die Haltbarmachung des Grünfutters in Form von *Silage* spielt bei uns neben der Heu- und Emdbereitung, gemessen an der Gesamtmenge des anfallenden Grünfutters, eine untergeordnete Rolle. Dessen ungeachtet muß damit gerechnet werden, daß namentlich während des Winters in Silobetrieben ein nicht unerheblicher Teil des Futterbedarfes durch Silage gedeckt wird (bei Milchvieh beispielsweise bis 30 Prozent und mehr der benötigten Futtertrockensubstanz). Aus diesem Grunde ist es angebracht, daß man auch bezüglich der Silagebereitung und Silageverwendung den Belangen mineralstofflicher Natur Beachtung schenkt.

Bei der Beurteilung der mineralstofflichen Wirkung von Silofutter sind die Konservierungsverfahren, die ohne Mineralsäurezusatz arbeiten, von denjenigen, die Mineralsäure verwenden, deutlich auseinanderzuhalten. Silagen, die nach den erst genannten Verfahren bereitet werden (zum Beispiel Konservierung von Körnermais oder Konservierung mit Melasse oder Ameisensäure als Sicherungszusatz usw.) werden sich in der Regel mineralstofflich nur wenig vom pflanzlichen Ausgangsmaterial unterscheiden, wenn auch mit einer gewissen Mineralstoffanreicherung infolge von Verlusten an organischer Substanz einerseits und mit einer geringen Mineralstoffauslaugung infolge Sickersaftbildung andererseits gerechnet werden muß.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn bei der Herstellung von Silofutter *Mineralsäure* als Sicherungszusatz verwendet wird, wie dies bei dem in der Schweiz immer noch am häufigsten zur Anwendung gelangenden AIV-Verfahren zutrifft. Dieses von A. I. Virtanen vor rund zwanzig Jahren eingeführte Verfahren arbeitet mit verdünnter Salz- und Schwefelsäure, wobei im Hinblick auf den Mineralstoffhaushalt unseres Nutztviehs insbesondere zwei Momente zu einer kritischen Würdigung nötigen:

1. Die starke Abflußsaftbildung (bei sehr nassem Futter bis 40 Prozent der Einfüllmasse), die zu Verlusten an leicht auslaugbaren Mineralstoffen (vor allem K, Na und Cl) führt.
2. Der auf die physiologische Reaktion des Futters Einfluß nehmende Zusatz von Cl- und SO<sub>4</sub>-Ionen.

Beides, die Auslaugung, in erster Linie aber der Zusatz von Cl- und SO<sub>4</sub>-Ionen, haben zur Folge, daß das in der Regel physiologisch basisch wirkende Grünfutter physiologisch ausgesprochen sauer wird (Bildung eines Überschusses an nicht verbrennbaren sauren Stoffwechselendprodukten<sup>1</sup>). Damit besteht die Gefahr einer azidotischen Wirkung des nach dem AIV-Verfahren konservierten Silofutters, eine Gefahr, der jedoch, was durch eine vieljährige Erfahrung bestätigt wird, kaum praktische Bedeutung zukommt, da dem Organismus ein vielseitiger Regulationsmechanismus endogener und exogener Natur zur Verfügung steht, der es ihm gestattet, sich gegen eine Übersäuerung zur Wehr zu setzen; außerdem wird die AIV-Silage unseren Tieren nie als ausschließliches Futter und auch nie andauernd vorgelegt. Die Untersuchungen, die sich mit der physiologischen Wirkung von Mineralsäuresilagen befassen, sind zahlreich (vergleiche u. a. E. Brouwer [3]). Hier sei lediglich das typische Ergebnis eines einzigen Versuches, den W. Schoch im Jahre 1936 im Rahmen einer ganzen Versuchsreihe am Institut für Haustierernährung, E. T. H., durchführte, zusammengestellt (weitere Versuchsergebnisse vergleiche W. Schoch [29]).

## Übersicht 9

*Wirkung einer mit Schwefelsäure konservierten Silage beim Schaf*

Art der Fütterung	Blutanalyse		Harnanalyse			
	pH	CO <sub>2</sub> Vol.-%	pH	CO <sub>2</sub> Vol.-%	NH <sub>3</sub> %	Ca %
Heu allein . . . . .	7,39	64	8,29	340	0,004	0,008
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Silage allein . . . . .	7,42	68	6,35	2	0,074	0,037
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Silage + 15 g NaHCO <sub>3</sub>	7,43	69	8,15	123	0,003	0,008
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Silage + Heu . . . . .	7,43	61	7,99	116	0,005	0,013

Wir entnehmen diesen Zahlen folgendes:

1. Die Reaktionsverhältnisse des Blutes, charakterisiert durch die aktuelle Wasserstoffionenkonzentration und durch den Kohlensäuregehalt, welcher annähernd ein Maß für die Alkalireserven darstellt, ist auch bei ausschließlicher Mineralsäuresilagefütterung nicht verändert worden.

<sup>1</sup> Für die physiologische Reaktion einer Nahrung (physiologisch saure oder physiologisch basische Nahrung) ist nicht nur ihr Chemismus, sondern auch das Stoffwechselgeschehen im Organismus maßgebend. Entscheidend ist das Entstehen eines Überschusses an nicht verbrennbaren, sauren oder basischen Stoffwechselprodukten.

2. Aus den Analysen des Harnes geht hervor, daß als Folge ausschließlicher Fütterung von Mineralsäuresilage gegenüber der reinen Heufütterung in erster Linie ein augenfälliges Zurückgehen des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes und, damit verbunden, eine ebenso augenfällig erhöhte Wasserstoffionenkonzentration zu beobachten war. Halten wir fest, daß saure Stoffwechselprodukte durch Niere und Darm in der Regel nicht als Säuren, sondern in Form von neutralen, sauren oder basischen Salzen ausgeschieden werden und daß Natrium und Kalium im Harn normalerweise als Bikarbonate, das heißt an Kohlensäure gebunden, erscheinen, so deutet das beobachtete Absinken der Harnkohlendensäure und des  $p_H$ -Wertes darauf hin, daß der Organismus in stark vermehrtem Maße Alkali zum Abbinden der in größerer Menge gebildeten und zur Exkretion bestimmten unverbrennbaren Säurereste zur Verfügung stellen mußte. Die auf diese Weise signalisierte physiologisch saure Wirkung der verfütterten Silage findet ihren Ausdruck ferner im erhöhten Gehalt des Harnes an Ammoniak und Kalzium, was sich so erklären läßt, daß diese beiden Basen ebenfalls in verstärktem Umfange zur Neutralisation unverbrennbarer, durch die Nieren exkretierter Säurereste benötigt worden sind. Ergänzend sei beigefügt, daß sich die Reaktion des Organismus auf das ausgesprochen sauer wirkende Futter auch in einer bedeutenden Steigerung der Harnmenge geltend machte (zwei- bis viermal so viel Harn wie bei alleiniger Heufütterung).

3. Die der Fütterungspraxis entsprechende Zulage eines basischen Salzes (gewöhnlich wird statt  $\text{NaHCO}_3$  ein Gemisch, bestehend aus 75 Prozent  $\text{CaCO}_3$  und 25 Prozent  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  empfohlen) oder die Mitverfütterung von normalem, das heißt physiologisch basischem Heu hob die säuernde Wirkung der Mineralsäuresilage, wie die Harnanalyse zeigt, weitgehend auf.

Abgesehen von dem hier zur Diskussion stehenden Problem: Physiologische Wirkung der AIV-Silage, haben wir den Versuch von W. Schoch deshalb angeführt, um das Funktionieren des wichtigen und vielgestaltigen Mechanismus, der den Säure-Basenhaushalt des tierischen Organismus reguliert, wenigstens partiell aufzuzeigen.

## F. Schlußbemerkungen

Als Abschluß des vorliegenden Referates seien folgende Bemerkungen angebracht: Angesichts der großen Bedeutung, die den Mineralstoffen im Stoff- und Energiehaushalt unserer Nutztiere zukommt, wird man des öfters vor die Frage gestellt, ob bei der Fütterung besondere Mineralstoffzusätze notwendig seien oder nicht. Unsere Stellungnahme zu dieser Frage muß grundsätzlich die folgende sein:

1. Machen sich bei irgendeinem Ernährungsregime Insuffizienzen mineralstofflicher Natur bemerkbar oder werden solche vermutet, soll man es nicht unterlassen, unter Berücksichtigung aller erdenklicher Haupt- und Nebenmomente den eigentlichen Ursachen jener Unzulänglichkeiten nachzuforschen in der Absicht, diesen von Grund auf beizukommen. Dabei wollen wir uns bewußt sein, daß die Verwirklichung dieser Absicht sehr oft mit großen, ja manchmal mit beinahe unüberwindlich erscheinenden Schwierigkeiten verbunden ist. Sie entspricht aber der Forderung nach Wissenschaftlichkeit und wird sich, auf längere Dauer gesehen, auch für die Praxis der Tierernährung bewähren.

2. Im Hinblick auf eine dem Organismus angepaßte aber auch wirtschaftlich tragbare Mineralstoffversorgung unserer landwirtschaftlichen

Nutztiere ist mit aller Umsicht darnach zu trachten, mineralstofflich möglichst vollkommen zusammengesetzte bzw. sich vorteilhaft ergänzende Grundfutterstoffe (beim Herbivoren Gras, Heu, Silage, beim Omnivoren Hackfrüchte, Getreide, animalische und vegetabile Eiweißträger, Grünfütter usw.) zu gewinnen und zu verwenden. Hierzu gehören zweckmäßige Bodenbearbeitung, Düngung, Nutzung, Ernte und Haltbarmachung, ferner zweckmäßiger Einkauf und nicht zuletzt zweckmäßige Kombination.

3. Besondere bzw. spezifisch wirkende Mineralstoffzusätze soll man erst dann gebrauchen, wenn das eben angedeutete Bemühen innert nützlicher Frist keinen durchgreifenden Erfolg verspricht, oder wenn es aus irgendeinem Grunde überhaupt nicht verwirklicht werden kann. Besondere Mineralstoffzusätze sind Notbehelfe, die auf jeden Fall die Fütterung unserer Nutztiere verteuern, die in ihrer Wirkung oftmals zweifelhaft sind und die nicht selten falsch angewendet werden. Das letztere trifft namentlich dann zu, wenn man der oben ausgesprochenen Forderung, den eigentlichen Ursachen irgendwelcher in Erscheinung tretender Insuffizienten nachzuspüren, zu wenig Beachtung schenkt.

### Résumé

Le rôle important joué par les substances minérales dans l'économie domestique des animaux de rente fait qu'on se demande souvent si des adjonctions de minéraux sont nécessaires ou non.

Voici notre point de vue:

1. Si lors d'un régime alimentaire quelconque, on constate ou l'on suppose l'existence d'insuffisances d'ordre minéral, il y a lieu d'en rechercher à tout prix les causes réelles afin d'attaquer le mal à sa racine. Nous savons fort bien que la réalisation de ce but est très souvent liée à des difficultés qui paraissent presque insurmontables. Mais celle-ci revêt un caractère et répond à un besoin scientifique et ne pourra à la longue que servir, dans la pratique, la cause de l'alimentation des animaux.

2. Etant donné un apport minéral adapté à l'organisme de nos animaux de rente mais aussi supportable économiquement, il faut s'efforcer, avec toutes les précautions voulues, de produire des fourrages à composants minéraux aussi parfaits que possible et se complétant heureusement (chez les herbivores: herbe, foin, produits du silo; chez les omnivores: plantes potagères, céréales, porteurs d'albumines animales et végétales, herbages, etc.). Il y a lieu, au surplus, de vouer des soins attentifs à la culture du sol, aux engrais, au rapport de la terre et à sa stabilité, aux moissons et aux achats faits rationnellement.

3. On ne procédera à des apports minéraux spéciaux ou spécifiques que lorsque les mesures indiquées plus haut ne sont pas encourageantes ou qu'elles ne puissent, pour une raison quelconque, être exécutées. Les apports minéraux spéciaux ne sont que des expédients renchérisant l'affouragement de nos animaux de rente, dont l'effet est souvent douteux, et qui sont parfois appliqués à faux, ceci surtout lorsqu'on a négligé de rechercher les causes réelles d'une carence alimentaire.

### Riassunto

Considerata la grande importanza delle sostanze minerali per il ricambio organico e la provvisione energetica dei nostri animali da reddito, si è spesso posto la domanda se per il foraggiamento di essi sono o non sono necessarie delle aggiunte di sostanze minerali. Di fronte a questo quesito, la nostra presa di posizione deve per principio essere la seguente:

1. Se in un regime qualsiasi di alimentazione si osservano oppure si sospettano delle insufficienze di natura minerale, prendendo in considerazione tutti i momenti principali e secondari atti a scoprire le cause di tali insufficienze, non si deve mancare di venire incontro ad esse in forma radicale. Ammettiamo che l'individuazione di tali momenti è talvolta legata a difficoltà quasi insormontabili. Essa costituisce però un'esigenza scientifica e, a lungo andare, avrà un valore anche per la pratica dell'alimentazione degli animali.

2. In riferimento ad una provvisione adatta per l'organismo, ma anche produttiva dal lato economico per i nostri animali agricoli da reddito, con somma circospezione bisogna mirare ad avere e ad usare delle sostanze foraggere che dal lato minerale devono essere composte, risp. completate in senso favorevole, il più possibilmente in modo perfetto (negli erbivori erba, fieno, silaggio; negli onnivori frutti tritati, cereali, sostanze animali e vegetali ricche di albumina, foraggio verde, ecc.). Al riguardo occorre: lavorazione del terreno, concimazione, sfruttamento, raccolta e conservazione conformi allo scopo; poi una compera adatta e non in ultima linea una combinazione appropriata.

3. Aggiunte speciali di sostanze minerali, che hanno rispettivamente un'azione specifica, si devono usare solo se lo sforzo anzidetto non promette un successo notevole entro un termine limitato di tempo, oppure se detta premura non ha potuto, per una causa qualunque, essere realizzata. Aggiunte speciali di sostanze minerali sono dei ripieghi urgenti che in ogni caso rincarano il foraggiamento dei nostri animali da reddito, sono spesso di dubbia efficacia e non di rado sono usati in modo falso. Quest'ultimo caso si verifica soprattutto se si dà poca importanza all'esigenza scientifica di scovare le reali cause delle insufficienze che si manifestano.

### Summary

Regarding the great importance of minerals in the metabolism processes of our animals the question arises, whether a special addition of these substances to the food is required. The answer is principally the following:

1. If symptoms of insufficiency are observed, which might be due to a lack of mineral substances in the food, any effort has to be made in any direction to elucidate the reasons of the insufficiency, even if the difficulties are great and may appear unsurmountable. These inquiries are wanted not only for scientific purposes but they certainly are of practical usefulness.

2. We have to care for a physiological and at the same time economical mineral feeding of our agricultural animals. The composition has to be the best possible (using grass, hay, silage for herbivores, grains, crops, animal and vegetable protein carriers, etc., for omnivores. At the same time rational cultivation of the soil, manuring, harvesting, conservation, finally intelligent purchase and careful combination is necessary.

3. Special or specifically acting minerals may be added to the food, if the above mentioned efforts are successful. But the addition of special minerals should be exceptional, because they are expensive, their effect is often doubtful, and their application may take place in a wrong way, especially if the real reasons of the insufficiencies have not been carefully elucidated.

### Schrifttum

[1] Kaegi F.: Der Mineralstoffwechsel des Mastschweines usw. Dissert. E. T. H., Zürich 1935. — [2] Lintzel W. in E. Mangold: Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere 3, 1931. — [3] Brouwer E.: Die Tierernährung 7, 1 ff., 1935. — [4] Thomann W., Lutz J. und Kaegi F.: Beiträge zur Kenntnis des Stoffwechsels beim veredelten Landschwein. Verbandsdruckerei AG. Bern 1934. — [5] Glanzmann E., Meyer K. und Uehlinger E.: Zeitschr. Vitaminforsch. 17, 130 ff., 1946. — [6] Hart E. B., McCollum E. V. und Fuller J. G.: Agr. Exp. Station, Wisconsin, Bulletin Nr. 1, 1909. — [7] Gillis

M. B., Norris L. C. und Heuser G. F.: *J. Nutr.* 35, 195, 1948. — [8] Becker M.: *Landw. Forschung* 2, H. 1, 1950. — [9] Møllgaard H. *Bioch. J.* 40, 589 ff., 1946. — [10] Sjollem B.: *J. Biol. Chem* 57, 271 ff., 1923. — [10a] Ehrenberg R.: *Zeitschr. Vitaminforschung* 22, 53, 1950 (Referat). — [11] Duckworth J. und Godden W. J.: *Biochem. J.* 35, 16 ff., 1941. — [12] F. V.: *Schweiz. Med. Wochenschr.* 73, 80 ff., 1943. — [13] Axelsson J. und Eriksson St.: *Ann. Royal Agr. Coll. Sweden* 16, 711 ff., 1949. — [13a] Goldstein S.: *Die Bedeutung des Ballastes als Nahrungsfaktor*. Dissert. E. T. H., Zürich 1950. — [14] Jacquot R.: *Quelques données nouvelles sur le métabolisme du calcium*. Laboratoire de Biochimie de la Nutrition, Paris 1945. — [15] Jones J.: *J. Nutr.* 20, 367, 1940. — [16] Reid J. R., Pfau K. O., Salesbury R. L. und Bender C.B.: *J. Dairy Sc.* 29, 538 ff., 1946. — [17] Chornock Ch., Guerrant N. B. und Dutcher R. A.: *J. Nutr.* 23, 445 ff., 1942. — [18] Espenhayn G.: *Über den Eisengehalt in Futtermitteln*. Dissert. Universität München 1949. — [19] Von Grünigen F.: *Landw. Monatsh. Schweiz* 13, H. 12, 1945. — [20] Nickisch K.: *Zeitschr. Tierzucht* H. 1/2, 1949. — [21] Kauter A.: *Landw. Jb. Schweiz* 49, 69 ff., 1935. — [22] Von Grünigen F.: *Landw. Jb. Schweiz* 58, 163 ff., 1944. — [23] Truninger E. und v. Grünigen F.: *Landw. Jb. Schweiz* 49, 101—127, 1935. — [24] Glauser A.: *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich, Beiheft* Nr. 1, 1951. — [25] Krupski A., Huber H., v. Grünigen F., de Quervin F. und Ulrich H.: *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 89, 476 ff., 1947. — [26] Gisiger L.: *Landw. Jb. Schweiz* 58, 515 ff., 1944. — [27] Geering J.: *Landw. Jb. Schweiz* 55, 579 bis 597, 1941. — [28] Crasemann E.: *Landw. Jb. Schweiz* 48, 588 ff., 1934. — [29] Schoch W.: *Landwirtschaftliche Vorträge des Schweizerischen Verbandes der Lehrer an landwirtschaftlichen Schulen*, H. 13, 38 ff., 1937. — [30] Sherman H. C.: *Calcium and phosphorus in foods and nutrition*. Columbia University Press, New York 1947. — [31] Truninger E.: *Landwirtschaftliche Vorträge des Schweizerischen Verbandes der Lehrer an landwirtschaftlichen Schulen*, H. 13, 73 ff., 1937.

---

Service vétérinaire cantonal et Institut Galli-Valerio, Lausanne

## Contribution au diagnostic de l'Anémie infectieuse des solipèdes par la recherche des sidérocytes dans le sang

par H. Burgisser

Les moyens diagnostiques de l'anémie infectieuse des solipèdes dont nous disposons au laboratoire sont encore loin de satisfaire à toutes les exigences. Les analyses du sang (vitesse de sédimentation et mensuration du volume pour cent des érythrocytes) ne permettent le plus souvent que de suspecter la maladie de Vallée et Carré. Un point nouveau, la présence de sidérocytes dans le sang circulant, semble apporter une aide appréciable au diagnostic de cette maladie.

Un article de S. Ishii, paru récemment (*Bulletin de l'office international des épizooties*, 1951, 36, 282), relatant les méthodes utilisées au Japon dans le diagnostic de l'anémie infectieuse, nous donna l'idée de rechercher des sidérocytes dans tous les sangs de chevaux reçus à notre Institut et de comparer les résultats obtenus à ceux de l'examen histologique des lésions après l'abatage.

La recherche des sidérocytes dans le sang, décrite par Ishii, se fait de la manière suivante: on laisse sédimenter deux heures durant le sang citraté dans une éprouvette. Le plasma est alors récolté, puis centrifugé. Le culot de centrifugation est étalé sur une lamelle, séché, puis fixé à l'alcool méthylique. On colore l'hémossidérine par un mélange en parties égales d'une solution aqueuse de ferrocyanure de potassium à 10% et d'acide