

Sonderdruck aus „Der Tierzüchter“ Heft Nr. 5 — vom 5. Mai 1977

Prof. Dr. J. Pallauf, Gießen\*)

## Erkenntnisse zum Spurenelementbedarf von Hochleistungskühen

Die Hochleistungskuh stellt nicht nur besondere Ansprüche an die Energie- und Proteinversorgung, sondern auch ihr Bedarf an Mineral- und Wirkstoffen ist deutlich erhöht. Zu den Spurenelementen zählen im Gegensatz zu den sogenannten Mengenelementen, den Mineralstoffen im engeren Sinne, alle chemischen Elemente, die sowohl in Futtermitteln als auch im lebenden Organismus nur in geringer Konzentration vorkommen. Normalerweise liegt ihre Konzentration unter 50 bis 100 mg je kg Futtertrockenmasse (50 bis 100 ppm in der TM). Sie werden heute in der Regel den Wirkstoffen zugeordnet. Im folgenden Beitrag wird versucht, für die praktische Fütterung einige Konsequenzen aus dem derzeitigen Stand der Kenntnisse über den Spurenelementbedarf der hochleistenden Milchkuh aufzuzeigen.

### Lebensnotwendige Spurenelemente

Die lebensnotwendigen (essentiellen) Spurenelemente werden vom Organismus für wichtige Funktionen bei Aufbau und Wirkung von Enzymen, Hormonen oder Vitaminen benötigt. Die Zahl der bis heute als ernährungsphysiologisch unentbehrlich erkannten Elemente hat sich auf Grund intensiver Forschung und stark verfeinerter Analysenmethoden in den letzten Jahren auf nicht weniger als 14 erhöht. Hinweise über mögliche Mangelsituationen bei der Ernährung der Milchkuh liegen jedoch bisher nur für Jod (J), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Selen (Se) und Zink (Zn) vor. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich deshalb im wesentlichen auf diese sieben Elemente. Eisen ist im Wiederkäuerfutter normalerweise in sicher ausreichender Menge enthalten. Bei Fluor ist darauf zu achten, daß es nicht in subtoxischen oder toxischen Mengen zugeführt wird. Es ist deshalb zum Schadstoff erklärt worden und darf laut Futtermittelverordnung zum Futtermittelgesetz z. B. in Alleinfuttermitteln für laktierende Rinder Höchstgehalte von 30 ppm nicht überschreiten.

### Spurenelementbedarf

Im Unterschied zu den organischen Nährstoffen und den Mineralstoffen wird der Bedarf an Spurenelementen in der Regel nicht pro Tier und Tag, sondern als Konzentration in der Futtertrockenmasse angegeben. Dabei bleibt allerdings unberücksichtigt, daß die Futtertrockenmasse einen sehr unterschiedlichen Gehalt an verdaulichem Rohprotein und Stärkeeinheiten aufweisen kann und dieser neben vielen anderen Faktoren den Spurenelementbedarf ebenfalls beeinflusst. In Tabelle 1 sind Richtwerte zum Spurenelementbedarf der Milchkuh aus der neueren Literatur (HENNIG, 1972; KIRCHGESSNER, 1975) wiedergegeben. Es handelt sich

Tab. 1

Richtzahlen zum Spurenelementbedarf der Milchkuh

Spurenelement	Bedarf mg je kg Futtertrockenmasse
Eisen	50
Jod	0,4
Kobalt	0,1
Kupfer	10
Mangan	60
Zink	60

dabei um Bruttobedarfszahlen, bei denen die unterschiedliche Verwertung der Spurenelementgehalte allerdings nur sehr pauschal berücksichtigt ist. Der Molybdänbedarf wird in der Literatur mit mindestens 0,1 ppm angegeben. Eine ausreichende Molybdänversorgung ist unter anderem für die bakterielle Zelluloseverdauung und den Abbau der Futternitrate im Pansen wichtig. Hohe Molybdängehalte im Futter wirken andererseits erhöhend auf den Kupferbedarf. Auch für Selen wird nach bisheriger Kenntnis ein Bedarf von 0,1 ppm in der Futtertrockenmasse unterstellt. Während z. B. in den USA teilweise Selenmangel bei Milchkuhen nachgewiesen werden konnte, liegen in der Bundesrepublik bisher dafür keine Hinweise vor. Der Jodbedarf kann unter ungünstigen Verwertungsbedingungen auf weit über 0,4 ppm ansteigen. Dies kann insbesondere bei starkem Einsatz von Markstammkohl, Rapsextraktionschrot oder sehr calciumreichen Rationen der Fall sein.

\*) Institut für Tierernährung der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Während Nichtwiederkäuern Kobalt in Form von Vitamin B<sub>12</sub> zugeführt werden muß, ist die Kobaltzufuhr bei der Milchkuh für die mikrobielle B<sub>12</sub>-Synthese unerläßlich. 0,08–0,1 ppm Co werden nach heutiger Kenntnis auch für Hochleistungskühe als ausreichend erachtet.

Der Kupferbedarf kann, wie bereits erwähnt, durch hohe Molybdängehalte, aber auch durch Cadmium-, Zink-, Schwefel- und Calciumangebot in der Futterration deutlich erhöht werden. Dies wurde neuerdings vor allem für Schwefelimmisionsgebiete in Industrienähe nachgewiesen.

Gegenüber früheren Angaben werden heute für den Mangan- und Zinkbedarf der Hochleistungskuh mit je 60 ppm wesentlich höhere Gehalte in der Futtertrockenmasse als notwendig erachtet. Für Mangan zeigten insbesondere die Arbeiten von ANKE u. a., daß bei Mangangehalten der Futterration von unter 50 ppm schwerwiegende Fruchtbarkeitsstörungen auftreten können.

Tab. 2

**Mittlere Spurenelementausscheidung über die Milch**

Spurenelement	Ausscheidung je kg Milch mg	tägliche Ausscheidung bei 30 kg Milchleistung	
		absolut mg	relativ zum unterstellten Bruttobedarf ‰
Eisen . . . . .	0,52	15,6	1,7
Jod . . . . .	0,06	1,8	25
Kobalt . . . . .	0,001	0,03	1,7
Kupfer . . . . .	0,13	3,9	2,2
Mangan . . . . .	0,13	3,9	0,4
Zink . . . . .	5,4	162,0	15

Bei Manganmangel wurden unter anderem stille, schwer wahrnehmbare Brunst sowie vermehrt nichtinfektiöse Aborte und dadurch bedingtes Umrindern der Kühe beobachtet.

Die insgesamt überwiegend steigende Tendenz bei den Bedarfswerten ist teilweise sicherlich auf verfeinerte Untersuchungsmethoden zurückzuführen. Manche unterschwellige Mangelsituation blieb früher verborgen, und in vielen Fällen herrscht auch heute noch keine Gewißheit über den optimalen Versorgungsgrad. Hinzu kommen noch die enormen Leistungssteigerungen, die eine immer hochwertigere und konzentriertere Nähr- und Wirkstoffversorgung erfordern. Die Hochleistungskuh scheidet dabei täglich beträchtliche Mengen an Spurenelementen mit der Milch aus (Tab. 2). Unterstellt man eine tägliche Trockenmasseaufnahme von durchschnittlich 18 kg, so ergibt sich eine theoretische Ausscheidungsquote, die zwischen 0,4 % des Bruttobedarfes bei Mangan und 25 % des Bruttobedarfes bei Jod schwankt. Die errechnete Zinkausscheidung über die Milch liegt mit 15 %, verglichen mit Ergebnissen einer Reihe von Bilanzversuchen aus der Literatur, an der oberen Grenze einer Normalversorgung. Dies deutet darauf hin, daß der Zinkbedarf der Hochleistungskuh mit 60 ppm sicherlich nicht zu hoch angesetzt ist. Die deutliche Abhängigkeit des Jodspiegels der Kuhmilch von der Höhe der Jodzufuhr ist seit längerem bekannt. Nach Untersuchungen von SCHWARZ und KIRCH-GESSNER (1975) spiegelt sich nach Mangelernährung auch eine unterschiedliche Zinkzufuhr in Höhe von

22–87 ppm Zn in der Diät gut im Zinkgehalt der Milch wider, so daß der Zinkgehalt der Milch einen guten Indikator für die Zinkversorgung darstellen kann. Der mittlere Zinkgehalt der Milch liegt mit 5,4 mg je kg rund um das Zehnfache höher als der bekannt niedrige Eisengehalt der Milch und leistet unter anderem einen wichtigen Beitrag zur Zinkversorgung des Menschen.

Ein Vergleich der derzeit unterstellten Bedarfsnormen für Molybdän und Selen mit den sich auf Grund der mittleren Mo- und Se-Gehalte der Milch ergebenden Ausscheidungsmengen bei 30 kg Tagesmilchleistung ergibt unrealistisch hohe Ausscheidungsquoten von 83 % bzw. 65 %. Dies läßt deutlich erkennen, daß hier noch genauere Untersuchungen über den Bedarf von Hochleistungskühen erforderlich sind.

**Versorgungssituation**

Für die Tierernährung letztlich entscheidend ist die Frage, ob der Bedarf von Hochleistungskühen an den einzelnen Spurenelementen unter praktischen Fütterungsbedingungen immer gedeckt ist. Auf Grund der extrem hohen Schwankungen der Gehaltswerte zwischen den und auch innerhalb der einzelnen Futtermittel und der Vielfalt der je nach Jahreszeit und Betriebstyp verfütterten Rationen ist eine exakte Bilanzierung der Spurenelementversorgung ohne Einzelanalysen kaum möglich. Werden Tabellenangaben zur Beurteilung herangezogen, so muß die Streuung der Einzelwerte mit berücksichtigt werden. Die Schwankungen sind bei den Spurenelementgehalten um ein Vielfaches höher als bei den Energie- und Proteingehalten. Mit Ausnahme des Natriums zeigen auch die Mengenelementgehalte geringere Variationskoeffizienten als die Gehalte eines Futtermittels an Spurenelementen.

In den Abbildungen 1 bis 3 werden Gehaltsangaben für Einzelfuttermittel (DLG-Mineralstofftabelle, 1973) mit dem bisher bekannten Bedarf der Milchkuh bei hohen Leistungen verglichen. Neben dem Mittelwert, der statistisch betrachtet nur in 50 % der Fälle erreicht bzw. überschritten wird, ist dabei auch noch der um eine Standardabweichung der Einzelwerte reduzierte Gehalt ( $\bar{x}-s$ ) eingezeichnet. Dieser wird bei Normalverteilung der Einzelwerte in rund 84 % der Einzelfälle erreicht und bietet damit eine wesentlich höhere Sicherheit, den nativen Gehalt des Futtermittels nicht zu überschätzen.

Der Zinkgehalt der Futtermittel liegt in den allermeisten Fällen erheblich unter dem Bedarf der hochleistenden Milchkuh (Abb. 1). Besonders niedrige Gehalte an Zink weisen Heu, Futterrüben, Maissilage und Trockenschnitzel auf. Aber auch die Getreidearten decken den Bedarf nur rund zur Hälfte.

Hohe Mangangehalte finden sich in Kleie, Zuckerrübenblatt und Weidegras. Sehr geringe Gehalte hingegen finden sich in Mais, Gerste, Weizen, Maissilage und auch im Sojaextraktionsschrot.

Die Kupferversorgung (Abb. 2) ist innerhalb der ausgewählten Futtermittel nur bei Ölschroten, Trockenschnitzeln, Kleie und Rübenblatt als sehr gut bis gut zu bezeichnen. Die wirtschaftseigenen Grundfuttermittel und vor allem auch die Getreidearten weisen durchweg mangelhafte Kupfergehalte auf.

Für Molybdän zeigt der Vergleich der Gehalte mit dem Bedarf, daß vor allem Sojaextraktionsschrote und Kleie hervorragende Mo-Quellen darstellen. Selbst wenn der Bedarf deutlich höher als 0,1 ppm liegen sollte – was

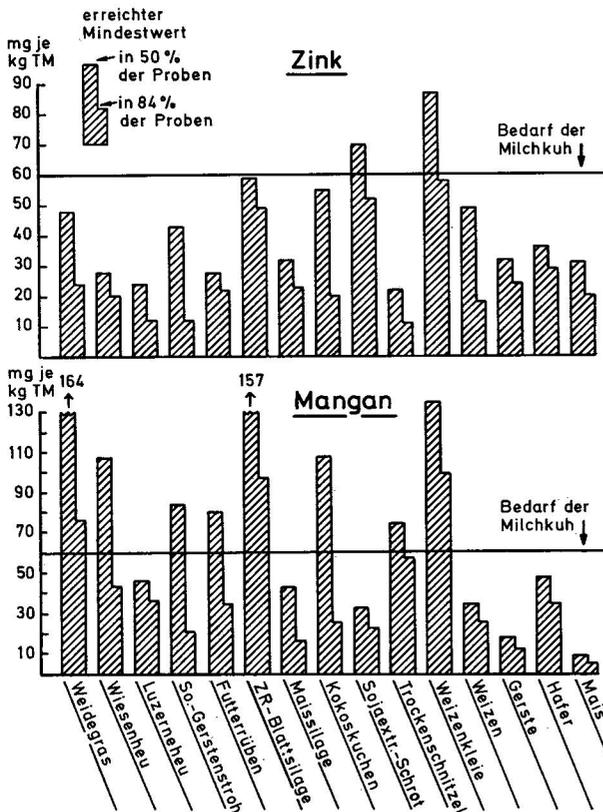


Abb. 1: Vergleich der Zink- und Mangangehalte verschiedener Futtermittel mit dem Bedarf der Milchkuh

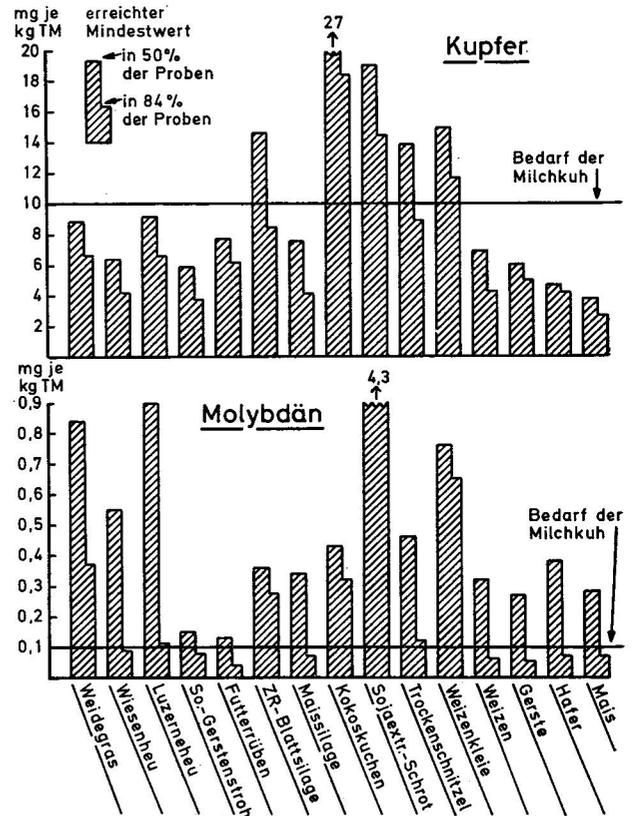


Abb. 2: Vergleich der Kupfer- und Molybdängehalte verschiedener Futtermittel mit dem Bedarf der Milchkuh

für die Hochleistungskuh nicht auszuschließen ist – dürfte in vielseitigen Rationen mit entsprechend hohen Krafftutteranteilen eine ausreichende Versorgung gesichert sein.

Die Jodgehalte lassen vor allem in Heu, Stroh und Getreide zu wünschen übrig (Abb. 3). Eine gute Jodversorgung wird über Kokoskuchen, Sojaextraktionsschrot, Rübenblatt und Weidegras erreicht. Besonders extreme Schwankungen treten im Jodgehalt von Trockenschnitzeln auf.

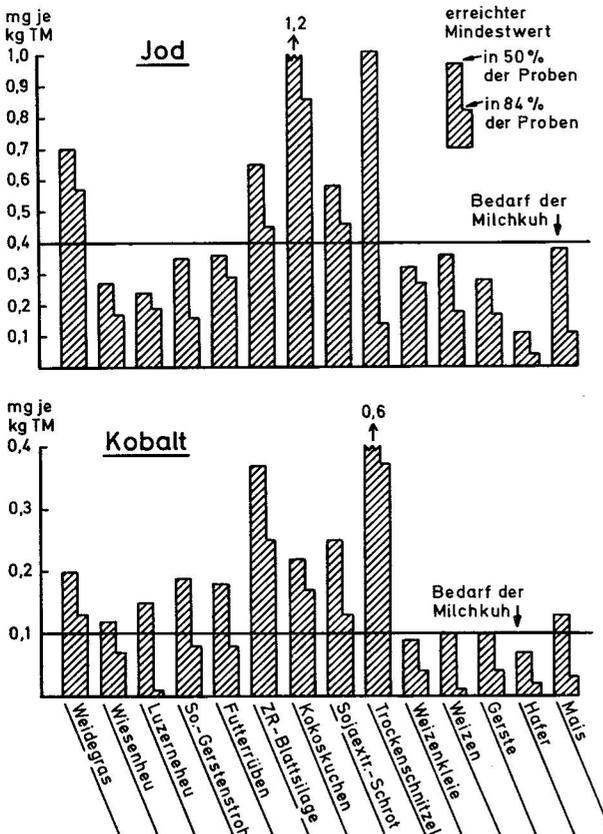


Abb. 3: Vergleich der Jod- und Kobaltgehalte verschiedener Futtermittel mit dem Bedarf der Milchkuh

Unzureichende Kobaltgehalte finden sich in einem großen Teil der Heu- und Getreideproben. Hervorragende Co-Quellen stellen Trockenschnitzel, Rübenblatt und Ölkuchen dar.

Die Spurenelementgehalte zeigen auch erhebliche regionale Unterschiede. Mehrjährige Untersuchungen in Bayern ergaben, daß Grundfutter im Voralpengebiet häufig niedrigere Mangangehalte, aber etwas höhere Kupfergehalte aufweist als die Tabellen angeben. Auch in den Naturräumen Bayerischer Wald und Jura waren Abweichungen zu verzeichnen. Seit langem ist bekannt, daß die Alpenregion zu den besonders jodarmen Gebieten Europas zählt. In jüngerer Zeit fand LESKOVA (1969), daß der Jodgehalt österreichischer Grundfuttermittel bedeutend geringer war, als die Tabellenwerte vermuten ließen. Durch Jodzulagen an Milchkuhe konnten in diesen Untersuchungen Jodgehalt der Milch und Milchleistung gesteigert werden.

Extreme Situationen des Spurenelementmangels sind in der Praxis deshalb selten, weil durch den Kombinationseffekt einer vielseitigen Ration häufig ein gewisser Ausgleich im Spurenelementgehalt erfolgt. Andererseits könnte ein Teil der häufig bei sehr einseitigen Futterrationen auftretenden vielfältigen Störungen auf eine unausgeglichene Spurenelementversorgung zurückzuführen sein. So ist beispielsweise eine Ration aus Maisilage und Sojaschrot durch einen besonders hohen Manganmangel gekennzeichnet. Gelingt es nicht, alle fehlenden Spurenelemente durch Zusätze zu ergänzen,

so sind sehr einseitige Rationen diesbezüglich immer mit einem höheren Risiko behaftet.

Bei der Hochleistungskuh kommt erschwerend hinzu, daß bei hoher Milchleistung die Trockenmasseaufnahme nicht in entsprechend hohem Maße ansteigt. Die Futteraufnahme ist vor allem im 1. bis 3. Laktationsmonat – in der Laktationsspitze – noch relativ gering. Der Bezug des Spurenelementbedarfes auf die Futtertrockenmasse hat hier offensichtlich erhebliche Nachteile. Während oder kurz nach der höchsten Laktationsleistung soll die Milchkuh außerdem erneut trächtig werden. Mangel-situationen wirken sich in dieser Zeit besonders nachteilig aus. Um so wichtiger ist vor allem in dieser Zeit eine entsprechende Spurenelementergänzung über das Mineralfutter, das nicht nur Bedarfslücken schließen soll, sondern auch einen Sicherheitszusatz darstellt. Für die Praxis kommt dabei prinzipiell nur eine Spurenelementzufuhr über ergänztes Mineral- und Kraftfutter in Frage. Wegen der Gefahr von Unter- und insbesondere Überdosierungen und damit verbundener Toxizität der einzelnen Elemente ist die direkte Zufuhr von Spurenelementverbindungen durch den Tierhalter weder ratsam noch futtermittelrechtlich zulässig.

Nach dem geltenden Futtermittelrecht müssen Mineralfutter für Rinder nach Normtyp je kg mindestens 10 mg Co, 700 mg Cu und 3000 mg Zn enthalten. Bei Zink dürfte in manchen Fällen ein Überschreiten der Normvorschrift empfehlenswert sein. Zusätze von Mangan, Jod, Molybdän und Eisen sind erlaubt, Mindestgehalte

aber nicht vorgeschrieben. Selenzusätze sind in der Bundesrepublik derzeit nur für Geflügel- und Schweinemischfutter zugelassen. Wünschenswert erscheint eine Normtypvorschrift für Mindestzusätze an Mangan im Rindermineralfutter. Für Rationen mit Maissilage und bei Futter von Moorböden ist ein Manganzusatz besonders wichtig.

### **Schlußfolgerung**

Werden pro Kuh und Tag mindestens 100 bis 150 g eines geeigneten Mineralfutters zum Ausgleich des Grundfutters gegeben und darüber hinaus auch die Kraftfuttermittelgaben durch Mineralstoff- und Spurenelementzusätze entsprechend gezielt ergänzt, so kann damit die Spurenelementversorgung der Hochleistungskuh sichergestellt werden.

Wird hingegen – wie in der Praxis leider noch teilweise anzutreffen – Mineralfutter in zu geringem Maße und unregelmäßig verabreicht, so ist auch bei den Spurenelementen die eindeutige Gefahr von Mangel-situationen gegeben. Insbesondere der Bedarf der Hochleistungskuh wird durch die natürlichen Spurenelementgehalte der Futtermittel nur sehr mangelhaft gedeckt. Spurenelementzusätze im Mischfutter verursachen nur minimale Mehrkosten. Ihr Fehlen kann aber große wirtschaftliche Schäden nach sich ziehen. Zusätze an Spurenelementen sind deshalb heute bei der Ernährung der Hochleistungskuh aus ernährungsphysiologischen und wirtschaftlichen Gründen unentbehrlich.