Sonderdruck
aus

Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredelungswirtschaft

Lohmann Cuxhaven

Lohmann Tierernährung GmbH, Cuxhaven 1976

Spurenelementversorgung und -dosierung im Mischfutter

Prof. Dr. J. Pallauf, Gießen

Zu den Spurenelementen werden diejenigen in der Biosphäre vorkommenden chemischen Elemente gezählt, die im Gegensatz zu den Mengenelementen im allgemeinen eine mittlere Konzentration von 50 mg je kg Körperfrischmasse nicht überschreiten. Nur Eisen liegt häufig über dieser Konzentration, wird aber trotzdem zu den Spurenelementen gezählt.

Von der Vielzahl der im tierischen Organismus vorkommenden Spurenelemente sind nach heutiger Kenntnis (siehe **Hennig,** 1972; **Hoekstra** et al., 1974; **Kirchgeßner,** 1975) 14 essentiell, das heißt lebensnotwendig. In alphabetischer Reihenfolge sind dies:

Chrom (Cr)	Molybdän (Mo)
Eisen (Fe)	Nickel (Ni)
Fluor (F)	Selen (Se)
Jod (J)	Silicium (Si)
Kobalt (Co), (nur Wiederkäuer)	Vanadium (V)
Kupfer (Cu)	Zinn (Sn)
Mangan (Mn)	Zink (Zn)

Funktionen im Stoffwechsel oder Einfluß auf das Wachstum wurden auch noch von einigen anderen Elementen, wie Barium, Blei, Brom und Strontium berichtet, die nach dem derzeitigen Stand der Forschung deshalb zu den bedingt essentiellen oder semiessentiellen Spurenelementen gezählt werden.
Neben einigen grundsätzlichen Ausführungen zum Stoffwechsel der Spurenelemente, der Methodik der Bedarfsermittlung und den damit zusammenhängenden Fragen der Absorption und intermediären Verfügbarkeit konzentriert sich vorliegende Arbeit schwerpunktmäßig auf jene Spurenelemente, deren Bedarfsdeckung über das Mischfutter besondere Probleme aufwirft.

1. Funktionen der Spurenelemente

Aufgrund ihrer biochemischen Funktionen im Stoffwechsel werden die Spurenelemente auch zu den Wirkstoffen gezählt. Überwiegend wirken sie als Bestandteile oder Cofaktoren von Enzymen.

Eisen nimmt unter den Spurenelementen insofern eine Sonderstellung ein, als über 50 % des Gesamteisens auf das Hämoglobin der roten Blutkörperchen, das zu 0,34 % aus Eisen besteht, entfallen und rund 5 % des Körpereisens im Myoglobin gebunden sind. In mobilisierbarer Form wird Eisen als Ferritin in Leber, Milz und auch im roten Knochenmark gespeichert. Eisen ist aber z. B. auch am Bau verschiedener Oxidoreduktasen, wie Cytochromoxidase und Katalase beteiligt.

Bei **Kupfer,** das unter anderem für die Erythropoese, die Pigmentierung von Haar und Wolle sowie Nervensystem und Skelettaufbau essentiell ist, finden sich die höchsten Konzentrationen in der Leber. Ein sehr wichtiges Kupfer-Metalloenzym stellt das Coeruloplasmin dar.

Mangan konzentriert sich hauptsächlich auf Skelett, Leber, Bauchspeicheldrüse und Nieren und dient für eine Vielzahl von Enzymen als Cofaktor. Besondere Bedeutung kommt dem Mangan beim Stoffwechsel der Knochen und bei der Fruchtbarkeitsleistung zu. Eine sehr bekannte Manganmangelerscheinung stellt z. B. die Perosis des Huhnes dar. **Bronsch** und Mitarbeiter (1973) konnten jedoch in Untersuchungen zur Ätiologie perosisähnlicher Osteopathien an Mastgeflügel zeigen, daß die heute am häufigsten auftretende Form der Perosis nicht ernährungsbedingt ist. Vielmehr dürften genetische Faktoren, hohe Wachstumsintensität und bewegungsarme Haltung ursächlich dafür verantwortlich sein.

Zink, dessen Essentialität erstmals 1869 für das Wachstum von Aspergillus niger und 1934 für Ratten nachgewiesen wurde, findet sich vor allem in Leber, Pankreas, Knochen und Haaren. Lebensnotwendige biochemische Funktionen erfüllt das Zink als Bestandteil vieler Metalloenzyme. So enthalten Carboanhydrase 0,33 % und Alkoholdehydrogenase, Carboxypeptidase sowie alkalische Phosphatase rund 0,17–0,18 % Zn. Dies entspricht zwischen 1–4 Atomen Zink je Molekül. Neben den eigentlichen Zink-Metalloenzymen sind noch etwa 15 Enzyme bekannt, bei denen Zink in der Rolle eines mehr oder weniger spezifischen Aktivators fungiert.

Die Zinkversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere erreichte vor nunmehr zwei Jahrzehnten schlagartig großes Interesse in Forschung und Praxis, als **Tucker** und **Salmon** (1955) nachweisen konnten, daß die bis dahin weit verbreitete Parakeratose des Mastschweines durch Zinkzulagen zu heilen ist. Dieses Beispiel zeigt, wie die Spurenelementforschung auch direkt die Wirtschaftlichkeit der tierischen Produktion sehr erheblich verbessern kann. Die durch Parakeratose beim Schwein bedingten Verluste wurden allein in der DDR von **Hennig** seinerzeit auf mehrere Millionen Mark jährlich geschätzt. Besonders bemerkenswert ist dabei, daß es sich bei der Parakeratose in keinem Falle um einen primären Zinkmangel handelt, sondern durch pflanzliche Proteinträger, Calcium und Phytate die Zinkabsorption und eventuell auch die intermediäre Verfügbarkeit gestört ist. Dadurch kommt es zu einem Mangel an verwertbarem Zink. Dieses Problem der Interaktionen von Spurenelementen mit anderen Nahrungsbestandteilen spielt bei der Ermittlung von Bedarfszahlen eine wichtige Rolle.

Molybdän ist Bestandteil der Xanthinoxydase und findet sich vor allem in Leber, Milz und Nieren. Beim Wiederkäuer fördert es die Verdaulichkeit der Cellulose.

Jod findet sich hauptsächlich in der Schilddrüse. Als Bestandteil der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin und Thyroxin spielt es bekanntlich eine überragende Rolle bei der Steuerung des Grundstoffwechsels.

Für **Kobalt** ist bislang außer seiner Beteiligung am Molekülaufbau des Vitamin B_{12} noch keine weitere essentielle Funktion im tierischen Organismus bekannt. Im Pansen des Wiederkäuers wird für eine ausreichende B_{12}-Synthese eine Mindestkonzentration von etwa 20 µg Co je l Pansenflüssigkeit für notwendig gehalten (**Klrchgeßner,** 1975). Obwohl Versuche in vitro gezeigt haben, daß Co-Ionen auch verschiedene Enzyme aktivieren können und dabei in der Lage sind, andere zweiwertige Ionen wie z. B. Zn^{++} zumindest teilweise zu ersetzen (siehe **Pallauf,** 1973), ist ein vom Vitamin B_{12}-Bedarf unabhängiger Co-Bedarf für monogastrische Tiere bisher nicht bekannt.

Bei **Fluor,** das sich zum allergrößten Teil, nämlich zu etwa 95 % der Gesamtfluormenge eines Körpers, in Knochen und Zähnen befindet, besteht unter unseren Bedingungen keineswegs die Gefahr einer Unterversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere. Vielmehr ist darauf zu achten, daß Fluor den Tieren nicht in subtoxischen oder toxischen Mengen zugeführt wird, weshalb es im geltenden Futtermittelrecht zum „Schadstoff" erklärt wurde und in Mischfuttern und Mineralfuttermitteln für Wiederkäuer und Pferde vorgeschriebene Höchstgehalte nicht überschritten werden dürfen.

Selen wurde erstmals 1957 als essentielles Spurenelement nachgewiesen. Erst 1973 wurde jedoch von **Rotruck** et al. in Madison/Wisconsin eine erste biochemische Funktion, nämlich die Beteiligung des Selens an der Glutathionperoxidase von Rattenerythrocyten entdeckt. Im selben Jahr konnten **Flohe** et al. (1973) in Tübingen nachweisen, daß kristalline Glutathionperoxidase von Rindern 4 Grammatom Se pro Mol enthält. Selen steht in engem Zusammenhang zu Vitamin E und führt bei Mangel zu Lebernekrose bei Schweinen, exsudativer Diathese bei Küken, Muskeldystrophie, Wachstumsstörungen und mangelnder Fruchtbarkeit bei Wiederkäuern. Für die praktische Tierernährung ergibt sich das Problem, daß der Dosierungsbereich zwischen Bedarf und toxischer Schwelle bei Selen besonders eng ist.

Chrom spielt in der dreiwertigen Form als Glucosetoleranzfaktor eine wichtige Rolle und wird vor allem mit dem Diabetes mellitus beim Menschen in Zusammenhang gebracht. Die essentiellen Spurenelemente Nickel, Zinn, Silicium und Vanadium zeigten bisher lediglich positive Wirkungen im Wachstumstest an Labortieren und Küken anhand hochgereinigter halbsynthetischer Rationen. Ihre biochemischen Funktionen sind noch nicht eindeutig geklärt. Auch über mögliche Mangelsituationen unter praktischen Bedingungen ist noch kaum etwas bekannt.

2. Problematik der Bedarfsermittlung von Spurenelementen

Für die Beurteilung der Spurenelementversorgung ist es zunächst einmal sehr wichtig, den Bedarf der einzelnen Tierarten und Leistungsstadien für jedes Spurenelement zu definieren. Entscheidend ist dabei, welcher Anteil der mit der Nahrung zugeführten Spurenelemente die Absorptionsschwelle überwindet, also in den Intermediärstoffwechsel gelangt und dort schließlich verfügbar ist. Diese gesamtverwertbare Menge (v) an einem Spurenelement, die sich aus der zugeführten Bruttomenge (b) mal Absorbierbarkeit (A) mal intermediärer Verfügbarkeit (V), entsprechend $v = b \cdot A \cdot V$, ergibt (**Kirchgeßner** et al. 1974 a), soll dabei den Nettobedarf des Tieres decken.

Wärend über die Absorbierbarkeit von Spurenelementen bereits sehr viele Ergebnisse aus Studien in vivo, in situ oder in vitro vorliegen, wird die intermediäre Verfügbarkeit der Spurenelemente erst seit wenigen Jahren eingehender untersucht (siehe **Kirchgeßner** et. al., 1974 a). Die Absorption wird dabei innerhalb derselben Tierart durch Alter des Tieres, Leistungsstadium, Gesundheitszustand sowie Körperreserven und Höhe der Zufuhr an dem betreffenden Spurenelement sehr stark beeinflußt. Da die endogene Ausscheidung über den Kot bei den meisten Spurenelementen sehr hoch ist – bei Cu, Zn, Mn, Co und Cr finden sich im Harn nur rund 1–2 % der Gesamtexkretion – sind einfache Verdaulichkeitsversuche für Absorptionsstudien ungeeignet.

Ein wertvolles methodisches Hilfsmittel stellen dagegen radioaktive Isotope dar, mit deren Hilfe z. B. der Anteil der endogenen Ausscheidung an der Gesamtausscheidung bestimmt werden kann.

Trotz aller Fortschritte in der Spurenelementforschung sind wir in der praktischen Tierernährung jedoch leider immer noch auf die Kalkulation anhand von Bruttobedarfszahlen angewiesen. Dieser Bruttobedarf kann neben den bereits genannten Absorptionseinflüssen auch durch eine Vielzahl von Nahrungsfaktoren sehr erheblich verändert werden. **Tabelle 1** zeigt nach einer Zusammenstellung von **Mills** und **Williams** (1971) die wichtigsten der bisher bekannten negativen Einflüsse von Nahrungsbestandteilen auf die Verwertung einzelner Spurenelemente. Eine Reihe von Mineralstoffen und Spurenelementen üben antagonistische Effekte aus. Neben der Deckung des absoluten Bedarfs kommt es deshalb bei der Spurenelementversorgung insbesondere auch auf ein harmonisches Verhältnis der Elemente zueinander an.

Tabelle 1: Nahrungskomponenten, die in hohen Konzentrationen die Spurenelementverwertung verschlechtern

beeinflußtes Element	Nahrungsbestandteile
Cu	Mo, org. und anorg. S-Verbindungen, Phytin *), Fe, Zn, Cd
Fe	Ca, P, Cu, Zn, Carbonate, Phytin *)
Mn	P, Phytin *)
Se	org. und anorg. S-Verbindungen, Sn
Zn	Ca, Cu, Cd, Phytin *)
	*) bei monogastrischen Tieren

Beim monogastrischen Tier können Phytatkomplexe den Bruttobedarf sehr deutlich erhöhen. Darüber hinaus sind noch weitere, bisher nicht identifizierte Liganden in der Nahrung zu vermuten, die Einfluß auf die Spurenelementverwertung nehmen. Der anhand einer bestimmten Versuchsdiät festgestellte Bedarf ist deshalb streng genommen immer nur für die verwendete Diätzusammensetzung gültig und kann nicht ohne weiteres verallgemeinert werden.

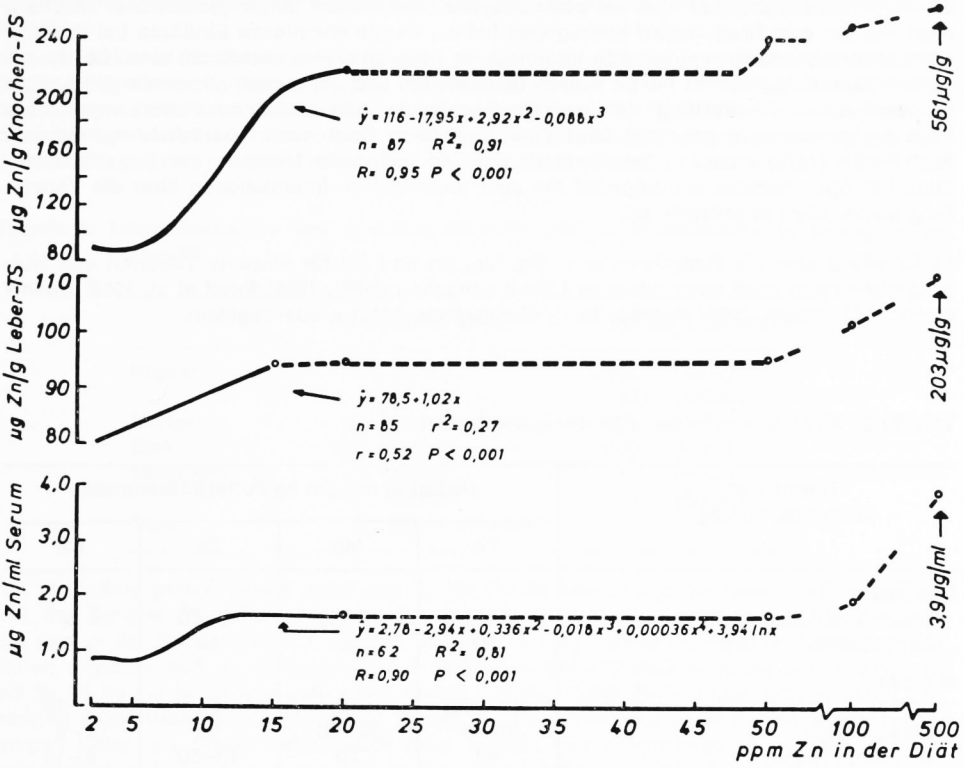
Ein weiteres methodisches Problem ergibt sich bei der Bedarfsermittlung hinsichtlich der Auswahl der Bedarfskriterien. Während früher häufig nur der Minimalbedarf ermittelt wurde, der bereits dann erreicht ist, wenn keine äußerlich erkennbaren Mangelerscheinungen mehr auftreten, wird heute angestrebt, auf jeden Fall den Optimalbedarf zu decken. Dieser Optimalbedarf ist nach **Kirchgeßner** und **Friesecke** (1966) erst erreicht, wenn Höchstleistungen bei bester Futterverwertung ohne Beeinträchtigung der Gesundheit erzielt werden. Bisher wurden als Kriterien der Bedarfsermittlung häufig Wachstum sowie Konzentration des Spurenelements in Blut, Serum oder spezifischen inneren Organen herangezogen. Auch biochemische Kriterien, wie etwa die Aktivität von spurenelementabhängigen Enzymen, wurden bereits mit Erfolg getestet.

Im folgenden sollen einige Ergebnisse von Untersuchungen zum Zinkbedarf der Ratte dargelegt werden. Zur Induzierung eines absoluten Zinkmangels diente eine halbsynthetische teilgereinigte Diät auf Caseinbasis, der mit Ausnahme von Zink alle essentiellen Mineral- und Wirkstoffe in ausreichender Menge zugesetzt wurden. Der Zinkgehalt der Diättrockenmasse lag unter 2,5 mg/kg (ppm). In Form von $ZnSO_4 \cdot 7\,H_2O$ wurden dieser Zinkmangeldiät steigende Mengen an Zink zugesetzt und verschiedene Kriterien auf ihre Eignung als Parameter für die Zinkverwertung und den Zinkbedarf geprüft.

Bei entwöhnten männlichen Sprague-Dawley-Ratten zeigte sich im Bereich von 2 – 8 ppm Diätzink eine deutliche Abhängigkeit der Lebendmassezunahmen von der Zinkversorgung, während Zulagen über 8 ppm keine weitere Wachstumsverbesserung mehr bewirkten (**Pallauf** und **Kirchgeßner,** 1971). Der Zinkbedarf für Wachstum war somit unter den vorliegenden Bedingungen mit 8 ppm in der Diättrockenmasse gedeckt.

Die Untersuchung des Zinkstatus in Serum, Leber und Knochen ergab zu Versuchsende das in **Abbildung 1** anhand von Regressionen aufgezeigte Bild (**Kirchgeßner** und **Pallauf,** 1972; **Pallauf** und **Kirchgeßner,** 1972). Es geht daraus hervor, daß 8 ppm Diätzink für optimale Zinkkonzentrationen im Organismus noch unzureichend waren. Im Serum waren dazu mindestens 12 ppm Diätzink erforderlich. In Leber und Knochen stieg die Zinkkonzentration sogar noch bis 15 ppm Zink in der Diät an.

Abbildung 1: Regression der Zinkkonzentration verschiedener Gewebe repletierter Ratten auf den Zinkgehalt der Diät



Nach diesen Bedarfskriterien ist der Zinkbedarf somit bei mindestens 12 ppm anzusetzen. Bei 12 ppm Diätzink zeigten in Untersuchungen von **Roth** und **Kirchgeßner** (1974 a und b) auch die Aktivitäten von Carboxypeptidase A des Pankreas und alkalischer Phosphatase des Blutserums ein normales Niveau.

Die **Abbildung 1** zeigt aber darüber hinaus noch sehr deutlich das homöostatische Regulationsvermögen des Tieres bei Überdosierungen. Durch Reduktion der Absorption in % der Gesamtzufuhr und Erhöhung der endogenen Ausscheidung wird die Spurenelementkonzentration nach Erreichen des Versorgungsplateaus über weite Bereiche konstant gehalten. Abgesehen von den Knochen ist bei 50 ppm Diätzink noch keine und bei 100 ppm Diätzink nur eine leichte Erhöhung des Zinkspiegels festzustellen, während erst 500 ppm zu einer möglicherweise subtoxischen Akkumulation führen. Vergleichende Bedarfsstudien lassen sich deshalb nur im suboptimalen Bedarfsbereich durchführen, in dem die einzelnen Kriterien noch eine meßbare Reaktion zeigen. Die Frage des Toleranzbereiches dagegen ist gerade im Hinblick auf die Dosierung von Spurenelementen im Mischfutter von großer Bedeutung.

Grundsätzlich muß zu diesen Ergebnissen mit Caseindiäten bemerkt werden, daß die Zinkverwertung hieraus allgemein sehr hoch ist. Bei den an landwirtschaftliche Nutztiere verfütterten Mischfuttermitteln ist der Zinkbedarf aufgrund der schlechteren Verwertung des Zinks in der Regel etwa um das Drei- bis Vierfache höher.

3. Spurenelementbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere

Es wurde bereits erwähnt, daß wir beim Spurenelementbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere nach wie vor vom Bruttobedarf auszugehen haben, da die komplexen Einflüsse bei der Verwertung der Spurenelementgehalte im einzelnen noch zu wenig untersucht sind. Der Nettobedarf wäre experimentell relativ einfach festzustellen und dann auch allgemein gültig, aber die wechselnde Verwertung der nativen Gehalte in den einzelnen Futterkomponenten kann bisher nur sehr pauschal über Zuschläge beim Bruttobedarf berücksichtigt werden. Auch **Pfeffer** (1972) kommt zu dem Ergebnis, daß die faktorielle Methode der Bedarfsberechnung bei Spurenelementen aufgrund der sehr lückenhaften Informationen über die Verwertung bisher nicht angebracht ist.

In **Tabelle 2** sind die Bedarfswerte an Fe, Mn, Zn und Cu für einzelne Tierarten und Nutzungsrichtungen nach verschiedenen Literaturangaben (**NRC,** 1968; **Scott** et al. 1969; **Underwood,** 1971; **Brune,** 1972; **Hennig,** 1972; **Kirchgeßner,** 1975) wiedergegeben.

Tabelle 2: Richtzahlen für den Spurenelementbedarf

Tierart und Nutzungsrichtung	Bedarf in mg pro kg Futtertrockenmasse			
	Fe	Mn	Zn	Cu
Geflügel				
Mast- und Aufzuchtküken	40–50	50–60	40–50	5
Legehennen	40	50	50	5
Schwein				
Ferkel	60–100	30	50	8–10
Mastschwein	30–40	20–30	50	5–6
säugende Sauen	60	30	40–50	8–10
Rind				
Kalb	30–50	60	30–40	8–10
Mastrind	50	60	40–50	8–10
Milchkuh	40–60	60	50–60	10

Als Bezugsbasis hat sich für den Spurenelementbedarf allgemein der Gehalt in der Futtertrockenmasse durchgesetzt. Die Zahlen sind zumeist aufgerundet bzw. tragen der häufig verschlechterten Verwertung der Spurenelemente in praktischen Rationen Rechnung. Insgesamt ist dabei in der neueren Literatur die Tendenz unverkennbar, die Richtzahlen gegenüber früheren Angaben teilweise deutlich anzuheben. Dies dürfte sowohl durch empfindlichere Bedarfskriterien und erhöhte Leistungsansprüche als auch durch gestiegene Nährstoffkonzentration bzw. verbesserte Futterverwertung bedingt sein.

Von den weiteren vier Spurenelementen, nämlich Jod, Selen, Molybdän und Kobalt, die nach dem geltenden Futtermittelrecht als Zusatz in Mischfuttermitteln zugelassen sind, ist der Bedarf meist weniger genau untersucht und wird selten nach Nutzungsrichtungen spezifiziert angegeben. Für Jod werden überwiegend zwischen 0,2 und 0,4 mg/kg Futtertrockenmasse als Bedarf angegeben (**Kirchgeßner,** 1975), es liegen aber auch Empfehlungen von 0,5 ppm für Zuchthennen und bis zu 0,8 ppm für Milchkühe und Mutterschafe vor (**Hennig**, 1972).

Der Mindestbedarf an Selen liegt nach heutiger Kenntnis bei 0,10–0,15 ppm. Jedoch wird auch von etwas höheren Bedarfszahlen bzw. über günstige Wirkungen einer Zulage von 0,10 ppm Selen als Na-Selenit (Na_2SeO_3) berichtet. Für Molybdän und für Kobalt beim Wiederkäuer lauten die Bedarfsempfehlungen überwiegend auf 0,10 ppm in der Futtertrockenmasse.

Nun ist bekanntlich die Spanne zwischen Bedarf einerseits und Toleranzschwelle sowie toxischer Grenze andererseits je nach Spurenelement und Tierart sehr verschieden und vor allem auch im Hinblick auf die Gefahr von Überdosierungen im Mischfutter durch Mischfehler oder Kontamination von Bedeutung. In **Tabelle 3** sind deshalb einige diesbezügliche Angaben nach **Beeson** (zit. bei **Kirchgeßner,** 1975) wiedergegeben.

Tabelle 3: Toleranzschwelle und toxische Schwelle einiger Spurenelemente in mg je kg Futter-TS

	Toleranzschwelle		Toxische Schwelle	
Kupfer	50	(Rind)	115	(Rind)
			12,5	(Schaf)
Mangan	80	(Schwein)	500	(Schwein)
Zink	500	(Rind)	900	(Rind)
Molybdän	5	(Rind)	10	(Rind)
	2	(Schaf)	5	(Schaf)
Selen	2	(Rind, Schwein)		

Als besonders problematisch zeigt sich in der Praxis neuerdings die hohe Cu-Empfindlichkeit des Schafes. Vor allem die Anwendung sehr hoher Cu-Dosierungen von 100 bis über 200 ppm in der Schweinemast birgt hier Gefahren in sich. Untersuchungen in Großbritannien haben ergeben, daß durch Düngung mit derartigen Schweineexkrementen auf Nutzflächen bis zu 30 kg Cu je ha und Jahr ausgebracht werden. Hohe Zinkzulagen können nach bisherigen Ergebnissen einen teilweisen Schutz vor Kupferintoxikationen bieten. Kupfervergiftungen treten als Schadensfälle auch beim Einsatz von Milchaustauschern nach wie vor gelegentlich auf. Bei Milchaustauschern für Kälber gelten Cu-Gehalte von über 30 mg/kg als bedenklich.

Aufgrund der Gefahren, die mit überhöhten Spurenelementgehalten einhergehen, sind im Anhang zur Normentafel des geltenden Futtermittelrechtes der Bundesrepublik für eine Reihe von Elementen Höchstgehalte festgelegt. Alleinfutter darf demnach nicht mehr als 1 250 mg Fe, 250 mg Mn, 40 mg J und 10 mg Co je kg enthalten. Bei Cu sind die Höchstgehalte für Schafe, Kälber und Schweine von 12 über 30 (50 für sonstige Alleinfutter) auf 125 mg/kg ansteigend differenziert. Für Mo sind in Alleinfuttermitteln für Rinder und Schafe Höchstgehalte von 2,5 mg/kg festgelegt. Der Selengehalt darf in Alleinfuttermitteln für Geflügel und Schweine 0,5 mg/kg nicht überschreiten.

Eine erhebliche Überdosierung von Spurenelementen bringt aber auch bereits unterhalb der Toleranzschwelle Nachteile mit sich. Gleichzeitige Zulagen an Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, J, Se und Chrom in etwa dreifacher Bedarfshöhe führten in Untersuchungen von **Kirchgeßner** et al. (1974 b, 1975) bei wachsenden Schweinen zu einer Verschlechterung der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins um 1–4 %. Dieser negative Einfluß wird im Zusammenhang mit einer vermehrten Komplexbildung zwischen Abbauprodukten der Eiweißfraktionen und Spurenelementen sowie einer möglichen negativen Wirkung der hohen Konzentration an zweiwertigen Schwermetallen auf die Pepsinaktivität diskutiert.

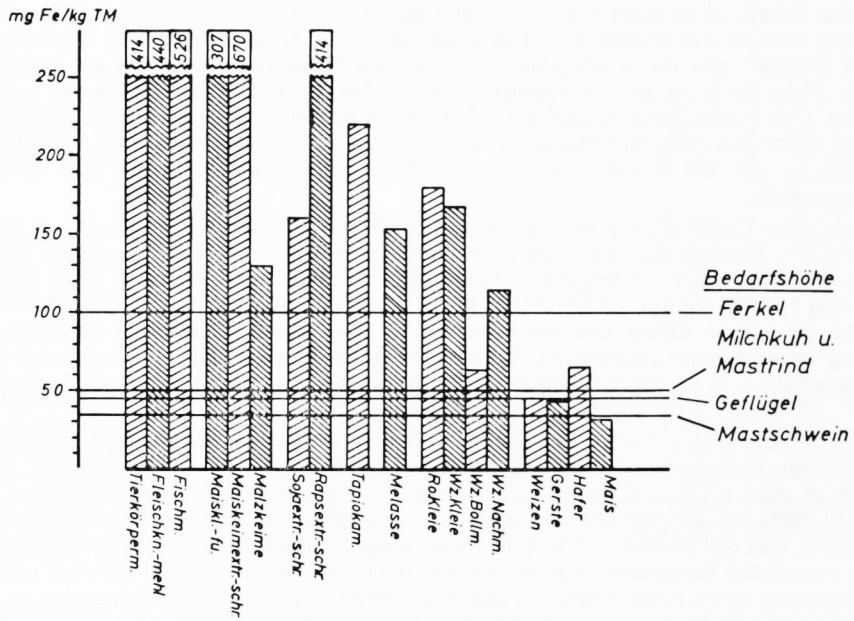
Insgesamt ergibt sich demnach, daß trotz eines sehr ausgeprägten Regulationsvermögens des tierischen Organismus, das allerdings großen element- und tierartspezifischen Schwankungen unterliegt, die Spurenelementdosierung im Mischfutter möglichst genau dem Bedarf angepaßt werden sollte.

Zur Quantifizierung des Ergänzungsbedarfes an Spurenelementen über Mineralstoffmischungen im Alleinfutter oder über Mineralfutter als Ergänzungsfuttermittel ist die Kenntnis der nativen Gehalte der Futterkomponenten erste Voraussetzung. Unter Ergänzungsbedarf wird dabei die zur Deckung des Bruttobedarfs fehlende Bedarfslücke verstanden, während der Begriff Sicherungszusatz für darüber hinausgehende Zusätze an Spurenelementen verwendet wird (**Dressler**, 1971), die Unebenheiten in der Rationsgestaltung beheben sollen (**Brune**, 1972).

4. Native Spurenelementgehalte in Futterkomponenten

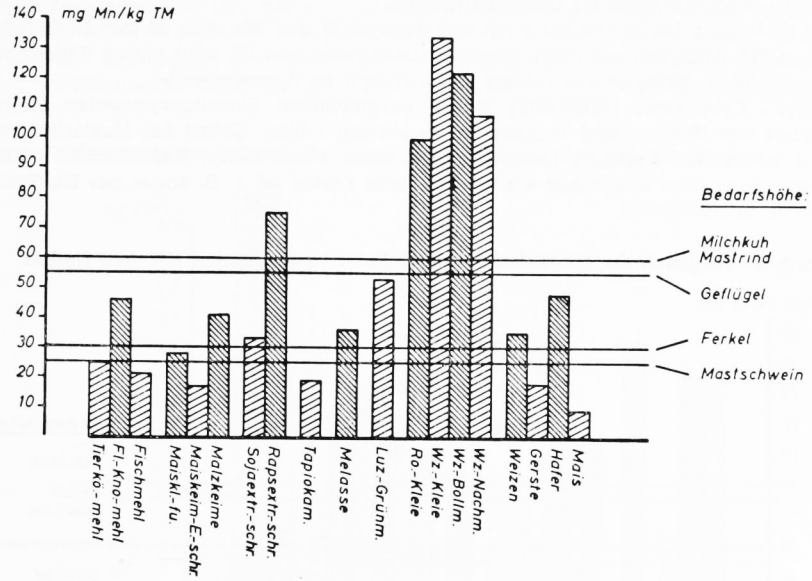
Das derzeit umfangreichste Datenmaterial bezüglich der Spurenelementgehalte in Futtermitteln liegt für das Gebiet der Bundesrepublik der DLG-Mineralstofftabelle aus dem Jahre 1973 zugrunde. Natürlich kann es sich auch hier nur um Angaben von Mittelwerten und deren Streuung, die als Standardabweichung der Einzelwerte vorliegt, handeln. Überdies sind die Angaben bei einigen Spurenelementen noch sehr lückenhaft und noch keineswegs genügend. Es muß auch betont werden, daß der Mittelwert statistisch gesehen nur in 50 % der Einzelfälle erreicht bzw. überschritten wird. Trotz dieser Einschränkungen soll anhand von Abbildungen ein Vergleich der mittleren Spurenelementgehalte einiger wichtiger Futterkomponenten (DLG-Mineralstofftabelle, 1973) mit dem Bedarf vorgenommen werden.
Abbildung 2 zeigt die nativen Eisengehalte.

Abbildung 2: Vergleich der Fe-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



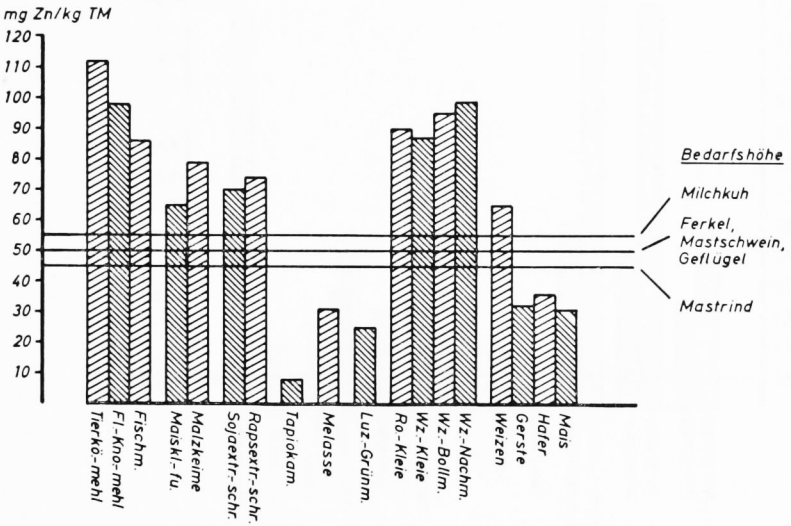
Es ergibt sich die bekannte Situation, daß Fe in tierischen Futtermitteln und verschiedenen Extraktionsschroten in sehr hohem Überschuß vorhanden ist, aber die Getreidearten Weizen, Gerste und Mais mit rund 50 ppm Fe und weniger für das Ferkel ein extremes Defizit aufweisen und selbst den Bedarf von Rindern und Geflügel nicht sicher genug decken.

Abbildung 3: Vergleich der Mn-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



Für Mangan (**Abbildung 3**) ergibt sich dagegen ein viel ungünstigeres Bild. Mit Ausnahme von Rapsextraktionsschrot und Mühlennachprodukten ist in der Rinder- und Geflügelfütterung eine große Bedarfslücke festzustellen. Auch für die Schweinefütterung reichen die Gehalte vielfach nicht oder nicht sicher genug aus. Der geringe Mangangehalt tierischer Futtermittel ist dabei auf die im Vergleich zum alimentären Bedarf sehr geringe Mangankonzentration im Weichgewebe des tierischen Organismus zurückzuführen. Einer besonderen Beachtung bedarf die Manganarmut des Maises.

Abbildung 4: Vergleich der Zn-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



Die Zinkgehalte (**Abbildung 4**) liegen bei Tapioka, Melasse, Luzernegrünmehl und den Getreidearten erheblich tiefer als die Bedarfslinien.
Der mit 65 mg/kg TM relativ hohe mittlere Zinkgehalt des Weizens ist laut DLG-Tabelle im Mittel von 190 Analysen mit einer Standardabweichung von 63, also einem Variationskoeffizienten von 97 %, belastet und verliert dadurch sehr an Aussagekraft.
Die nativen Cu-Gehalte (**Abbildung 5**) der ausgewählten Einzelkomponenten übersteigen den Bedarf von Rindern und Ferkeln nur in einigen Fällen. Selbst bei Mastschweinen und Geflügel verbleiben deutliche Bedarfslücken, wenn Mais, Hafer, Tapiokamehl oder Maiskeimextraktionsschrot eingesetzt werden. Für das Ferkel ist z. B. sogar der Cu-Gehalt des Fischmehls unzureichend.

Abbildung 5: Vergleich der Cu-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf

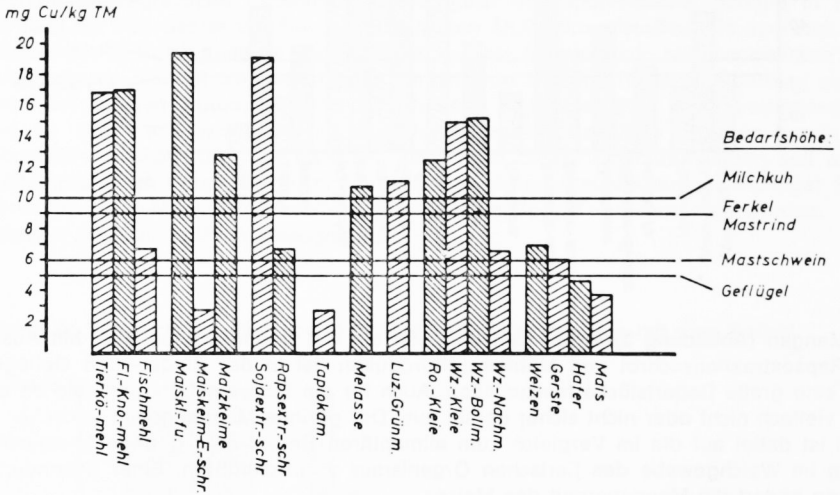
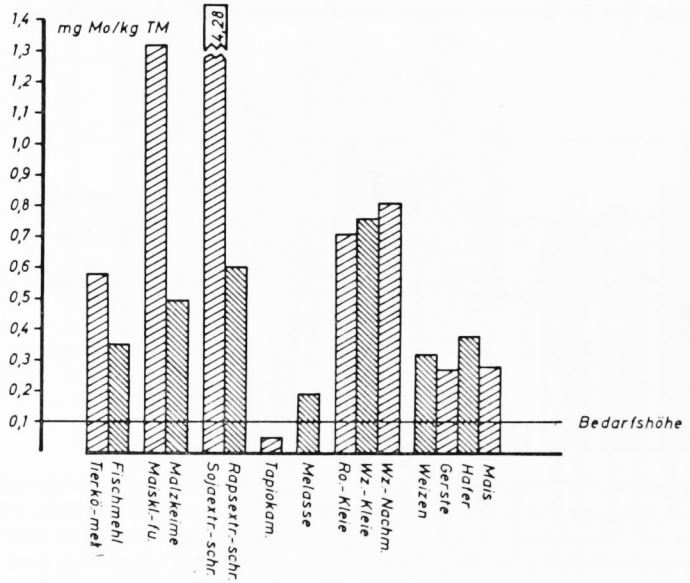
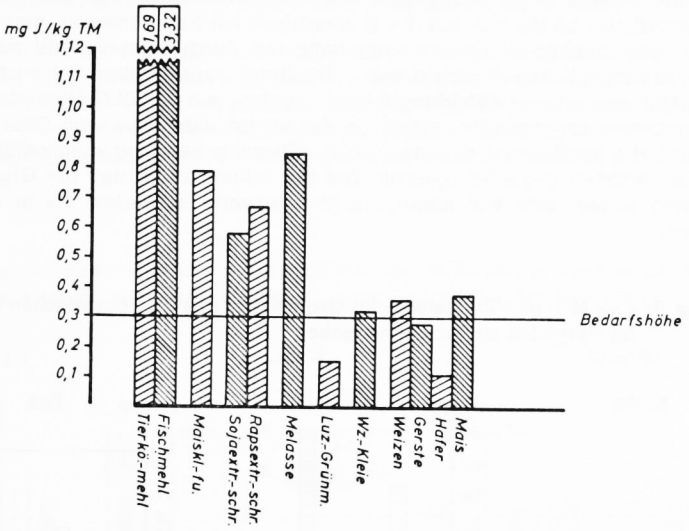


Abbildung 6: Vergleich der Mo-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



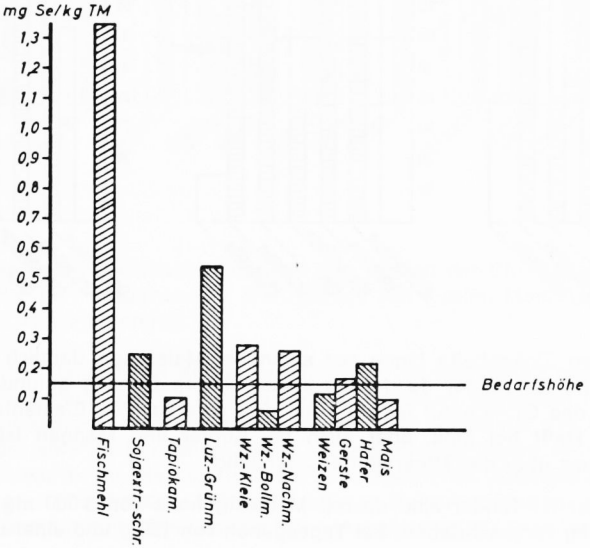
Die Molybdängehalte (**Abbildung 6**) überragen mit Ausnahme des insgesamt sehr mineralstoffarmen Tapiokamehles den bisher unterstellten Bedarf von rund 0,10 mg/kg TM ganz erheblich. Vor allem Sojaextraktionsschrot weist im Durchschnitt einen extrem hohen Mo-Gehalt auf, der den Bedarf um das Vierzigfache übersteigt. Bezüglich Jod (**Abbildung 7**) zeigt sich ein unzureichender Bedarf in Luzernegrünmehl und auch Getreide. Hervorzuheben

Abbildung 7: Vergleich der J-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



ist der hohe Ergänzungswert von Fischmehl und in abgeschwächtem Maße auch von Tierkörpermehl. Bei Fischmehl übersteigt der Jodgehalt den Bedarf um das Zehnfache.

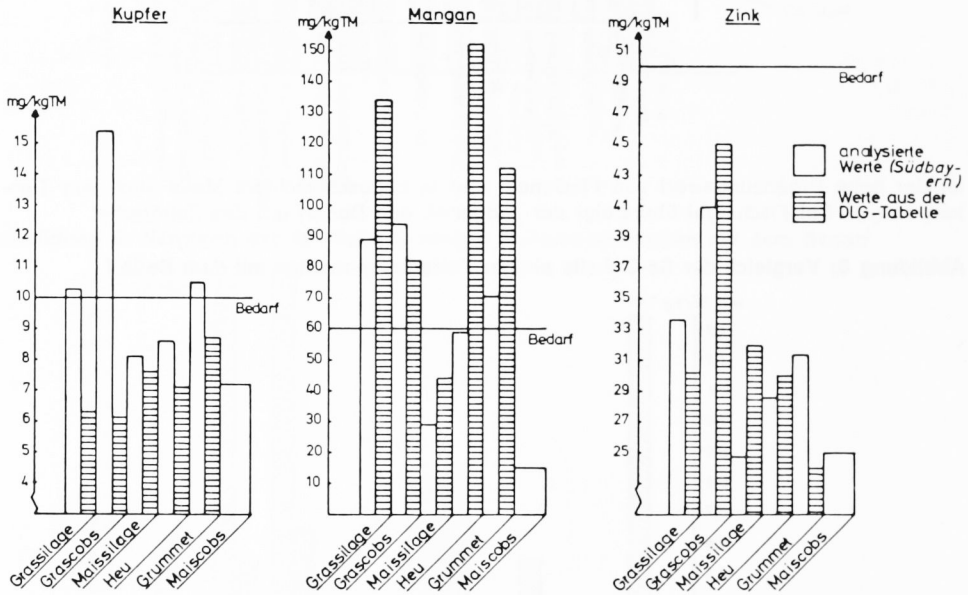
Abbildung 8: Vergleich der Se-Gehalte einiger Futterkomponenten mit dem Bedarf



Selen (**Abbildung 8**) ist in einer Reihe von Futtermitteln nicht ausreichend, in Fischmehl und deutlich abgeschwächt auch in Luzernegrünmehl dagegen in reichlichem Maße enthalten.
Diese Vergleiche an Einzelkomponenten können jedoch nur Vorinformationen zur Beurteilung der Versorgungssituation im Mischfutter geben. Durch die z. B. im Alleinfutter übliche Kombination vieler verschiedener Komponenten wird ein gewisser Ergänzungseffekt wirksam und der Einfluß extremer Abweichungen, wie sie in Einzelchargen der Einzelfuttermittel auftreten können, wird abgeschwächt.

Eine andere Situation ergibt sich jedoch in der Rinderfütterung. Hier besteht das wirtschaftseigene Grundfutter häufig nur aus 1 – 2 verschiedenen Komponenten, deren unzureichende und stark schwankende Spurenelementgehalte nur durch entsprechend zusammengesetzte Mineralfutter ausgeglichen werden können. Darüber hinaus ergeben sich auch ganz erhebliche regionale Unterschiede. In **Abbildung 9** sind Angaben aus der DLG-Mineralstofftabelle (1973) sowie Ergebnisse umfangreicher Analysen der letzten Jahre aus dem Oberbayerischen Voralpengebiet, die im Rahmen der staatlichen Fütterungsberatung durchgeführt wurden, dem Bedarf der Milchkuh gegenübergestellt. Die Darstellung zeigt, daß die Grundfuttermittel im untersuchten Gebiet sehr viel niedrigere Manganwerte aufwiesen als in der DLG-Tabelle angegeben.

Abbildung 9: Cu-, Mn- und Zn-Gehalte im Grundfutter des Oberbayerischen Voralpengebietes im Vergleich zu Tabellenangaben



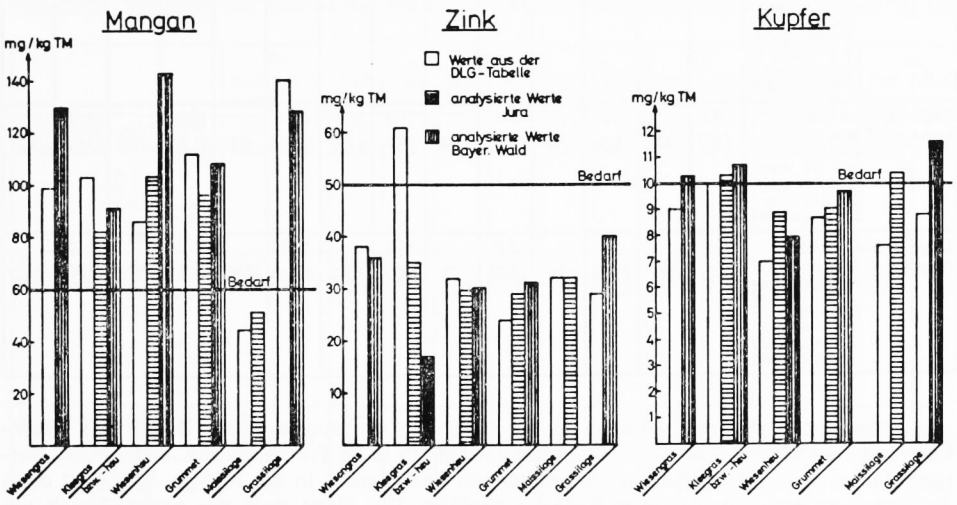
Die analysierten Zinkgehalte lagen vor allem bei Maissilage deutlich unter den Tabellenwerten, während für Kupfer durchwegs etwas höhere Gehalte gefunden wurden. Die Versorgung über das Grundfutter ist bei allen drei untersuchten Elementen unzureichend. Die größte Lücke klafft bei Zink, aber auch bei Kupfer und Mangan ist ein entsprechender Sicherungszusatz über das Mineralfutter unerläßlich.

Im Mineralfutter für Rinder sind derzeit Mindestgehalte von 3 000 mg Zn, 700 mg Cu und 10 mg Co pro kg vorgeschrieben. Bei Tagesgaben von 120 g und einer unterstellten Trocken-

masseaufnahme aus dem Grundfutter von rund 12 kg je Milchkuh entspricht dies einer Aufstockung der Spurenelementversorgung um 30 mg Zn und 7 mg Cu. Für Zink reicht dies z. B. bei Fütterung hoher Anteile von Maissilage noch keineswegs aus. Im vorliegenden Beispiel müssen in Rationen mit Maissilage darüber hinaus bis zu 30 mg Mn je kg Grundfuttertrockenmasse ergänzt werden. Dies erfordert einen Zusatz von bis zu 3 000 mg Mn zum Mineralfutter. Die Versorgungssituation für Mangan hat sich damit gegenüber früheren Untersuchungen, in denen ein Mn-Sicherungszusatz zum Mineralfutter für Rinder noch nicht für notwendig erachtet wurde (**Wöhlbier** und **Kirchgeßner,** 1956), deutlich verschlechtert. Besonders arm an Mangan ist Futter von Moorböden (**Kirchgeßner** et al., 1968).

Berücksichtigt man in den Grundfutterrationen noch die hohen Schwankungen der Einzelwerte, so kann es aus Gründen der Sicherheit angebracht sein, bei den nativen Gehalten nicht vom Analysenmittel auszugehen, sondern eine Standardabweichung vom Mittelwert abzuziehen und mit diesen Gehaltswerten zu rechnen (**Pallauf,** 1975).
Abbildung 10 zeigt Untersuchungsergebnisse aus den Naturräumen Bayerischer Jura und Bayerischer Wald.

Abbildung 10: Spurenelementgehalte im Grundfutter der Naturräume Bayerischer Wald und Jura im Vergleich zu Tabellenangaben und Bedarf der Milchkuh



Die Cu-Gehalte liegen dabei nur unerheblich über den Werten der DLG-Tabelle. Das größte Defizit ergibt sich auch hier wiederum bei Zink, gefolgt von Kupfer. Maissilage erweist sich erneut als besonders arm an Mangan.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß der vorgeschriebene Mindestgehalt des Mineralfutters bei Cu ausreichend erscheint, bei Zn dagegen etwas zu knapp bemessen ist, um in allen Fällen eine genügend sichere Versorgung zu erreichen. Die Aufnahme von Mangan in das Mineralfutter für Rinder als Pflichtbestandteil wäre aus Sicherheitsgründen sehr zu empfehlen. In den letzten Jahren wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen (**Kirchgeßner** et al., 1968; **Roth** und **Kirchgeßner,** 1972; **Pallauf,** 1972). Bei hohem Maissilageeinsatz und Grundfutter von Moorböden oder anmoorigen Böden ist eine Manganergänzung sogar dringend erforderlich.

5. Spurenelementgehalte in Alleinfuttermitteln und deren Ergänzung

5.1 Geflügelmischfutter

Die Berechnung der nativen Spurenelementgehalte von vier ausgewählten Geflügelalleinfuttern erbrachte das in **Tabelle 4** aufgezeigte Ergebnis. Zur Charakterisierung der Zusammensetzung sind jeweils die Hauptkomponenten angegeben. In der linken Spalte ist der aus

Tabelle 4: Vergleich der nativen Gehalte von Geflügel-Mischfutter mit dem Bedarf (mg/kg TM)

	Fe		Mn		Zn		Cu		Mo		J		Se	
	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±
Geflügelmast Alleinf. I Hauptkomp.: 51 % Getreide 18 % Soja 10 % Maiskle.-fu. 6 % Fischmehl 5 % Wz.-Nachm.	113 (45)	+68	25 (55)	-30	50 (50)	± 0	8,5 (5)	+3,5	0,11 (0,10)	+0,01	0,55 (0,30)	+0,25	0,19 (0,15)	+0,04
Legehennen Alleinf. (DLG-Std.) Hauptkomp.: 58 % Getreide 17 % Soja 5 % Maiskle.-fu. 3 % Fl.-Kno.-M. 3 % Luz.Grünm. 2 % Fischmehl	84 (40)	+44	16 (50)	-34	38 (50)	-12	7,2 (5)	+2,2	0,94 (0,10)	+0,84	0,42 (0,30)	+0,12	0,14 (0,15)	-0,01
Legehennen Alleinf. Hauptkomp.: 56 % Mais 19 % Soja 5 % Wz.-Kleie 3,5 % Tiermehl 2,5 % Fischm. 2,5 % Grünmehl	80 (40)	+40	20 (50)	-30	40 (50)	-10	7,2 (5)	+2,2	0,98 (0,10)	+0,88	0,46 (0,30)	+0,16	0,16 (0,15)	+0,01
Legehennen Alleinf. Hauptkomp.: 51 % Mais 14 % Maiskeim-schrot 12,5 % Soja 5 % Tiermehl 3 % Fischmehl 3 % Grünmehl	152 (40)	+112	14 (50)	-36	32 (50)	-18	5,9 (5)	+0,9	0,70 (0,10)	+0,60	0,44 (0,30)	+0,14	0,13 (0,15)	-0,02

den Mittelwerten mal den Anteilen in der Mischung errechnete native Gehalt des Alleinfutters am betreffenden Element, umgerechnet auf mg je kg Trockenmasse, angegeben. Darunter befindet sich in Klammern die unterstellte Bedarfszahl. In der rechten Spalte ist dann die Differenz aus Gehalt minus Bedarf aufgeführt. Bei Eisen liegt der native Gehalt um 100 bis über 200 % höher als der Bedarf, so daß in keinem Falle ein Sicherungszusatz erforderlich erscheint. Völlig anders stellt sich die Situation bei Mangan dar. Hier werden nur zwischen 28 und 45 % des Bedarfes aus den nativen Gehalten gedeckt, es fehlen 30–36 mg pro kg Futtertrockenmasse. Bei Zink fehlen zwischen 0–18 mg. Ein rechnerisches Defizit ergibt sich darüber hinaus nur noch für Selen in zwei von drei Fällen des Legehennenalleinfutters. Für Cu, Mo (nur im Geflügelmastfutter) und Se sind die Gehalte jedoch in manchen Fällen so knapp bedarfsüberschreitend, daß ein Sicherungszusatz angebracht erscheint. Auch **Brune** (1969) stellte in Geflügelrationen einen erheblichen Ergänzungsbedarf an Mn, Zn und Cu fest.

Werden die fehlenden Spurenelemente dem Geflügelfertigfutter beispielsweise über 2 % Mineralstoffmischung zugesetzt, so ist ein Mindestgehalt dieser Mineralstoffmischung von 1 500 mg Mn und 1 000 mg Zn je kg erforderlich, wie er auch laut Normentafel für „Mineral-Wirkstoffutter für Legehennen" vorgeschrieben ist.

Der Mangangehalt aller Typen von Geflügelalleinfutter ist in der Normentafel ebenso wie nach DLG-Standard mit mindestens 60 mg pro kg vorgeschrieben. Bei Ergänzungsfuttermitteln werden mindestens 100–150 mg/kg gefordert. Diese Dosierungshöhe erscheint dem Bedarf gut angemessen und braucht deshalb nach heutiger Kenntnis nicht nennenswert überschritten zu werden. Außer Mangan finden sich in Normentafel und DLG-Standard nur noch Mindestforderungen für Zn, die mit 40 mg bei Alleinfutter für Legehennen und 100–150 mg je kg Ergänzungsfutter in vielen Fällen etwas zu knapp bemessen erscheinen, so daß eine mindestens 20–30 % höhere Dosierung (Bedarf = 50 ppm in der Trockenmasse) ratsam sein dürfte. Wie die Berechnungsbeispiele zeigen, kann darüber hinaus aber auch sehr wohl ein Ergänzungsbedarf an Cu, Se oder sogar Mo auftreten. Dabei ist zu beachten, daß sich die Bedarfsangaben (siehe **Tabelle 2**) stets auf Trockenmasse beziehen, während die Werte der Normentafel auf Frischgewicht bezogen sind. Allein um den Bedarfsangaben zu genügen, müssen die Forderungen der Normentafel deshalb nominell um mindestens 10 % höher liegen.

5.2 Schweinemischfutter

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Berechnung dreier Beispielsrationen für Schweine. Wie nicht anders zu erwarten, fehlt im Ferkelaufzuchtfutter Fe. In allen Rationen fehlt jedoch

Tabelle 5: Vergleich der nativen Gehalte von Schweine-Mischfutter mit dem Bedarf (mg/kg TM)

	Fe		Mn		Zn		Cu		Mo		J		Se	
	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±	Geh. (Bed.)	Diff. ±
Ferkelaufzuchtfutter (DLG-Std.) Hauptkomp.: 69 % Getreide, 9 % Soja, 8 % Fischmehl, 5,5 % Wz.-Bollm., 2 % Maiskle.-fu.	95 (100)	- 5	29 (30)	-1	48 (50)	- 2	7,2 (10)	-2,8	0,63 (0,10)	+0,53	0,50 (0,30)	+0,20	0,22 (0,15)	+0,07
Schweinemast Alleinf. (DLG-Std.) Hauptkomp.: 57 % Getreide, 12 % Soja, 9 % Tapioka, 7,5 % Maiskle.-fu., 3 % Fischmehl, 3 % Fl.-Kno.-M.	116 (40)	+76	22 (30)	-8	41 (50)	- 9	7,9 (6)	+1,9	0,75 (0,10)	+0,65	0,40 (0,30)	+0,10	0,16 (0,15)	+0,01
Schweinemast Alleinf. Hauptkomp.: 60 % Getreide, 12 % Soja, 10 % Wz.-Kleie, 10 % Tapioka, 3 % Melasse, 2,4 % Fischmehl	97 (40)	+57	30 (30)	±0	39 (50)	-11	7,2 (6)	+1,2	0,75 (0,10)	+0,65	0,35 (0,30)	+0,05	0,18 (0,15)	+0,03

Zink und auch Mangan. Cu fehlt vor allem im Ferkelfutter, übersteigt aber auch im Mastfutter den Bedarf nur unerheblich, so daß hier ebenfalls ein Sicherungszusatz gerechtfertigt ist. Mo scheint aus den nativen Gehalten durchwegs reichlich geliefert zu werden, während bezüglich Jod vor allem in fischmehlarmen Rationen ein Zusatz ratsam erscheint. Auch bei Selen dürfte in Einzelfällen ein Sicherungszusatz angebracht sein.

Gegenüber der von **Wöhlbier** und **Kirchgeßner** (1957) aufgrund damaliger Untersuchungen an Schweinemastrationen getroffenen Feststellung, ein Zusatz von Spurenelementen zur Mineralstoffmischung für Schweine sei unnötig, ist somit inzwischen ein grundlegender Wandel eingetreten. Dies dürfte in erster Linie auf die inzwischen gestiegenen Bedarfsanforderungen zurückzuführen sein; aber auch Änderungen beim Anteil einzelner Komponenten, wie z. B. Abnahme des Fischmehlanteiles, spielen hier mit herein.

Die Anforderungen der Normentafel zum Futtermittelgesetz sowie nach DLG-Standard an die drei Ferkelmischfutter „Milchaustauschfutter", „Ergänzungsfutter für Saugferkel" und „Ferkelaufzuchtfutter" betragen einheitlich mindestens 120 mg Fe, 30 mg Cu, 50 mg Mn und 70 mg Zn. Diese geforderten Mindestgehalte übersteigen die üblichen Bedarfsangaben deutlich und betragen bei Cu sogar das Dreifache. Hier ist somit bereits ein erheblicher Sicherungszusatz eingeplant. Für Fe und Cu mag beim Ferkel häufig auch noch ein gewisser Nachholbedarf aus der Säugeperiode vorliegen. Dies trifft vor allem zu, wenn die verschiedenen Möglichkeiten der oralen oder parenteralen Eisenversorgung des Saugferkels, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, nicht optimal genutzt wurden.

Erstaunlicherweise ist laut Normentafel und DLG-Standard in den sonstigen Schweinemischfuttern mit Ausnahme des Eiweißkonzentrates, bei dem mindestens 200 mg Mn/kg verlangt werden, kein Mindestgehalt für Mangan gefordert. Ein vorgeschriebener Mindestgehalt dürfte angesichts der für die Schweinemast aufgeführten Versorgungssituation aus den nativen Gehalten jedoch durchaus gerechtfertigt sein. Für Zink werden zur Prophylaxe der Parakeratose gesetzliche Mindestgehalte von 60—70 ppm im Alleinfutter, 120—270 ppm in Ergänzungsfuttermitteln bzw. Eiweißkonzentrat und — wie beim Rind — 3 000 ppm im Mineralfutter gefordert. Damit dürfte der Zinkbedarf auch unter sehr schlechten Verwertungsbedingungen, wie sie bei hohen Anteilen von Sojaschrot oder Ackerbohnen in Mastrationen zu erwarten sind, noch gedeckt sein. Die vorgeschriebenen Mindestgehalte an Cu von 20 ppm im Alleinfutter der Anfangsmast, 15 ppm in der Endmast, 90 ppm im Eiweißkonzentrat sowie 1 000 ppm im Mineralfutter erscheinen ebenfalls ausreichend bemessen. Mit dem im Schweinemischfutter üblichen Anteil von 2 – 3 % Mineralstoffen sind somit nicht nur Sicherungszusätze an Spurenelementen zu verbinden, sondern zunächst in erster Linie Bedarfslücken zu schließen.

5.3 Mischfutter zur Kälbermast

Nachdem in der Kälbermast aufgrund der Verbraucherwünsche leider nach wie vor noch helles Kalbfleisch erzeugt werden muß, dürfen nur geringe Eisenmengen verabreicht werden. Andererseits sollen jedoch maximale Zunahmen und beste Futterverwertung erreicht werden. Dies ist nur durch eine Gratwanderung zwischen alimentärer Eisenmangel-Anämie und zu starker Färbung des Schlachtkörpers zu erreichen. **Kirchgeßner** et al., (1974 c) konnten zeigen, daß 50 ppm Fe im Milchaustauscher für die Dauer der gesamten Mast zu Einbußen bei Helligkeit und Farbwert des Fleisches führen, andererseits 33 ppm Fe in der Endmast um 8 % reduzierte Zunahmen verursachen. Eine optimale Eisendosierung ergab sich unter der Voraussetzung eines hohen Anteiles an verwertbarem Eisen am Gesamteisengehalt in diesen Untersuchungen mit 50 ppm Fe im Milchaustauschfutter I und 33 ppm Fe im Milchaustauschfutter II. Wie wichtig die Beurteilung der unterschiedlichen Verwertbarkeit der nativen Gehalte bei der Spurenelementversorgung ist, wird an diesem Beispiel besonders deutlich.

Aus den oben genannten Gründen ist es in der Kälbermast nämlich nicht möglich, bei Eisen mit erheblichen Sicherungszusätzen zu arbeiten.

6. Zusammenfassung

Die Beurteilung des Bedarfes sollte auch bei den Spurenelementen vom Nettobedarf ausgehen. Systematische ernährungsphysiologische Studien über die Verwertung der Spurenelemente, die das Produkt aus Absorbierbarkeit und intermediärer Verfügbarkeit darstellt, liegen jedoch noch nicht in ausreichendem Umfange vor. Bislang wird deshalb überwiegend noch der Bruttobedarf verwendet. Der häufig recht unterschiedlichen Verwertung der nativen Spurenelementgehalte kann dabei nur mit mehr oder minder pauschalen Sicherheitszuschlägen bei der Festlegung der Richtzahlen für den Bedarf Rechnung getragen werden.

Ein besonderes Problem der ernährungsphysiologischen Spurenelementforschung stellt die Auswahl geeigneter Bedarfskriterien dar. Neben Serum- und Organanalysen dürften sich biochemische Kriterien, wie etwa die Aktivität spezifischer Enzyme, hierzu besonders gut eignen.

Der Einfachheit halber werden Bedarf und Versorgung bei Spurenelementen meist in mg/kg Futtertrockenmasse angegeben.

Die Dosierung der Spurenelementzusätze zum Mischfutter darf trotz der Berechtigung von Sicherungszusätzen, die Grenzsituationen und verschlechterte Verwertungsbedingungen abdecken sollen, nicht zu hoch liegen. Ab dem zwei- bis dreifachen des Bedarfes sind nachteilige Folgen nicht mehr auszuschließen. Ein Vergleich der nativen Gehalte von Einzelkomponenten mit dem Bedarf zeigt enorme Schwankungen sowohl zwischen den einzelnen Komponenten als auch innerhalb der Komponenten. Große Extreme werden im Mischfutter jedoch teilweise durch Ergänzungseffekte ausgeglichen. In der Rinderfütterung hingegen ist das Grundfutter häufig sehr einseitig zusammengesetzt, so daß über das Mineralfutter eine ausreichende Spurenelementergänzung erfolgen muß. Der laut Normentafel vorgeschriebene Mindestgehalt des Mineralfutters für Rinder erscheint aufgrund der Versorgungssituation bei Cu und Co mit 700 bzw. 10 mg pro kg ausreichend, während Zn mit 3 000 mg pro kg für viele Fälle etwas zu knapp bemessen sein dürfte.

Für Mangan ist noch kein Zusatz vorgeschrieben. Eine Manganergänzung ist jedoch vor allem bei Einsatz von Maissilage erforderlich.

Im Geflügelmischfutter decken die nativen Gehalte der Einzelkomponenten den Manganbedarf nur zu rund 50–70 %. Ebenso fehlen bis zu 35 % an Zink. Für Cu und evtl. auch Se erscheinen Sicherungszusätze angebracht. Über die gesetzlichen Mindestgehalte in der Mineralstoffmischung wird der Bedarf an Mn und Zn bei 2 % Mischungsanteil jedoch gut gedeckt. Der geforderte Mangangehalt von mindestens 60 ppm im Alleinfutter ist nach derzeitiger Kenntnis sicher bedarfsdeckend. Der Mindestgehalt von 40 ppm Zn erscheint dagegen etwas knapp bemessen.

Auch in Schweinemastrationen ergibt sich im Gegensatz zu früheren Untersuchungen die Forderung nach Spurenelementergänzung. Die Mindestforderungen der Normentafel bezüglich der Fe-, Cu-, Mn- und Zn-Gehalte der verschiedenen Ferkelmischfutter sind nur durch hohe mineralische Ergänzungen erreichbar und sicher bedarfsdeckend. Für die übrigen Schweinemischfutter erscheint neben den Mindestgehalten für Zink und Cu, die ausreichend sein dürften, auch ein vorgeschriebener Mindestgehalt an Mangan in einer Höhe von 30–40 mg/kg ratsam. Bei niedrigem Fischmehlanteil kann unter anderem die Jodversorgung marginal werden. Der Selenbedarf des Schweines wird durch die nativen Gehalte der im Mischfutter vertretenen Komponenten häufig nur knapp überschritten.

Zur Erzeugung hellen Kalbfleisches erwies sich in neueren Untersuchungen ein zweigeteilter Milchaustauscher mit ca. 50 ppm Fe in der Anfangs- und nur rund 35 ppm in der Endmast als günstig. Dabei ist es besonders wichtig, von der verwertbaren Eisenmenge auszugehen, da Sicherungszusätze hier nicht möglich sind.

Literatur

Bronsch, K., Dämmrich, K. und **Rodenhoff, G.** (1973): In: Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredlungswirtschaft, S. 63, Lohmann Tierernährung GmbH Cuxhaven

Brune, H. (1969): In: **Lenkeit, W., Breirem, K.** und **Crasemann, E.** (Hrsg.): Hdb. Tierernährung Bd. I, S. 53, Verlag Parey Hamburg und Berlin

Brune, H. (1972): In: **Lenkeit, W., Breirem, K.** und **Crasemann, E.** (Hrsg.): Hdb. Tierernährung Bd. II, S. 585, Verlag Parey Hamburg und Berlin

DLG-Futterverwerttabellen (1973): Mineralstoffgehalte in Futtermitteln, 2. Aufl., Arbeiten der DLG, Band 62, DLG-Verlag Frankfurt am Main

Dressler, D. (1971): Mineralische Elemente in der Tierernährung, Verlag Ulmer Stuttgart

Flohe, L., Günzler, W. A. und **Schock, H. H.** (1973): FEBS Lett. **32,** 132

Hennig, A. (1972): Mineralstoffe Vitamine Ergotropika, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin

Hoekstra, W. G., Suttie, J. W., Ganther, H. E. and **Mertz, W.** (1974): Trace Element Metabolism in Animals — 2, University Park Press Baltimore, London, Tokyo

Kirchgeßner, M. (1975): Tierernährung, 3. Aufl., DLG-Verlag Frankfurt am Main

Kirchgeßner, M. und **Friesecke, H.** (1966): Wirkstoffe in der praktischen Tierernährung, BLV-Verlag München, Basel, Wien

Kirchgeßner, M., Kaiser, E., Plank, P. und **Maier, D. A.** (1968): Bayer. Ldw. Jahrb. **45,** 301

Kirchgeßner, M. und **Pallauf, J.** (1972): Z. Tierphysiol., Tierern. u. Futtermittelkde. **29,** 77

Kirchgeßner, M., Müller, H. L., Weigand, E., Graßmann, E., Schwarz, F. J., Pallauf, J. und **Roth, H. P.** (1974a): Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. **34,** 3

Kirchgeßner, M., Roth, F. X. und **Roth-Maier, D. A.** (1974b): Ldw. Forschung **27,** 182

Kirchgeßner, M., Graßmann, E., Roth, F. X. und **Roth-Maier, D. A.** (1974c): Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. **34,** 35

Kirchgeßner, M., Roth-Maier, D. A. und **Roth, F. X.** (1975): Züchtungskunde **47,** 96

Mills, C. F. and **Williams, R. B.** (1971):
Proc. Nutr. Soc. **30,** 83

NRC, National Research Council (1968):
Nutrient Requirements of Swine 6th ed., Publication 1599, Washington D. C.

Pallauf, J. (1972):
Der Tierzüchter **24,** 728

Pallauf, J. (1973):
Zum Einfluß verschiedener B-Vitamine und Spurenelemente auf Zinkstatus und Mangelsyndrom bei unzureichender Zinkversorgung, Habilitationsschrift TU München-Weihenstephan

Pallauf, J. (1975):
Bayer. Ldw. Jahrb. **52,** 340

Pallauf, J. und **Kirchgeßner, M.** (1971):
Internat. Z. Vit. Ern. Forschung **41,** 543

Pallauf, J. und **Kirchgeßner, M.** (1972):
Z. Tierphysiol, Tierernähr. u. Futtermittelkde. **30,** 193

Pfeffer, E. (1972): In: **Lenkeit, W., Breirem, K.** und **Crasemann, E.** (Hrsg.):
Hdb. Tierernährung Bd. II, S. 407, Verlag Parey Hamburg und Berlin.

Roth, H. P. und **Kirchgeßner, M.** (1974a):
Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. **32,** 289

Roth, H. P. und **Kirchgeßner, M.** (1974b):
Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. **33,** 62

Roth, F. X. und **Kirchgeßner, M.** (1972):
Bayer. Ldw. Jahrb. **49,** 387

Rotruck, J. T., Pope, A. L., Ganther, H. E., Swanson, A. B., Hafeman, D. G. and **Hoekstra, W. G.** (1973): Science **179,** 588

Scott, M. L., Nesheim, M. C. and **Young, R. J.** (1969):
Nutrition of the chicken, **Scott, M. L.** and Associates Publishers, Ithaca, New York

Tucker, H. F. and **Salmon, W. D.** (1955):
Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. **88,** 613

Underwood, E. J. (1971):
Trace elements in human and animal nutrition. 3rd ed. Academic Press, New York and London

Wöhlbier, W. und **Kirchgeßner, M.** (1956):
Z. Tierernähr. u. Futtermittelkde. **11,** 244

Wöhlbier, W. und **Kirchgeßner, M.** (1957):
Futter und Fütterung **8,** 43