

# Spurenelementversorgung von Milchrindern

Schriftenreihe, Heft 14/2013



# Untersuchungen zur Spurenelement- versorgung von Milchrindern

Olaf Steinhöfel, Brigitte Fröhlich, Jürgen Zentek, Anett Kriesten, Klaus Männer

<b>1</b>	<b>Problemsicht und Zielstellung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Aktueller Wissensstand</b> .....	<b>8</b>
2.1	Konfliktsicht.....	8
2.2	Versorgungsempfehlungen.....	9
2.3	Indikatoren zur Bewertung der Versorgungssituation .....	10
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>12</b>
3.1	Untersuchungen in ausgewählten sächsischen Milchviehbetrieben .....	12
3.2	Analytische Untersuchungsmethoden.....	14
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
4.1	Spurenelementgehalte der Futtrationen (TMR) .....	15
4.1.1	Versorgungsniveau vor Umstellung .....	15
4.1.2	Betriebliche Optimierung der Versorgung .....	17
4.1.2.1	Spurenelementversorgung über die Einzelfuttermittel .....	17
4.1.2.2	Optimierung der betrieblichen Mineralfutterkonzepte.....	24
4.1.2.3	Bewertung des Umstellungserfolgs.....	26
4.1.2.4	Untersuchungen zum Eisengehalt in den TMR-Mischungen .....	34
4.2	Indikatoren der Versorgungssituation der Milchrinder.....	37
4.2.1	Ergebnisse der Blut- und Leberbiopstatuntersuchungen .....	37
<b>5</b>	<b>Zusammenfassende Diskussion</b> .....	<b>43</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>47</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte der Referenzbetriebe .....	14
Abbildung 2:	Bedarfsdeckung der Milchviehrationen in den elf Referenzbetrieben vor der Umstellung (% der Bedarfsempfehlung der GfE) .....	16
Abbildung 3:	Kupfergehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter .....	18
Abbildung 4:	Zinkgehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter .....	18
Abbildung 5:	Mangangehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter .....	19
Abbildung 6:	Selengehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter .....	19
Abbildung 7:	Veränderung der Spurenelementgehalte der Gras- und Maissilagen sowie der TMR-Mischung im Verlauf von 20 Tagen in einem Referenzbetrieb .....	22
Abbildung 8:	Beziehung zwischen den mit „sicheren“ Einzelfutterwerten berechneten und den nachfolgend analysierten Befunden in den TMR-Mischungen der elf Referenzbetriebe .....	22
Abbildung 9:	Höhe der Mineralfuttermenge je Kuh und Jahr und mittlerer Variationskoeffizient der Spurenelementgehalte über eine 20-Tages-Messung .....	25
Abbildung 10:	Bedarfsdeckung der Milchviehrationen in den elf Referenzbetrieben nach der Umstellung (% der Bedarfsempfehlung der GfE) .....	28
Abbildung 11:	Vergleichende Darstellung des Kupfergehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben .....	28
Abbildung 12:	Vergleichende Darstellung des Zinkgehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben .....	29
Abbildung 13:	Vergleichende Darstellung des Mangangehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben .....	29
Abbildung 14:	Vergleichende Darstellung des Selengehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben .....	30
Abbildung 15:	Vergleich der Profile der Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen an 20 aufeinanderfolgenden Messtagen vor (links) und nach (rechts) der Umstellung in den elf Referenzbetrieben .....	31
Abbildung 16:	Veränderung der Tagesprofile des Kupfergehaltes nach Umstellung der Dosierform des Mineralfutters .....	32
Abbildung 17:	Veränderung des Zinkgehaltes der TMR-Mischungen im Trogverlauf nach Ausbringung mit dem Mischwagen .....	34
Abbildung 18:	Gehalt an Eisen in den Böden des Grünlandes der elf Referenzbetriebe .....	35
Abbildung 19:	Vergleichende Darstellung des Eisengehaltes der TMR-Mischungen vor und nach der Umstellung .....	35
Abbildung 20:	Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Kupfergehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung .....	39
Abbildung 21:	Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Kupfergehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) (ohne Betrieb 6) nach der Umstellung .....	39
Abbildung 22:	Zusammenhang zwischen dem Zinkgehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Zinkgehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung .....	40
Abbildung 23:	Zusammenhang zwischen dem Zinkgehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Zinkgehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung .....	40
Abbildung 24:	Zusammenhang zwischen dem Mangangehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Mangangehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung .....	40
Abbildung 25:	Zusammenhang zwischen dem Mangangehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Mangangehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung .....	41
Abbildung 26:	Zusammenhang zwischen dem Selengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Selengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung .....	41
Abbildung 27:	Zusammenhang zwischen dem Selengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Selengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung .....	42

Abbildung 28: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Eisengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung .....	42
Abbildung 29: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Eisengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung.....	42
Abbildung 30: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt der Leber (mg/kg) und den Gehalten an Kupfer, Zink, Mangan (mg/kg) und Selen ( $\mu\text{g/kg}$ ) in der Leber der Milchkühe.....	43
Abbildung 31: Übersicht über die erreichten prozentualen Veränderungen der Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben.....	45

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bedarfsempfehlungen der GfE und gesetzliche Höchstwerte .....	9
Tabelle 2:	„Sichere“ Tabellenwerte von Spurenelementen in Einzelfuttermitteln für die Rationsberechnung .....	20
Tabelle 3:	Spurenelementgehalte der Gras- und Maissilagen in den elf Referenzbetrieben (n = 33) .....	21
Tabelle 4:	Spurenelementgehalt im Tränkwasser (mg/l) .....	24
Tabelle 5:	Umstellung der eingesetzten Mineralfuttermittel in den Referenzbetrieben .....	25
Tabelle 6:	Vergleich deklarerter und analysierter Gehalte im Mineralfutter (in mg/kg TM) .....	26
Tabelle 7:	Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung .....	27
Tabelle 8:	Spurenelementgehalte im Trogverlauf nach Ausbringung mit dem TMR-Mischwagen .....	33
Tabelle 9:	Untersuchungen zur Löslichkeit des Eisens in Siliergut und Silagen .....	36
Tabelle 10:	Spurenelementgehalte im Blutplasma vor und nach Umstellung .....	37
Tabelle 11:	Spurenelementgehalte in Leberbiopsaten vor und nach Umstellung .....	38
Tabelle 12:	Ergebnisübersicht.....	44

# 1 Problemsicht und Zielstellung

Der Wissenschaftliche Ausschuss „Futtermittel“ der EU kommt im Februar und März 2003 zu dem Schluss, dass die zugelassenen Höchstgehalte an einer Reihe von Spurenelementen höher als notwendig sind. Er empfiehlt eine Senkung der Gehalte wichtiger Spurenelemente und eine deutliche Annäherung an den physiologischen Bedarf der Tiere. Dies wurde mit der VO (EG) Nr. 1334/2003 umgesetzt. Die Motivation für diese Grenzwertsenkung war in erster Linie, die steigende Fracht an Spurenelementen, welche über die Wirtschaftsdünger in die Böden verlagert wird, zu reduzieren. Dass dies begründet ist, konnte in einer Studie auch in sächsischen Futterbaubetrieben nachgewiesen werden, in denen über zwei Jahre die gesamtbetrieblichen Kreisläufe von Mn, Zn, Cu und Se quantifiziert und bewertet wurden (STEINHÖFEL, O. [2007]: Betriebliche Spurenelementkreisläufe, Schriftenreihe der LfL Heft 5/2007). Es konnte ein deutliches Überschusssaldo für Mangan, Zink, Kupfer und Selen nachgewiesen werden. Die jährlichen Frachten lagen zwischen 150-750 g Zink, 180-330 g Mangan, 20-120 g Kupfer und 1-3,2 g Selen je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr. In der Gülle wurden Gehalte bis 600 mg Zink bzw. 400 mg Kupfer je kg Trockenmasse gefunden. Die Ackerböden der Betriebe waren alle in der Versorgungsstufe E (sehr hoch).

Ursächlich ist dies zweifellos auf die Überversorgung der Nutztiere über das Mineralfutter zurückzuführen. Durch die Auswertungen des Sächsischen Futterqualitätsprogramms der letzten Jahre muss dies nachdrücklich bestätigt werden. Sowohl in den untersuchten sächsischen TMR-Mischungen für Milchrinder als auch in den Alleinfuttermitteln für Schweine wurde ein mittlerer Gehalt von Kupfer, Zink, Mangan und Selen ermittelt, der 2,5- bis 3,0-fach über der Versorgungsempfehlung der GfE (1987, 1999, 2001) liegt, verwendet. Der Eisengehalt ist mehr als das 10-Fache höher als der formulierte Bedarf. Weil der überwiegende Teil (i. R. > 95 %) vom Tier wieder ausgeschieden wird, entsteht zwar keine unmittelbare Gefahr für den Verbraucher tierischer Lebensmittel, aber die Spurenelemente, überwiegend importierte Rohstoffe, akkumulieren in den Böden.

Die unbekannteren und schwer bilanzierbaren Imbalancen bzw. Antagonismen, welche durch die Bilanzierung an sich, Verschmutzungen durch Erde oder auch durch den Abrieb von Bedarfsgegenständen begründet sein können, provozieren ein unkontrolliertes Sicherheitsdenken.

Aus gegebener Problemsicht ergab sich die Notwendigkeit, am Beispiel von ausgewählten Betrieben, den Spurenelementinput in Futterrationen insbesondere für hochleistende Milchkühe schrittweise in Richtung Versorgungsempfehlung zu senken und dabei folgenden Fragen nachzugehen:

1. Was sind die Hauptursachen für die Spurenelementüberversorgung in der aktuellen sächsischen Fütterungspraxis und wie kann schrittweise das Versorgungsniveau in die Nähe wissenschaftlicher Empfehlungen abgesenkt werden?
2. Welchen Beitrag leisten Einzelfuttermittel zur Spurenelementversorgung der Nutztiere?

## 2 Aktueller Wissensstand

Hier sollen nur in Bezug auf die Problemsicht ausgewählte Quellen reflektiert werden. Auf eine detaillierte Übersicht zu Bedarf, Wirkungsweise, Mangelsymptomen, Toxizität oder Bedeutung der Spurenelemente soll in diesem Bericht verzichtet werden. Hier wird auf einschlägige Literatur und Lehrbücher verwiesen. Den Autoren liegt eine aktuelle Literatursammlung vor.

### 2.1 Konfliktsicht

Das Umweltbundesamt (UBA) veranlasste während der Zeit der Diskussion innerhalb der EU zur Herabsetzung der Höchstwerte für Spurenelemente für Futtermittel und Futterzusatzstoffe bzw. in Vorbereitung der Herabsetzung in der VO (EG) Nr. 1334/2003, die Schwermetallströme in 20 deutschen Tierproduktionsbetrieben zu erfassen und Möglichkeiten zur Minderung der Einträge zu entwickeln. Die Untersuchungen, welche von verschiedenen Autoren publiziert wurden, belegten eindeutig, dass eine effektive Verminderung der Spuren- bzw. Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern nur über eine Reduktion der Mineralstoffsupplementierung zu erreichen sein wird. Dies scheint, wenn man der amtlichen Statistik glaubt, noch nicht auf Gehör zu stoßen. Mit 490.812 Tonnen Mineralfuttererzeugung im Wirtschaftsjahr 2009/2010 wird ein neuer Spitzenwert beim Mengenabsatz erzielt, der 3,8 Prozent über dem Vorjahreswert liegt (DVT-Jahresbericht 2009/2010). In Milchviehbetrieben stammten bis 52 % des Kupfers und 20 % des Zinks aus dem supplementierten Mineralfutter (UIHLEIN 2001).

Die in der Schweinehaltung ermittelten Gehalte an Kupfer und Zink in den Rationen orientierten sich mehr an den gesetzlich zugelassenen Höchstwerten als an empfohlenen Bedarfswerten der Tiere (KÜHNEN et al. 2002). In der Geflügelhaltung lagen ohne erkennbaren Grund die Gehalte etwa um den Faktor 2 bis 4 über dem physiologischen Bedarf (FRÜCHTENICHT 2002). Dies bestätigte auch RICHTER (2002) aus Sicht der Beratung in der Geflügelfütterung und merkt an, dass die Versorgungsempfehlungen der GfE einen ausreichend hohen Sicherheitszuschlag enthalten. Eine höhere Spurenelementkonzentration im Futter als die alimentären Versorgungsempfehlungen hält er für nicht erforderlich. Die mögliche Reduzierung von Zink- und Kupferzusätzen im Geflügelfutter belegt RICHTER et al. (2001) in zwei Versuchen mit Legehennen. Trotz deutlich reduzierter Konzentrationen an Futterzusätzen, blieben Parameter der Leistungen und Gesundheit sowie inneren und äußeren Kriterien der Eiqualität unbeeinflusst.

SCHUMACHER (2002) wies nach, dass auch der ökologische Landbau von der Problemsicht nicht ausgeschlossen ist. In der Ökolandbau-Verordnung (EG) 2092/91 heißt es zwar, dass Spurenelemente gemäß den Bedarfsempfehlung der jeweiligen Nutztierkategorie eingesetzt werden können, jedoch nicht in Mengen, die über den tatsächlichen Bedarf hinaus gehen. Weil Daten zu nativ enthaltenen Spurenelementen in ökologisch erzeugten Futtermitteln kaum vorliegen, wird auch hier oft überversorgt. Er empfiehlt als Minderungsstrategie, überhöhte Sicherheitszuschläge bei den Versorgungsempfehlungen der GfE und bei Einsatzempfehlungen der Mineralfutterhersteller abzubauen.

SCHULTHEISS et al. (2002), FRÜCHTENICHT (2002) und KÜHNEN et al. (2002) resümieren, dass zur Reduzierung der Schwermetalleinträge in Wirtschaftsdüngern der Fütterung eine große Bedeutung zukommt und stellen fest, dass wirtschaftseigene Futtermittel trotz ihrer geringen Spurenelementgehalte aufgrund ihrer großen Einsatzmasse für Milchviehbetriebe den Haupteintragspfad für Schwermetalle in Wirtschaftsdünger darstellen. Daraus ergibt sich immer mehr die Notwendigkeit des Aufbaus einer allgemein verfügbaren Datenbank für Spurenelemente in Futtermitteln.



## 2.2 Versorgungsempfehlungen

Unter dem Begriff „Bedarf“ wird in der Tierernährung jene Menge an einem Nähr- oder Wirkstoff verstanden, die für ein Tier unter definierten Bedingungen zur Erzielung bester Gesundheit und optimaler Leistung erforderlich ist. Die experimentelle Ableitung des Bedarfs erfolgte bei den Spurenelementen überwiegend aus Dosis-Wirkungsbeziehungen mit verschiedenen, möglichst sensitiven Kriterien. Zum Teil werden Bilanzstudien, z. B. bei wachsenden oder laktierenden Tieren, berücksichtigt. Eine faktorielle Bedarfsableitung, wie sie für Energie, Protein bzw. Mengenelemente üblich ist, ist für Spurenelemente aufgrund mangelnder bzw. widersprüchlicher Datenlage aktuell nicht gegeben. Auch deshalb wird der Bedarf als Konzentrationsangabe in der Rationstrockenmasse und nicht quantitativ formuliert.

Im Allgemeinen wird unter Bedarf der Bruttobedarf verstanden, der elementar über das Futter zuzuführen ist. Über den Nettobedarf, d. h. die absorbierbare bzw. intermediär erforderliche Größe, herrscht bei den Spurenelementen noch viel Unklarheit. Die extremen Schwankungen bei der Absorptionsrate stellen hier ein besonderes Problem dar. Aufbauend auf die Bruttobedarfsangaben wird für die Fütterungspraxis unter Einbeziehung eines Sicherheitszuschlages, u. a. zur Berücksichtigung tierindividueller Schwankungen und Unwägbarkeiten der praktischen Bedingungen, eine Versorgungsempfehlung abgeleitet. Der Unterschied zwischen Bruttobedarf und Versorgungsempfehlung wird in Wissenschaft und Praxis nur unzureichend beachtet (PALLAUF 2003). In Tabelle 1 sind die aktuellen Versorgungsempfehlungen der GfE für Milchrinder und die gesetzlichen Höchstwerte der Spurenelemente in Milchkuhrationen dargestellt. Durch die Sicherheitszuschläge und die Tatsache, dass mit steigender Leistung die Futteraufnahme steigt, wird auch die Versorgung von hochleistenden Tieren als sicher gesehen.

**Tabelle 1: Bedarfsempfehlungen der GfE und gesetzliche Höchstwerte**

Spurenelement	GfE-Bedarfsempfehlung mg/kg TM	VO (EG) 1334/2003 mg/kg (88 % TM)
Zink	50	150
Kupfer	10	35
Mangan	50	150
Selen	0,2	0,5

Hohe Dosierungen aller Spurenelemente können bei Mensch und Tier zu toxischen Erscheinungen führen. Die am Tier beobachteten Toxizitätserscheinungen sind vielschichtig. Sie basieren entweder auf der direkt toxischen Wirkung des Elementes oder auf der antagonistischen Wirkung des Überschusselementes zu anderen Elementen. Das antagonistische Prinzip kann zum Mangel an einem anderen Element führen, sodass manche Toxizitätserscheinungen mit Mangelsymptomen zu vergleichen sind (FLACHOWSKY 2002). Der Bereich zwischen Bedarfsdeckung und toxischen Erscheinungen variiert bei den verschiedenen Elementen und Tierarten erheblich. Während beim Selen beispielsweise die 10-fache Bedarfsmenge zu Störungen führen kann, liegt dieser Wert beim Zink beim 20- bis 40-Fachen. Beim Kupfer kann bei Schaf bzw. Rind die etwa 3- bis 12-fache Bedarfsmenge Störungen auslösen, beim Schwein wirkt dagegen die etwa 30-fache Bedarfsmenge leistungssteigernd (ergotroper Effekt).

Die Argumentation einer falschen Versorgungsempfehlung provoziert ein sicherheitsbedingtes Vorhalten mit Mikronährstoffen. Es ist aktuell sowohl umwelt- als auch tierernährungsseitig kontraproduktiv, an den Empfehlungen zu zweifeln und mit Spurenelementen konsequent vorzuhalten. Im Unterschied zu den Hauptnährstoffen ist der Anteil an Spurenelementen, welcher im Organismus retiniert wird, sehr gering. Selbst bei Einhaltung der aktuellen Bedarfsempfehlungen werden zum Beispiel bei Milchrindern fast 95 % des Kupfers und Zinks wieder ausgeschie-

den. Eine Versorgung über den Bedarf verschlechtert die Gesamtverwertung und steigert zwangsläufig die Ausscheidungsmenge. Die Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente (Tabelle 1) sind Richtwerte. Für eine faktorielle Ableitung von Bedarfsgrößen, wie dies z. B. für die Mengenelemente praktiziert wird, fehlt die Datenbasis. Die Empfehlungen enthalten aber großzügige Sicherheitszuschläge von zum Teil über 100 %. Aufgrund des komfortablen Sicherheitszuschlages kann davon ausgegangen werden, dass die empfohlenen Bedarfsangaben ausreichende Sicherheit für die Versorgung der Nutztiere bieten. Durch die Fähigkeit der Kühe, die Mineralstoffabsorption homöostatisch zu regulieren, wird ein Überschuss an Zink, Kupfer und Mangan in der Futtermischung durch gezielte Drosselung der Absorption abgefangen. Der Überschuss gelangt nicht in den Körper. Er wird ausgeschieden und über die Wirtschaftsdünger wieder ausgebracht. Erst bei extrem hohen Gaben sind ergotrope und später toxische Reaktionen beim landwirtschaftlichen Nutztier zu erwarten. Diese Gaben verbieten sich aber bereits jetzt, weil sie sich außerhalb des futtermittelrechtlichen Bereiches bewegen müssten.

Dem empirischen Argument, dass mit steigender Leistung die Anforderungen an die quantitative Bereitstellung von Spurenelementen wachsen müssen, kann entgegnet werden, dass die Kühe auch mehr fressen. Weil die aktuelle Versorgungsempfehlung von Konzentrationen in der Futtermischung ausgeht, steigt mit steigender Futteraufnahme zwangsweise auch die Spurenelementaufnahme. Nimmt eine Kuh bei 10 kg Milch und 10 mg Kupfer je kg Trockenmasse ca. 120 mg Kupfer auf, dann nimmt eine Kuh bei gleichem Kupfergehalt der Ration, aber 40 kg Milchleistung, ca. 220 mg Kupfer zu sich. Bei einer Ausscheidung mit der Milch von im Mittel 150 µg Kupfer je Liter würden nur 1,2 bzw. 2,7 % des aufgenommenen Kupfers mit der Milch ausgeschieden. Es sollte somit genügend Kupfer für weitere Funktionen verfügbar sein.

Eisen ist ein essentielles Spurenelement, welches als Co-Faktor in zahlreichen Enzymen und Proteinen (Cytochrome und Hämoglobin) wichtige Funktionen inne hat (MCDOWELL 2003; NRC 2005). Wiederkäuerrationen enthalten traditionell viel Eisen, weil Schmutzbeimengungen insbesondere in Silagen nur graduell nicht prinzipiell vermeidbar sind. Die meisten Tierarten besitzen eine große Toleranz gegenüber hohen Eisenbelastungen. Symptome einer chronischen Eisenintoxikation sind insbesondere eine reduzierte Futteraufnahme, verminderte Wachstumsraten und schlechtere Futtermittelverwertung. Hohe Dosen an Eisen werden vorwiegend in den Organen Leber, Milz und Knochenmark eingelagert (COLEMAN et al. 1992; VAN RAVENSWAAY et al. 2001).

Hohe Eisenbelastungen insbesondere von Grassilagen können aber beim Rind dazu führen, dass die Absorption anderer essentieller Spurenelemente (z. B. Kupfer, Zink, Mangan) nachteilig beeinflusst wird und Krankheitsercheinungen, wie sie bei einem Mangel dieser Spurenelemente auftreten, klinisch zu beobachten sind. So können z. B. marginale Kupferversorgungslagen entstehen, wenn das Fe-/Cu-Verhältnis in der Futtermischung Werte von 50 bis 100 übersteigt (UNDERWOOD & SUTTLE 1999).

## 2.3 Indikatoren zur Bewertung der Versorgungssituation

Zur Optimierung von Futtermischungen und zur Vermeidung von Mangel- und Überschusssituationen für Spurenelemente ist einerseits eine Bewertung über Futtermischungen bzw. Einzelfuttermittel und andererseits über den Fütterungserfolg notwendig. Während die laboranalytische Untersuchung von Rationen und Futtermitteln bzw. für Einzelfuttermittel auch die Nutzung repräsentativer Tabellenwerte immer die Grundlage für die Rationsoptimierung sein sollte, sind die bisher diskutierten und genutzten Indikatoren zum Fütterungserfolg am Tier oft sehr widersprüchlich und umstritten. Wesentliche Ursachen dafür sind, dass Spurenelemente im Tier kaum akkumuliert und homöostatisch reguliert werden sowie in verschiedenen üblichen Matrices wie Blut, Harn, Kot, Milch, Haaren oder Organ- bzw. Gewebsbiopaten inhomogen verteilt sind.

In der Medizin hat sich routinemäßig die Blutuntersuchung zur Bewertung des Gesundheits- und Ernährungsstatus durchgesetzt. Dabei werden die ermittelten Blutparameter mit Referenzwerten verglichen und letztlich beurteilt, ob der Mensch oder das Tier gesund oder krank bzw. gut oder schlecht versorgt ist. Letztlich liegt es im Ermessen des jeweiligen Arztes, die Werte zu beurteilen und ggf. Maßnahmen zur Abhilfe einzuleiten. Eine Wertung der Versorgungssituation ohne Einbeziehung der Ration und Fütterungspraxis ist dabei aber in jedem Fall abzulehnen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Fütterung als Ursache für Mangel bzw. Überschuss postuliert wird und letztlich über die Zulage von Mineralfutter, die Gabe von Medikamenten bzw. Boli zu entscheiden ist.

Die Angaben zu Referenzwerten in der Literatur sind sowohl quantitativ als auch qualitativ sehr inhomogen. Dies erschwert eine Einschätzung von grenzwertigen Ergebnissen. Quellenangaben liegen hier selten vor (ÖHLSCHLÄGER 2006). Für die Ermittlung von Referenzwerten fordert KRAFT (1991) bestimmte Regeln. Dazu zählt u. a. eine genaue Beschreibung der Fütterung und ein möglichst einheitlicher Ernährungsstatus der Probanden. Er bezeichnete Referenzwerte nur als Vergleichsgröße und LUMSDEN (1998) grenzt sie als ein „Glied in der Informationskette“ ein. Auch STAUFENBIEL et al. (2004) wiesen darauf hin, dass Referenzgrenzen lediglich als Orientierungshilfen sind und Laborbefunde immer einer fachlich fundierten Interpretation bedürfen, die über den einfachen Vergleich mit den Referenzwerten weit hinausgeht. Weitere Autoren wie z. B. ROWALDS (1980), PLONAIT (1980), KITCHEN (1979), STÄMPFLI & ITTIG (1982), BERRY (2005), PARKER & BLOWEY (1974) verweisen auf unzählige Einflussfaktoren auf die gemessene Konzentration einer Blutprobe, welche die unterstellte Aussagekraft z. T. erheblich schmälern.

Hinsichtlich der Eignung zur Beurteilung der Spurenelementversorgung gaben PIATKOWSKI et al. (1990) sowie WINDISCH und KIRCHGESSNER (1995) an, dass aufgrund der ausgezeichneten Selbstregulation aus dem Zinkgehalt im Plasma kein Hinweis auf die Versorgungslage abgeleitet werden kann. SPOLDERS et al. (2008) stellten in einem Fütterungsversuch fest, dass die Cu-Konzentration im Serum bei ausreichender Kupfer- und Zinkversorgung unabhängig vom Cu- bzw. Zn-Gehalt im Futter war. Die Untersuchung des Serums auf Kupfer und Zink kann hier die Versorgung der Tiere nicht oder nur unzureichend widerspiegeln. Untersuchungen von XIN et al. (1993) zeigten ähnliche Ergebnisse. Sie ermittelten nach Fütterung von drei unterschiedlich hohen Kupfersulfatzulagen (5, 10 und 20 mg/kg TM) über 16 Wochen keinen Einfluss auf die Kupferkonzentration im Plasma. Auch ENGLE et al. (2001) stellten ähnliche Ergebnisse vor. Es zeigten sich in ihren Untersuchungen keine Unterschiede in der Kupferkonzentration im Serum (15,0; 16,8 und 16,5 µmol/l) bei variierender Kupferzulage (0, 10 und 40 mg/kg TM). Auch hier war keine Abhängigkeit der Serumkonzentration von der Kupferzulage festzustellen. DU et al. (1996) beobachteten, dass unterschiedliche Kupferzulagen keinen Einfluss auf die Cu-Konzentration im Plasma der Kühe hatten. Sie stellten Kupferkonzentrationen im Plasma von 12,7 bzw. 13,1 µmol/l bei einer Zulage von 5 bzw. 80 mg Cu/kg TM über 60 Tage fest. In Untersuchungen von CHASE et al. (2000) lagen die Plasmakonzentrationen mit 9,1 bzw. 9,3 µmol/l sowohl bei einer Zulage von 15 mg Cu/kg TM als auch bei einer Zulage von 30 mg/kg TM über 83 Tage unterhalb der unteren Grenze des Referenzbereiches (12 µmol/L, TiHo Hannover) und zeigten ebenfalls keine Abhängigkeit vom Cu-Gehalt im Futter.

Nach TELFER et al. (1996) können die Blut- und Leberanalysen fehlerhafte Werte anzeigen, falls erhebliche Konzentrationen an Thiomolybdat resorbiert wurden und somit ein großer Teil des metabolischen Kupferpools nicht biologisch verfügbar, sondern im Kupferthiomolybdat-Komplex gebunden ist (MACKENZIE et al. 1996). In diesem Fall ist eine Bestimmung der Aktivität der kupferabhängigen Enzyme Caeruloplasmin, Cytochrom C Oxidase und Superoxiddismutase vorzuziehen (MILLS & DAVIS 1987; TELFER et al. 1996). SCHWARZ et al. (2008) beschäftigte sich in zwei Versuchsreihen mit Fragen, inwieweit die Cu-, Zn- und Se-Gehalte im Plasma frischlaktierender Milchkühe bei gleichmäßig hoher nutritiver Zufuhr bzw. die Zn- und Se-Gehalte auf kurzzeitige Veränderung der Zufuhr reagieren. Es wurden Konzentrationen je kg TM von 223 mg Zink, 27 mg Kupfer bzw. 0,56 mg Selen erreicht. Die ermittelten Plasmagehalte lagen weitgehend in einem Bereich, der auch bei bedarfsorientierter Versorgung von KIRCHGESSNER & SCHWARZ (1975), SCHWARZ & KIRCHGESSNER (1978), GIERUS et al. (2002) und SPOLDERS et al.

(2007) gefunden wurde. Trotz gleichmäßig hoher Versorgung schwankten dabei die Konzentrationen im Plasma der Einzelkühe erheblich, beispielsweise im Mittel des Versuchs von 0,66 bis 1,17 µg Zink/ml, von 0,91 bis 1,30 µg Kupfer/ml und von 25,4 bis 97,5 ng Selen/ml. Eine kurzzeitig verminderte Zinkzufuhr erniedrigte die Plasma-Zn-Gehalte nicht. Demgegenüber erniedrigten sich die Se-Gehalte im Plasma bei deutlich verringerter Se-Versorgung nachweislich. Blutuntersuchungen sind nur zum Teil geeignet, den Spurenelementstatus korrekt zu reflektieren. Die Konzentrationen werden in weiten Bereichen konstant gehalten.

Nur extreme Über- bzw. Unterversorgung führen zu klaren Veränderungen der Blutwerte. Leberuntersuchungen sind im Rahmen der Diagnostik besser geeignet als Blutwerte, den Spurenelementstatus korrekt zu reflektieren. Unklar sind aber auch bei dieser Art Untersuchung die Zeiteffekte, die Wechselwirkungen der Spurenelemente untereinander und methodische Aspekte (Probenlokalisierung, Fettgehalt). SPOLDERS et al. (2008) verglich eine Gruppe Milchrinder, welche Kupfer- und Zinkgehalte in der Ration nach den Empfehlungen der GfE (2001) mit einer Gruppe, die die doppelte Menge der Versorgungsempfehlungen an Kupfer und Zink erhielten. In der Gruppe mit der höheren Kupferzufuhr waren die Kupferkonzentrationen in der Leber signifikant höher (506 mg/kg T im Vergleich zu 383 mg/kg T). Eine Erhöhung der Zinkzulage im Futter führte zu keiner signifikanten Erhöhung in der Leber (140 für Gruppe B und 112 mg/kg T für Gruppe A). Für Kupfer besteht eine signifikante Korrelation zwischen der Cu-Aufnahme und der Cu-Konzentration in der Leber ( $r = 0,46$ ), während für Zink nur eine tendenzielle Korrelation zwischen der Zn-Aufnahme und der Zn-Konzentration in der Leber bestand ( $r = 0,23$ ). In beiden Gruppen lagen die Spurenelementkonzentrationen allerdings deutlich oberhalb der physiologischen Normalbereiche (Cu 35-150 mg/kg T, Zn (40-100 mg/kg T) nach ANKE & RISCH (1979), was für eine ausreichende Spurenelementversorgung in beiden Gruppen spricht.

Die zur Verfügung stehenden diagnostischen Parameter wie Elementkonzentrationen in Blut oder anderen Körperflüssigkeiten sind häufig von begrenzter Aussagefähigkeit (SCHENKEL 2002). Die Bewertung der Spurenelementversorgung wird durch eine Vielzahl in der Literatur herangezogenen Indikatoren erschwert. Dabei wird nicht nur die Eignung dieser Indikatoren kontrovers diskutiert, sondern es werden auch unterschiedliche Referenzbereiche meist ohne Angabe der zugrundeliegenden Bestimmungsmethode verwendet.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Untersuchungen in ausgewählten sächsischen Milchviehbetrieben

Ziel der Untersuchungen in sächsischen Milchviehbetrieben war es, einerseits die aktuelle Versorgungssituation sächsischer Milchrinder mit den Spurenelementen Kupfer, Zink, Mangan und Selen zu analysieren und zu bewerten und andererseits, unter Berücksichtigung betriebs- und standortspezifischer Einflüsse das Versorgungsniveau in Richtung Bedarfsempfehlung zu korrigieren. Ziel war keineswegs eine Spurenelementgabe unter der aktuellen Versorgungsempfehlung. Es sollte der praktische Beweis erbracht werden, dass eine Reduzierung der aktuellen Versorgung mit den genannten Spurenelementen in den Betrieben ohne negative Auswirkungen auf Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit zu haben, möglich sind. Gleichzeitig sollten die wesentlichen Gründe für das aktuelle Verhalten mit Spurenelementen in der Fütterungspraxis hinterfragt und verallgemeinerungswürdige Lösungsansätze erarbeitet werden.

Mit Unterstützung der EZG Milch „Milchquelle“ w. V. in der Interessengemeinschaft der Erzeugerzusammenschlüsse in Sachsen e.V. (IGE) wurden elf sächsische Milchviehbetriebe, acht mit großen Tierbestand und vergleichbarer Ausstattung (930 bis 1.400 Kühe) und drei mit mittlerem Kuhbestand (200 bis 490) ausgewählt. Die Auswertung in vorliegendem Bericht erfolgt anonymisiert. Die Abbildung 1 soll nur einen Überblick über die Verteilung der Betriebe in Sachsen und ausgewählte Betriebs- bzw. Leistungsdaten geben.

Die Untersuchungen in den Betrieben erfolgten drei Stufen:

### **1. Untersuchung des Ausgangsniveaus**

Es wurden in den elf Betrieben Proben sämtlicher Einzel-, Misch- und Mineralfutter und über einem 20-tägigen Zeitraum die TMR-Mischungen für die Hochleistungsgruppe während des 100. bis 200. Laktationstages beprobt. Das mittlere Leistungsniveau dieser Herden lag bei 36 kg FCM je Kuh und Tag. Die TMR-Proben wurden repräsentativ täglich über 20 Tage im selben Trogabschnitt gezogen. Anschließend wurden die 20 TMR-Sammelproben und die repräsentativ gezogenen Einzel-, Misch- und Mineralfutterproben bei -18 °C tiefgefroren und später in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) untersucht.

Die Blut- und Leberproben wurden im Rahmen der diagnostischen Herdenbetreuung durch die jeweiligen bestandsbetreuenden Tierärzte nach Abschluss der 20-tägigen TMR-Probenahme gezogen. Ausgewählt wurden zehn repräsentative Tiere der Fütterungsgruppe. Die Untersuchung der Proben erfolgte in der FU Berlin. Für die Blutproben kamen Metall-Analytik S-Monovetten der Firma Sarstedt zur Anwendung. Dadurch sollte verhindert werden, dass es zu Verschiebungen der Mineralstoffe zwischen zellulären und Plasmaanteilen kommt. 10 ml Blut wurden in Röhrchen, die Lithium Heparin enthielten, gesammelt. Das Blut wurde aus der Vena jugularis entnommen, anschließend zentrifugiert. Untersucht wurde im Plasma.

Zum gleichen Zeitpunkt der Blutentnahme erfolgte von denselben zehn Kühen die Leberbiopsiatgewinnung. Zur einheitlichen Durchführung der Leberbiopsien (Entnahme kleiner Lebergewebsproben) beim Rind wurden die bestandsbetreuenden Tierärzte der elf Referenzbetriebe im Rahmen eines Seminars geschult. Bei der Entnahme unter Praxisbedingungen hat sich die blinde Entnahme mittels Biopsiekanüle (Dispomed Biopsie-Kanüle) mit einem Durchmesser von 2,1 mm und einer Länge von 152 mm bewährt. Nach Fixierung des Rindes wird die Punktionsstelle ca. 30 cm rechts seitlich der Rückenlinie innerhalb der Leberdämpfung (11.-12. ICR) rasiert. Nach der Reinigung und Desinfektion erfolgt eine Lokalanästhesie mit ca. 3 ml Isocain. Im Anschluss wird mit einem Skalpell ein ca. 5 mm langer und 5 mm tiefer Hautschnitt angelegt. Über diese Öffnung wird nun die Biopsienadel mit verdeckter Harpune bis zur Leberkapsel vorgeschoben und unter leichtem Stoß ca. 2-3 cm durchdrungen. Im Anschluss wird die Kanüle zurückgezogen, damit Gewebe in die Aussparung der Harpune eintreten kann und gleich wieder vorgeschoben zum Abtrennen der Gewebeprobe, die sich jetzt sicher in der Biopsiekanüle befindet. Nach dem Entnehmen der Biopsienadel ist keine weitere Behandlung des Punktionsfeldes nötig (KREHER 2008). Die erforderliche Probenmenge sollte mindestens 200 mg betragen, das Material wurde in Eppendorf-Röhrchen luftdicht verschlossen eingefroren. Zur Beurteilung des Eintrages von Spurenelementen über das Tränkwasser wurden in jedem Betrieb zwei Wasserproben gezogen.

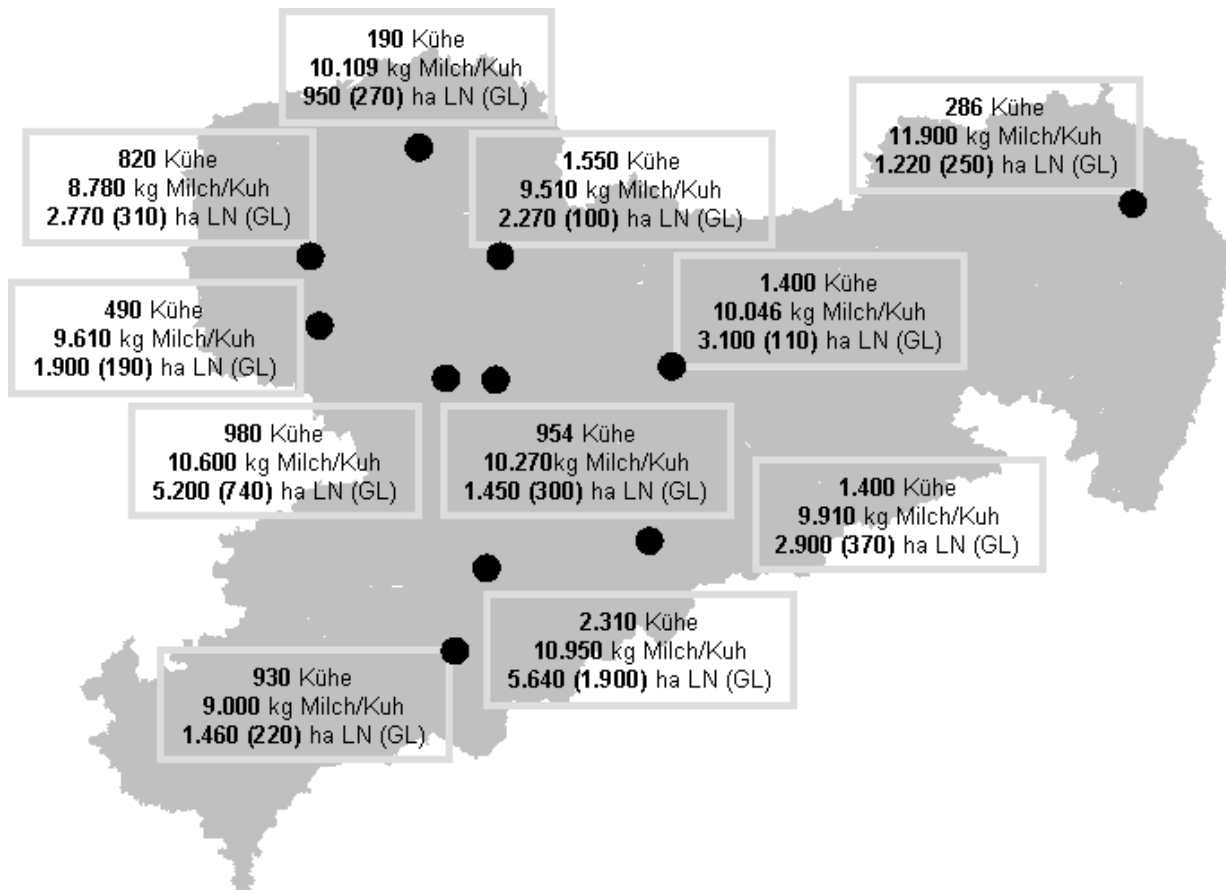


Abbildung 1: Übersichtskarte der Referenzbetriebe

## 2. Optimierung des Versorgungsniveaus

Mit Hilfe der Befunde des Ausgangsniveaus wurden, gemeinsam mit Betriebsleitern und den jeweiligen Vertretern der Mineralfutterindustrie, die quantitative und qualitative Anpassung der betriebsspezifischen Mineralfuttersupplementierung verhandelt. Über die analysierten Gehalte an Spurenelementen in Einzel- und Mischfuttermitteln wurde der genaue Fehlbedarf, welcher über die Mineralfutterzulage auszugleichen war, ermittelt und eine optimierte Mineralfutterzusammensetzung bei 150 bzw. 200 g täglicher Zulage vorgeschlagen. Ziel war es, die Versorgung von Kupfer, Zink, Mangan und Selen (GfE 2001) maximal auf 150 % der Empfehlung zu reduzieren.

## 3. Untersuchung des Niveaus nach Umstellung

Nach erfolgter Umstellung der Ration in den Betrieben wurde eine mindestens achtwöchige Adaptionszeit eingehalten. Anschließend wurde analog Stufe 1 vorgegangen.

# 3.2 Analytische Untersuchungsmethoden

### Futtermittel und Tränkwasser

Die Analytik des Eisen-, Kupfer-, Zink- und Mangangehaltes in der TMR bzw. im Einzelfutter wurden nach der VDLUFA Vorschrift VO (EG) 152/2009 Anhang IV, C durchgeführt. Der Selengehalt wurde nach Methodenbuch VII VDLUFA 2.2.5 (ICP-MS) bestimmt. Die Spurenelementgehalte in den TMR wurden mit der Röntgenfluoreszenzmethode bestimmt. Weil die TMR auch zugesetzte Mineralstoffe enthalten, wurde im BfUL (LUFA Sachsen) für TMR eine eigene Kalibrierung entwickelt. Die Kalibrierung beruht auf Analyseergebnissen von TMR-Untersuchungen mittels ICP-MS jeweils nach den gültigen DIN-Vorschriften. Das Tränkwasser wurde in unmittelbarer Nähe der

Tränkvorrichtungen gewonnen und in sterile Behälter abgefüllt. Anschließend wurden die Proben zeitnah im BfUL auf Kupfer, Eisen, Mangan und Zink untersucht. Dabei kam die Methode nach DIN EN ISO 17294-2 (E29) (ICP-MS) zur Anwendung.

### Blut- und Leberbioplate

Das gewonnene Blut wurde homogen mit dem Gerinnungshemmer im Plasmaröhrchen vermischt und max. zwei Stunden im Kühlschrank aufbewahrt. Danach wurden die Blutproben dann bei 4.000 Umdrehungen je Sekunde zehn Minuten zentrifugiert (Zentrifuge der Firma Hettich). Der entstandene Überstand (Plasma) wurde in 1,5 ml-Eppendorfbehälter abgefüllt, bei -20 °C tiefgefroren gelagert und in das Labor des Instituts für Tierernährung im Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin zur Untersuchung weitergeleitet. Die Untersuchung der Proben erfolgte nach Veraschung mittels Atomabsorptionsspektrofotometrie. Selen wurde mittels Hydridsystem, die übrigen Elemente mittels Flammen-Atomabsorptionsspektrofotometrie gemessen. Nach der Veraschung der Proben wurden diese mit 6 ml Salzsäure und 20 ml destilliertem Wasser versetzt. Daraufhin wurden die Proben für 50 Minuten bei 250 °C im Sandbad erhitzt. Nach der Filtrierung durch einen Faltenfilter wurden die Proben mit destilliertem Wasser auf 10 ml aufgefüllt und konnten so bis zur Messung aufbewahrt werden. Die Untersuchung der Leberbioplate erfolgte analog. Aufgrund der geringen Probenmenge waren nur Einfachbestimmungen möglich.

### Ermittlung der Eisenlöslichkeit

Die Proben von Siliergut und Silagen wurden gefriergetrocknet und anschließend auf einheitliche Partikellänge vermahlen. 1 g gefriergetrocknetes Material wurde dann mit 40 ml destilliertem Wasser vermischt und bei Raumtemperatur über 5 h bei einer Frequenz von 80 je Minute auf einem Laborschüttler extrahiert. Der Überstand nach Extraktion wurde durch einen aschefreien Filter filtriert. Der Gesamteisengehalt und der Eisengehalt im Überstand wurden gemäß der VDLUFA Vorschrift VO (EG) 152/2009 Anhang IV, C bestimmt.

## 4 Ergebnisse

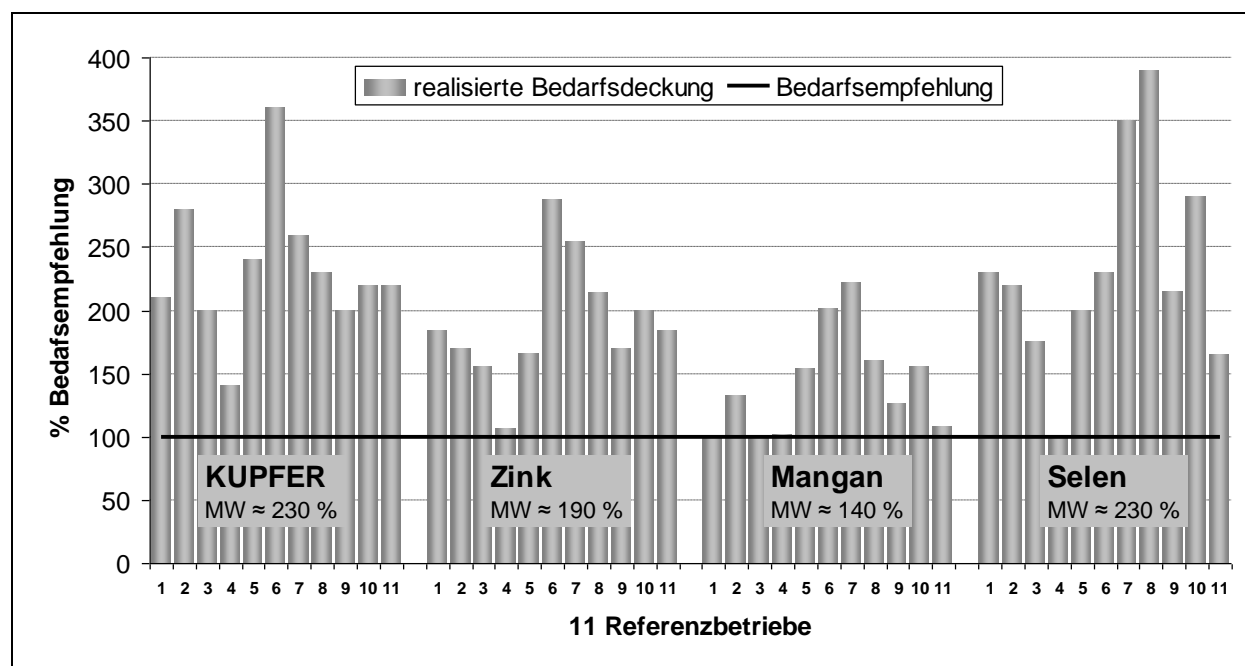
Die Veränderung bzw. Optimierung des Mineralfuttereinsatzes wirkte sich in keiner Weise auf Leistungsparameter aus. Auf eine detaillierte gesonderte Darstellung von Milchleistung, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit soll deshalb in vorliegendem Bericht verzichtet werden. Damit wurde eine wichtige Hypothese bewiesen, dass die Reduzierung der Spurenelementkonzentration oberhalb der Versorgungsempfehlungen keinen negativen Einfluss auf produktiv-ontstechnische Daten ausübt.

### 4.1 Spurenelementgehalte der Futtrationen (TMR)

#### 4.1.1 Versorgungsniveau vor Umstellung

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden 483 Mischrationen und 129 Einzelfuttermittel analysiert. In der Abbildung 2 ist ersichtlich, dass zum Zeitpunkt der Untersuchungen in der sächsischen Fütterungspraxis, wie schon in früheren Untersuchungen nachgewiesen, die Bedarfsempfehlungen ca. um den Faktor 2 überschritten wurden. Auffallend ist auch eine große Differenz zwischen den Betrieben und auch zwischen der Bedarfsdeckung der einzelnen Spurenelemente innerhalb eines Betriebes. Weil in den Milchleistungsdaten und den Kennzahlen von Fruchtbarkeit und Tiergesundheit der Betriebe kein im Verhältnis zur realisierten Bedarfsdeckung gerichteter Unterschied erkennbar war, kann auch kein grundsätzlich zielgerichtetes Verhalten der Fütterungspraxis in den Betrieben unterstellt werden. Andererseits kann aus der Abbildung abgelesen werden, dass es Betriebe gibt, die generell alle Elemente deutlich überterversorgen (z. B. Betrieb 6 und 7), Betriebe, die nahezu die Versorgungsemp-

fehlung einhalten (z. B. Betrieb 4) und Betriebe, welche einzelne Elemente übertersorgen und andere nicht (z. B. Betrieb 3).



**Abbildung 2: Bedarfsdeckung der Milchviehrationen in den elf Referenzbetrieben vor der Umstellung (% der Bedarfsempfehlung der GfE)**

Folgende Ursachen für das Vorhalten von Spurenelementen in Rationen für Milchrinder wurden in den Untersuchungen ermittelt:

- Die Gehalte an Spurenelementen in Einzelfuttermitteln bei der Bilanzierung von Rationen spielen eine untergeordnete bzw. keine Rolle. In den verwendeten Futterwerttabellen bzw. Untersuchungsbefunden waren in keinem Betrieb Spurenelementgehalte ausgewiesen. Vielfach wird allein durch die Mineralfuttermittelgabe die Versorgungsempfehlung erfüllt.
- Überwiegend, d. h. in neun von elf Betrieben, wurden Mineralfuttermittel aus dem Sortiment der Industrie genutzt, d. h. die Mineralfuttermittelzusammensetzung wurde in diesen Betrieben in keiner Weise an betriebliche bzw. standortspezifische Bedingungen angepasst. Nahezu alle Betriebe überließen die Zusammensetzung und Dosierung der Mineralfuttermittel den Beratern der Vertriebsfirmen.
- Eine weitverbreitete Meinung, dass die Ableitung der Versorgungsempfehlungen veraltet und nicht mehr mit der aktuellen Leistungsfähigkeit der Tiere und deren erhöhter Futteraufnahme und pansenphysiologischen Verhältnisse vereinbar ist, provozierte eine empirische Inputsteigerung. Diese These wird unterstützt durch Fruchtbarkeits- und Gesundheitsprobleme in den Betrieben, welche sowohl von Seiten der veterinärmedizinischen Diagnostik als auch von den Mineralfuttermittelanbietern häufig auch mit Spurenelementmangel in Verbindung gebracht werden. Hier wird auch die verstärkte Einbeziehung der Bioverfügbarkeit und organisch gebundener Spurenelemente motiviert, obwohl diese Zusammenhänge wissenschaftlich bisher nicht klar belegt sind.
- Die wirtschaftliche Bedeutung der Reduzierung des Spurenelementgehaltes im Mineralfutter ist gering bzw. nicht gegeben. Letzteres ist insbesondere dann zu erwarten, wenn betriebsindividuelle Mischungen bei geringen Tonnen hergestellt werden sollen. Weil die Auswirkung höherer Dosierungen an Spurenelementen innerhalb der futtermittelrechtlichen Spielräume weder für das Tier noch für die Wirtschaftlichkeit erkennbar relevant ist, bleibt



das Vorhalten de facto unentdeckt. Eine umweltseitige Bewertung der Gehalte an Schwermetallen und Spurenelementen in den Wirtschaftsdüngern findet bislang nicht statt.

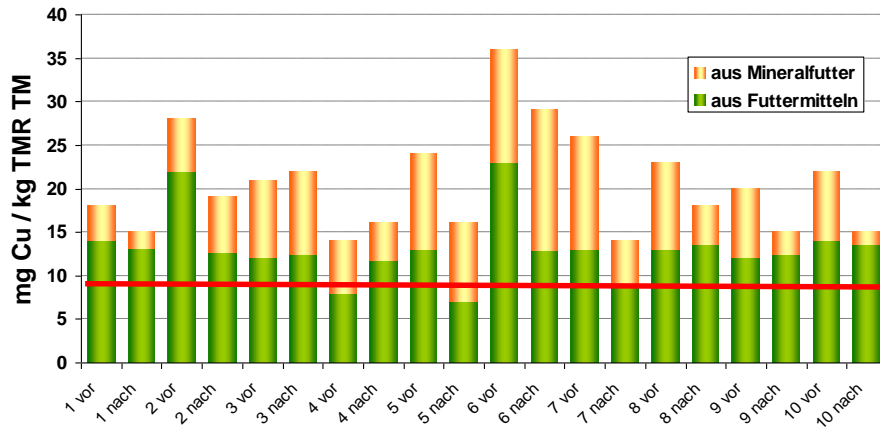
- Durch Stoffwechselbefunde wird oft ein Mangel im Bestand angezeigt, welcher aufgrund der Homöostase bzw. der antagonistischen Wirkungen der Elemente untereinander fehlinterpretiert wird und nicht mit der Konzentration im Futter in Verbindung gebracht wird. Die praktische Reaktion auf Mangel von essentiellen Stoffen in der Tierernährung ist i. d. R. eine Inputsteigerung. Die Spurenelementvorlage wird erhöht. Aufgrund der Antagonismen ist zu erwarten, dass dadurch der Mangel noch verstärkt werden kann.
- Die unbekanntenen und schwer bilanzierbaren Imbalancen bzw. Antagonismen, welche durch die Bilanzierung an sich, Verschmutzungen durch Erde oder auch durch den Abrieb von Bedarfsgegenständen begründet sein kann, provoziert ein unkontrolliertes Sicherheitsdenken, d. h. weiteres Vorhalten an Spurenelementen.
- Die aktuelle Futtermischtechnik in den Landwirtschaftsbetrieben ist zum Teil nicht in der Lage, Kleinstbestandteile exakt einzumischen. Außerdem ist die Sorgfaltspflicht der Agierenden beim Befüllen bzw. Dosieren von Mineralfutter in den Mischwagen oft vernachlässigt.

#### 4.1.2 Betriebliche Optimierung der Versorgung

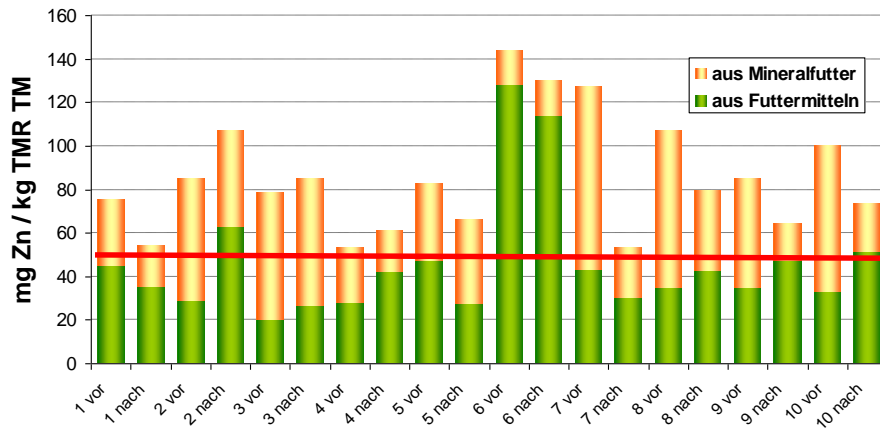
Mit Hilfe der Befunde des Ausgangsniveaus wurde, gemeinsam mit Betriebsleitern und den jeweiligen Vertretern der Mineralfutterindustrie, die betriebspezifische Mineralfuttersupplementierung optimiert. Ziel war es, die Versorgungsempfehlung von Kupfer, Zink, Mangan und Selen (GfE 2001) maximal um 50 %-Punkte zu überschreiten.

##### 4.1.2.1 Spurenelementversorgung über die Einzelfuttermittel

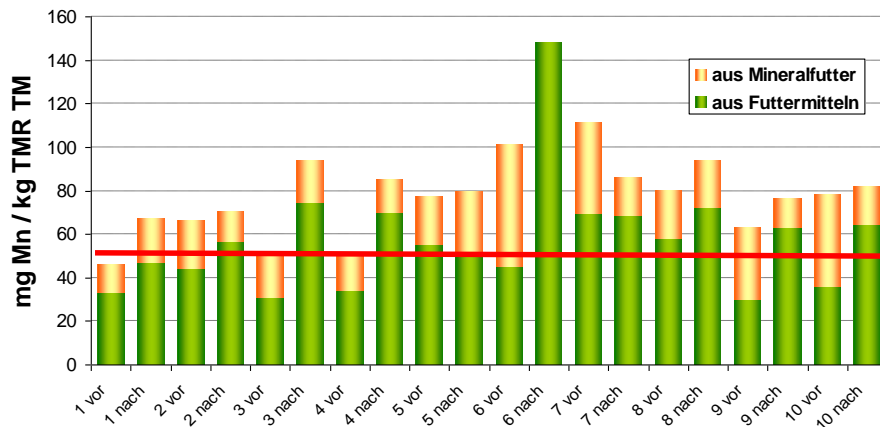
Als eine wesentliche Ursache für die Überversorgung mit Spurenelementen wird die Tatsache ermittelt, dass Einzelfuttermittel als Träger von Spurenelementen in der Milchviehfütterung kaum Beachtung finden. Die Supplementierung geht häufig von der Annahme aus, dass die Versorgung mit Kupfer, Zink, Mangan oder Selen vollständig über das Misch- bzw. Mineralfutter supplementiert werden muss. Aus den Untersuchungen von STEINHÖFEL (2007) und denen im vorliegendem Projekt kann aber davon ausgegangen werden, dass die Aufnahme an Spurenelementen über Einzelfuttermittel in den für Sachsen üblichen Milchviehrationen für Mangan fast vollständig, für Zink und Kupfer zu 80 % und für Selen zu 20 % den Bedarf bereits deckt. Beim Blick auf die Abbildungen 3 bis 6 wird deutlich, dass viele der analysierten TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben bereits über die native Ration aus Einzelfuttermitteln vollständig mit Spurenelementen versorgt werden konnten. Insbesondere die Kupfer- und Manganversorgung ist hier zu nennen. Daraus wird deutlich, dass nur durch die Optimierung des Mineralfutterkonzeptes nennenswerte Einsparungen in den Spurenelementfrachten möglich sind.



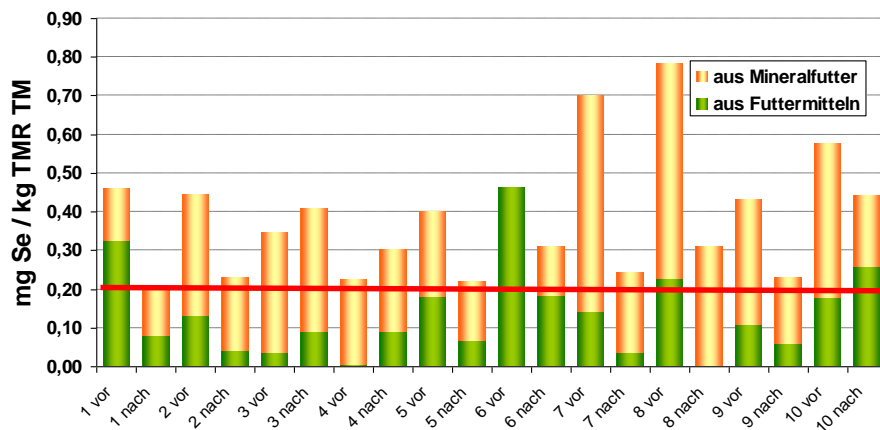
**Abbildung 3: Kupfergehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter**



**Abbildung 4: Zinkgehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter**



**Abbildung 5: Mangangehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter**



**Abbildung 6: Selengehalt in den TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung sowie die Anteile aus den Futtermitteln der Ration und aus dem Mineralfutter**

Zur Berücksichtigung der Einzelfuttermittel bei der Spurenelementversorgung müssen diese entweder laboranalytisch bestimmt oder über Futterwerttabellen repräsentativ zur Verfügung gestellt werden. Aktuelle Tabellen zu Spurenelementgehalten von Einzelfuttermitteln stehen derzeit nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung. Die letzte DLG-Futterwerttabelle für Mengen- und Spurenelemente wurde im Jahr 1973 veröffentlicht. Im Rahmen des vorliegenden Projektes sollten deshalb alle verfügbaren Analysenbefunde sächsischer Einzelfuttermittel erfasst und als Tabelle für die künftige Nutzung in der Rationsoptimierung zur Verfügung gestellt werden. Durch Einbeziehung der Einzelfuttermittel können auch die Risiken negativer Wechselwirkungen von Mineralstoffen transparenter gemacht werden. Grundlagen für die Tabellen sind Ergebnisse aus Monitoringuntersuchungen des Freistaates Sachsen (Futterqualitätsprogramm, Produktionskontrolle der LKS mbH Lichtenwalde) und Untersuchungen von Futtermitteln in sächsischen Projekten der letzten Jahre. Tabelle 2 stellt die „sicheren“ Tabellenwerte, welche die additive Berechnung der Versorgung mit den Spurenelementen Kupfer, Zink, Mangan und Selen in der Rationsberechnung ermöglichen soll, dar. Insgesamt sind aus den genannten Quellen 2.270 Einzelfuttermittelanalysen generiert und

verrechnet worden. Tabelliert (Tabelle 2) wurden letztlich die Mittelwerte abzüglich der halben Standardabweichung (s). Diese Werte waren auch Grundlage zur Berechnung der Spurenelementversorgung über die eingesetzten Einzelfuttermittel der Rationen in den elf Referenzbetrieben.

Kupfer kommt in großen Mengen z. B. in Sojaextraktionsschrot und Biertreber vor, und nur in geringen Mengen in Getreide, Hackfrüchten, Mais- und Grassilagen, weshalb es in der Wiederkäuerfütterung ergänzt werden sollte. In Biertreber und Extraktionsschroten ist reichlich Zink vorhanden, in Getreide, und Hackfrüchten dagegen nur in geringen Mengen. Es ist erkennbar, dass der Selengehalt im Einzelfutter sehr gering und nicht bedarfsdeckend ist, sodass Selen über eine Mineralstoffmischung ergänzt werden muss.

**Tabelle 2: „Sichere“ Tabellenwerte von Spurenelementen in Einzelfuttermitteln für die Rationsberechnung**

	Cu		Zn		Mg		Se	
	n	mg/kg <sup>TM</sup>	n	mg/kg <sup>TM</sup>	n	mg/kg <sup>TM</sup>	n	mg/kg <sup>TM</sup>
<b>Grobfutter</b>								
Grünfutter	689	9	689	30	689	50	12	0,03
Maissilage	524	4	533	20	530	15	48	0,02
Grassilage	471	7	475	30	463	55	48	0,04
Gerste-GPS	80	9	80	30	80	50	12	0,02
Heu	65	4	65	20	65	55	8	0,11
Stroh	19	3	19	5	19	20	9	0,02
Trockengrün	8	4	8	20	8	55	4	0,11
<b>Proteinkonzentrat</b>								
Biertreber	10	15	10	90	10	40	10	0,02
Rapsextr.schrot	40	5	40	65	40	65	30	0,08
Sojaextr.schrot	79	15	79	55	79	40	39	0,05
Erbsen	5	9	5	15	5	10	5	0,02
Protigrain	5	5	5	55	5	60	5	0,15
UDP-Konzentrat	5	6	5	65	5	60	5	0,11
<b>Energiekonzentrat</b>								
Gerste	158	4	158	30	158	15	20	0,03
CCM	41	3	41	25	41	10	12	0,04
Kartoffeln	3	5	3	20	3	10	3	0,01
Melasse	4	5	4	15	4	5	4	0,06
Melasseschnitzel	4	8	4	25	4	15	4	0,05
Pressschnitzel	60	2	60	25	60	75	15	0,00

Die Streuung der Gehaltswerte insbesondere in den Grobfuttermitteln, welche häufig als Argument für den Verzicht auf eine Berücksichtigung in der Rationsberechnung genannt wird, kann z. T. bestätigt werden (Tabelle 3). Dies ist sowohl auf den Standort (geogene Nachlieferung), die Pflanzenzusammensetzung, die Düngung, das Reifestadium als auch auf die Bewirtschaftung (Schmutzgehalte in den Silagen, organische Verluste bei der Silageherstellung und -lagerung) zurückzuführen.

**Tabelle 3: Spurenelementgehalte der Gras- und Maissilagen in den elf Referenzbetrieben (n = 33)**

mg/kg TM		Kupfer	Zink	Mangan	Selen	Eisen
Grassilage	MW	10	45	45	0,08	156
	min	7	29	35	0,01	115
	max	13	69	59	0,30	253
	s %	13	23	14	96,10	33
Maissilage	MW	4	32	19	0,02	114
	min	3	19	15	0,01	67
	max	7	66	32	0,05	190
	s %	18	36	23	71,60	29

Die vermutete große Variation des Spurenelementgehaltes in Einzelfuttermitteln, insbesondere in Silagen, hat in der Fütterungspraxis mit dazu beigetragen, den Eintrag über die nativen Futtermittel zu vernachlässigen und die Bedarfsdeckung hauptsächlich über Mineralfutter zu realisieren. Eine exakte Einordnung der Zusammensetzung von Mineralfuttermitteln muss künftig stärker über die Rationsbeurteilung erfolgen. Für die Berechnung der Spurenelementergänzung ist somit insbesondere die Ausweitung der Datenbasis zum Spurenelementgehalt in Einzelfuttermitteln erforderlich.

Der These, die Spurenelementgehalte der Silagen aufgrund ihrer Streuung unberücksichtigt zu lassen, kann trotzdem widersprochen werden, weil die Streuung der über 20 aufeinanderfolgende Tage analysierten Gehaltswerte an Kupfer, Zink, Mangan und Selen in den Gras- und Maissilagen eines Betriebes für alle Elemente unter 10 % lag. Dies kann auch eindrucksvoll in der Abbildung 7 verdeutlicht werden. Während sich deutliche Schwankungen (im Mittel s% = 47 %) in den Gehaltswerten der TMR-Mischungen zeigen, waren die Silagen, mit einer Ausnahme beim Selen, relativ ausgeglichen und verließen nicht den Korridor von  $\pm 25$  %. Die laboranalytische Untersuchung der hofeigenen Grobfuttermittel auf Spurenelemente zur Bewertung der Versorgungssituation der Tiere ist nachdrücklich zu empfehlen.

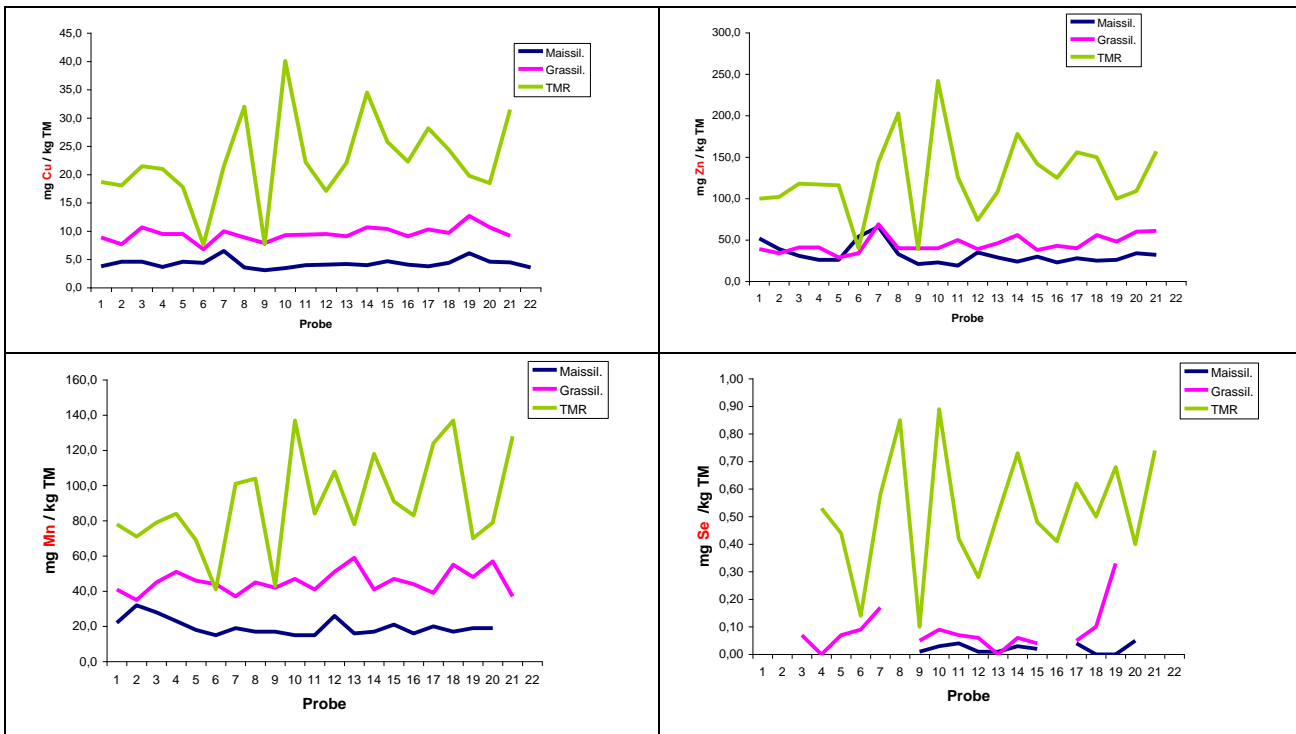


Abbildung 7: Veränderung der Spurenelementgehalte der Gras- und Maissilagen sowie der TMR-Mischung im Verlauf von 20 Tagen in einem Referenzbetrieb

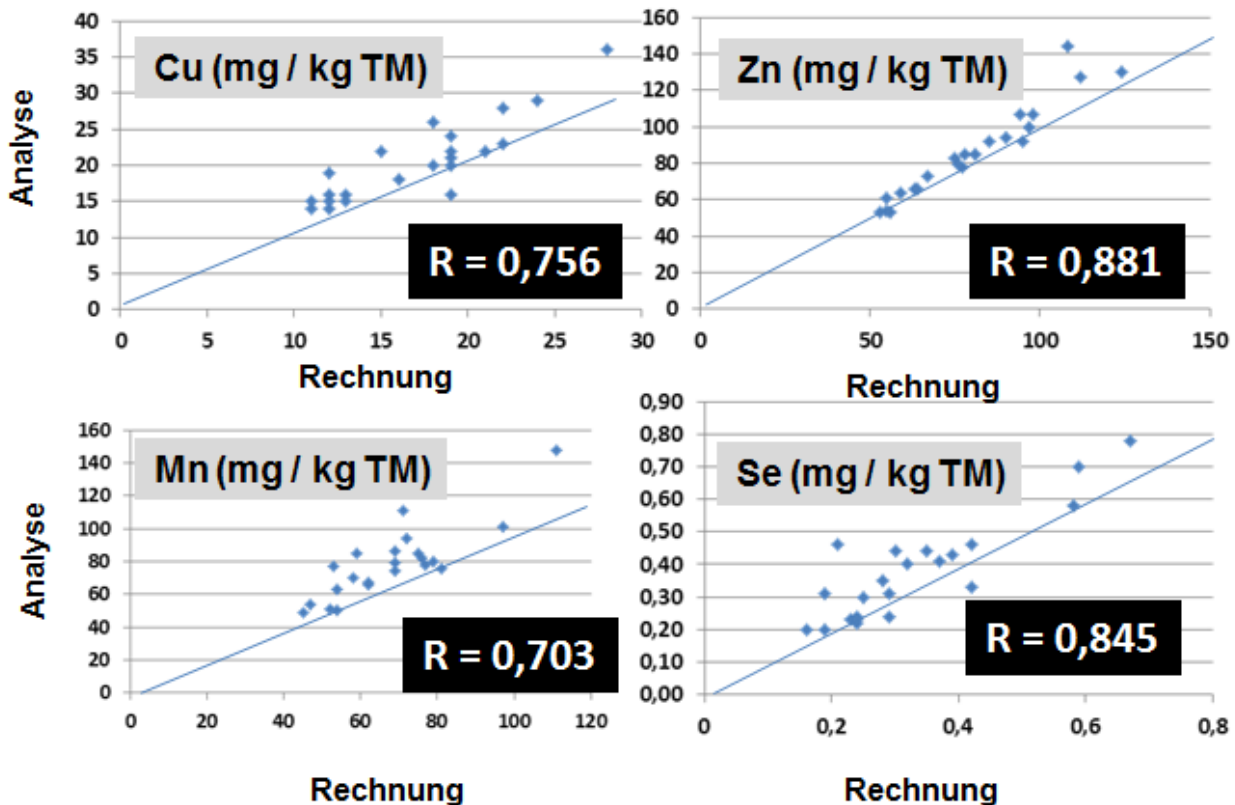


Abbildung 8: Beziehung zwischen den mit „sicheren“ Einzelfutterwerten berechneten und den nachfolgend analysierten Befunden in den TMR-Mischungen der elf Referenzbetriebe

In der Abbildung 8 wird dargestellt, wie ausreichend sicher die rechnerische Ermittlung der Spurenelementgehalte in der Futtermischung über die Tabellenwerte erfolgte. Die Nutzung der Tabellenwerte (Tabelle 2) für die Ermittlung des Versorgungsniveaus über die Einzelfuttermittel der Rationen in der Milchviehfütterung kann damit durchaus empfohlen werden. Bis auf wenige Ausnahmen ist der Analysewert höher als der berechnete Wert. Dies bestätigt das Konzept der o. g. Erstellung der Tabellenwerte, welche einen gewissen Sicherheitszuschlag ( $\frac{1}{2}$  Standardabweichung) berücksichtigt.

Unsicher war die Wertung der zugekauften Milchleistungsfutter. Hier liegen die Gehaltswerte der Spurenelemente weit auseinander. Der mittlere Kupfergehalt lag im untersuchten Milchleistungsfutter in vorliegender Studie bei 20 mg/kg TM (13,6-29,4 mg/kg TM), Untersuchungen des Vereins Futtermitteltest e. V. (VFT) finden in sächsischem Milchleistungsfutter im Mittel 14,5 mg/kg TM (6,1 bis 23 mg/kg TM). Mangan haben die im Projekt untersuchten Milchleistungsfutter durchschnittlich 92 mg/kg TM (62-113 mg/kg TM), ähnlich in Untersuchungen des VFT, hier wurden 90 mg/kg TM analysiert, allerdings ist hier die Spanne entschieden größer (46-205 mg/kg TM).

Bei Selen zeigt sich der gleiche Trend wie bei Mangan, die Mittelwerte sind gleich, 0,28 mg/kg TM, jedoch ist die Spannweite im Projekt nur von 0,18-0,41 mg/kg TM, aber die VFT-Untersuchungen liegen im Bereich von 0,06-0,79 mg/kg TM. Beim Zink ist der gleiche Trend zu erkennen. Im Projekt konnten im Mittel 86 mg/kg TM analysiert werden (73-111 mg/kg TM) und in den vom VFT untersuchten Proben waren im Mittel nur 51 mg/kg TM, aber die Einzelwerte bewegten sich von 51-140 mg/kg TM.

Eine sporadische laboranalytische Analyse des zugekauften Milchleistungsfutters wäre somit empfehlenswert. Eine Alternative dazu wäre eine entsprechende Deklaration. Bisher sind auf den Lieferscheinen keine Gehaltswerte ausgewiesen, weil laut Aussage der Mischfutterindustrie keine Spurenelemente zugegeben wurden, sondern diese nativ in den Einzelfuttermitteln vorhanden sind. Laut Information des Deutschen Vereins Tiernahrung ist es neu, dass alle einem Futtermittel zugesetzten Zusatzstoffe jetzt angegeben werden müssen, die Höchstgehalte haben. Dies gilt besonders für Mischfuttermittel jeder Art. Dazu kommt, dass künftig neben den eigentlich zugesetzten Gehalten an Zusatzstoffen auch der Gesamtgehalt des jeweiligen Stoffes angegeben werden darf. Dies könnte dort von Interesse sein, wo die Komponenten eines Mischfutters einen hohen nativen Gehalt an Spurenelementen aufweisen.

Die Tränkwassergehalte aller untersuchten Parameter (Tabelle 4) liegen weit unter den in der Literatur angegebenen Orientierungswerten. Es ist auszuschließen, dass die Tiere durch die Aufnahme von Tränkwasser nicht kalkulierbare Mengen an Spurenelementen aufnehmen. Auffällig ist jedoch in zwei Betrieben (2 und 3), wo an zwei verschiedenen Stellen Wasserproben gezogen wurden, dass vermutlich das Leitungssystem einen Einfluss auf die Wasserqualität hat. Im Betrieb 3 ist eine 11-fache Erhöhung des Mangangehaltes und eine 100-fache Erhöhung des Eisengehaltes im Leitungssystem vom Brunnen bis zur Wasserleitung im Stall erfolgt. Im Betrieb 10 wurden ebenfalls Erhöhungen im Verlauf der Wasserleitung festgestellt. Der Kupfergehalt erhöhte sich um das 4-Fache und der Zinkgehalt um das 10-Fache. Die Werte liegen aber immer noch weit unter den Orientierungswerten. Bemerkenswert ist die hohe Varianz aller fünf untersuchten Gehalte.

**Tabelle 4: Spurenelementgehalt im Tränkwasser (mg/l)**

Betrieb	Probenahmeort	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen
Orientierungswerte (mg/l)					
		< 2	< 5	< 4	< 3
Messwerte (mg/l)					
1	Trog	0,01	0,23	0,003	0,03
2	Trog	0	0	0,018	0
3	Brunnen	0	0,01	0,127	< 0,001
4	Trog	0	0,02	0,001	0
5	Trog	0	0,12	0,015	< 0,001
6	Trog	0,01	0,02	0,015	< 0,001
7	Trog	0,02	0,03	0,02	0,03
8	Trog	0,01	0,02	< 0,001	< 0,001
9	Trog	0,21	0,05	0,012	0,01
10	Trog	0,04	0,01	0,002	< 0,001
11	Trog	0,01	0,09	0,01	0,02
MW		0,03	0,055	0,022	0,02
s %		191	116	250	92
Aufnahme	bei 100 l Wasser	3	6	2	2
Mg/T+T	bei 150 l Wasser	5	8	3	3

#### 4.1.2.2 Optimierung der betrieblichen Mineralfutterkonzepte

Die Gehaltswerte der im Freistaat untersuchten Mineralfutter schwankte von 2.000 bis 9.500 mg Mangan, von 6.000 bis 12.500 mg Zink, 1.000 bis 3.500 mg Kupfer und 30 bis 95 mg Selen je kg. Berücksichtigt man die deklarierten Fütterungsempfehlungen, welche im Mittel bei 200 g Mineralfutter je Kuh und Tag liegt und unterstellt, dass die Kühe 20 kg spurenelementfreie Trockenmasse aufnehmen, dann sind je kg Mineralfutter 5.000 mg Mangan und Zink, 1.000 mg Kupfer und 25 mg Selen bereits bedarfsdeckend.

Während die Futterrationen für Milchrinder kaum noch Überraschungen offenbaren, ist die Vorlage von Mineralfutter in den Betrieben sehr unterschiedlich. Im Mittel setzt ein Milchviehalter in Sachsen 265 g Mineralfutter je Kuh und Tag oder 9 g je kg Milch ein (STEINHÖFEL 2009). Die Spannweite ist jedoch enorm. Sie reichte von 80 bis 530 g je Kuh und Tag beziehungsweise 2 bis 20 g je kg Milch. Ein Bezug zu Milchleistung oder Rationstyp ist nicht nachweisbar. Je kg Milch Mehrleistung frisst eine Kuh rund 350 g mehr Trockenmasse. In 350 g Trockenmasse sollen nach Versorgungsempfehlung 3,5 mg Kupfer und 17,5 g Zink enthalten sein.

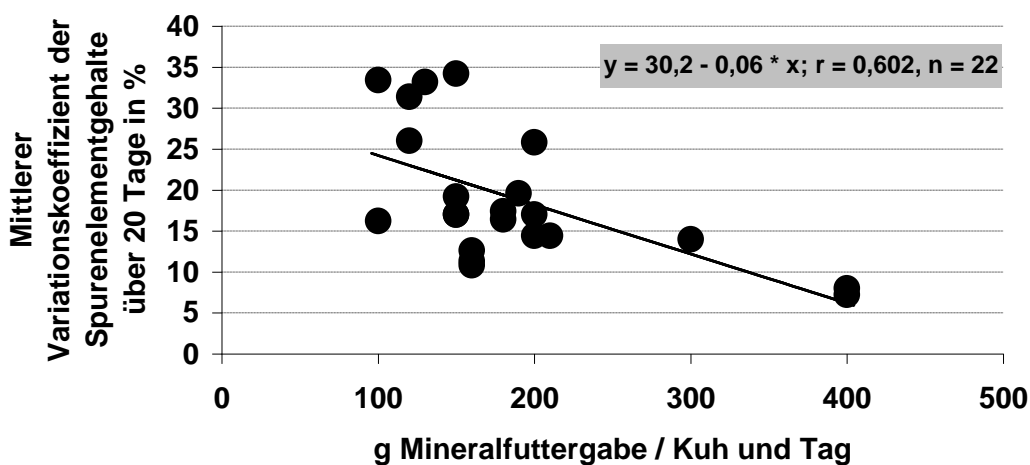
Mit einem Kilogramm Milch scheidet das Tier jedoch nur zirka 0,15 mg Kupfer und 4 mg Zink aus. Das heißt, es würden bereits fünf Prozent des Kupfers und 23 Prozent der Zinkmenge reichen, um die Mehrleistung abzudecken. Der weitere Schritt bei der Optimierung der Rationen in den elf Betrieben war die Anpassung der Mineralfuttersupplementierung. Die Tabelle 5 zeigt sowohl die Herangehensweise als auch das Ergebnis. Sie gibt einen Überblick über die eingesetzte Menge Mineralstoff und deren Gehaltswerte an Spurenelementen zu Beginn des Projektes, den gegebenen Optimierungsempfehlungen hinsichtlich Menge und Gehaltsstoffe und deren praktische Umsetzung.



**Tabelle 5: Umstellung der eingesetzten Mineralfuttermittel in den Referenzbetrieben**

Betrieb	Einsatzmenge			Kupfer			Zink			Mangan			Selen		
	g/Tier + Tag			mg/kg Mineralfutter											
	Umstellung		Umstellung	Umstellung		Umstellung		Umstellung		Umstellung					
	vor	Ziel	nach	vor	Ziel	nach	vor	Ziel	nach	vor	Ziel	nach	vor	Ziel	nach
1	180	150	150	600	290	300	6.000	3.000	3.000	3.000	3.200	3.200	40	20	20
2	150	150	150	1.000	600	1.000	9.000	2.400	7.000	3.500	2.800	2.100	50	25	30
3	110	150	100	1.579	320	2.260	9.705	3.000	13.700	3.221	1.000	4.600	53	25	75
4	120	150	100	1.400	700	1.000	6.000	3.000	4.500	4.000	2.300	3.600	50	25	50
5	200	200	300	1.200	1.000	700	4.000	4.000	3.000	2.500	2.250	2.250	25	25	12
6	400	200	400	1.000	225	1.000	1.000	1.800	1.000	k.A.	2.050	k.A.	k.A.	15	8
7	160	150	160	900	750	750	6.000	3.320	3.300	3.000	2.475	2.500	40	30	30
8	200	150	150	1.000	k.A.	720	8.000	3.010	5.800	5.000	2.700	3.500	50	250	50
9	200	200	190	1.000	340	300	6.000	2.300	2.000	4.000	2.000	1.500	40	25	20
10	180	150	180	800	200	200	4.000	2.100	3.000	4.000	2.800	2.500	30	20	25
11	200	200	200	1.500	-	-	7.500	-	-	4.000	-	-	40	-	-
MW	191	168	189	1.089	492	823	6.110	2.793	4.630	3.622	2.358	2.861	42	23	32

Wie in Praxisuntersuchungen und bei unterschiedlicher Firmenphilosophie der verschiedenen Mineralfuttermittelhersteller nicht unerwartet, gelang die Optimierung in den Betrieben unterschiedlich. Im Mittel blieb die Mineralfuttermenge pro Tier und Tag unverändert. Dies entsprach mit Ausnahmen der Empfehlung, weil ein Absinken der Dosiermengen die Mischgenauigkeit im TMR-Wagen negativ beeinflusst. Je höher die Mineralfuttermenge war, desto geringer wurde die Variation der Spurenelementgehalte innerhalb der 20-tägigen Messung (Abbildung 9). Ein Sparen an Mineralfuttermenge kann somit kontraproduktiv sein, weil dann die beschriebenen Dosier- und Mischprobleme steigen. Die tägliche Gabe sollte 200 g je Tier und Tag nicht unterschreiten.



**Abbildung 9: Höhe der Mineralfuttergabe je Kuh und Jahr und mittlerer Variationskoeffizient der Spurenelementgehalte über eine 20-Tages-Messung**

Die Gehaltswerte an Kupfer, Zink, Mangan und Selen in den Mineralfuttermitteln konnten deutlich reduziert werden. Die Kupfer-, Zink-, Mangan- und Selengehalte sanken im Mittel um 266, 1.480, 761 bzw. 10 mg je kg Mineralfutter. Sie liegt aber noch 50 % über der betrieblich optimierten Empfehlung. Es ist auch ersichtlich, dass nicht alle Betriebe die Empfehlung umgesetzt haben. Im Betrieb 3 wird zwar geringfügig die Einsatzmenge reduziert, die Gehaltswerte stiegen bei allen Elementen aber deutlich an. Im Betrieb 11 wurde die Art der Zugabe verändert. Weil schon vor Beginn des Projektes in diesem Betrieb große Schwankungen der Gehaltswerte in der TMR auftraten und diese oft an der Grenze zu den gesetzlichen Höchstwerten lag, wurde das Mineralfutter dem industriell gefertigten Milchleistungsfutter zugesetzt.

Die deklarierten Werte der Mineralfuttermittel können mit wenigen Ausnahmen als relativ sicher gelten und in der Optimierung der Versorgungsniveaus genutzt werden (Tabelle 6).

**Tabelle 6: Vergleich deklarerter und analysierter Gehalte im Mineralfutter (in mg/kg TM)**

Betrieb	Kupfer		Zink		Mangan		Selen	
	Deklaration	Analyse	Deklaration	Analyse	Deklaration	Analyse	Deklaration	Analyse
1	1.000	1.200	3.000	3.100	2.500	2.770	25	26
2	1.000	999	7.000	6.660	2.100	2.010	30	24
3	1.500	1.250	10.000	13.000	4.500	4.870	50	73
4	1.000	1.030	4.500	4.800	3.600	4.330	50	73
5	500	612	2.333	2.300	2.000	1.930	12	13
6	1.000	1.010	1.000	3.910	3.500	3.890	20	10
8	200	149	3.000	2.100	2.500	2.050	25	29
9	300	329	2.000	2.050	1.500	1.880	20	21
10	200	148	3.000	2.460	2.500	2.950	25	25
11	800	970	3.500	3.750	2.000	2.400	30	36
MW	750	770	3.933	4.413	2.670	2.908	29	33
%		103		112		109		115

Auch qualitativ gab es zwischen der Spurenelementquelle in den betrieblichen Mischungen Differenzen. Kupfer wird in zehn Betrieben als Kupfer-II-Sulfat zugesetzt. Die Zinkzugabe erfolgt in acht Betrieben als Zinkoxid, in einem Betrieb als organisches Zink, in einem Betrieb als Aminosäure-Zinkchelat und in je einem Betrieb als Gemisch aus Zinkoxid und Glycin-Zinkchelat bzw. Zinkoxid und Aminosäure-Zinkchelat. Acht Betriebe geben Mineralfutter, in dem Mangan als Mangan-II-Oxid enthalten ist. In einem Betrieb wird Aminosäuren-Manganchelat und in einem Mangan-II-Oxid und Glycin-Manganchelat zugesetzt. Die Selenzugabe erfolgt in allen elf Betrieben über Natriumselenit. Auf eine nähere Darstellung und Diskussion dieser Befunde soll an dieser Stelle verzichtet werden, weil zur Problematik Bioverfügbarkeit von Spurenelementen bisher eher empirisch und wenig wissenschaftlich fundiert diskutiert wird.

#### 4.1.2.3 Bewertung des Umstellungserfolgs

Wie bereits vor der Umstellung wurden in den elf Betrieben über einem 20-tägigen Zeitraum der TMR-Mischungen für die Hochleistungsgruppe während des 100. bis 200. Laktationstages beprobt und untersucht. In der Tabelle 7 sind die Ergebnisse der mittleren Gehaltswerte an Spurenelementen in den TMR-Mischungen vor und nach der

Umstellung zusammengestellt. Im Mittel konnte der Gehalt an Kupfer, Zink, Mangan und Selen um **-23** (+15 bis -46) %; **-19** (+26 bis -58) %; **+21** (+70 bis -23) % bzw. **-39** (+50 bis -66) % verändert werden.

**Tabelle 7: Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben vor und nach der Umstellung**

Betrieb		Kupfer Umstellung		Zink Umstellung		Mangan Umstellung		Selen Umstellung		Eisen Umstellung	
		vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
1	MW	21	15	92	54	49	67	0,46	0,2	290	427
	s %	42	6	45	14	25	14	45	48	10	14
2	MW	28	19	85	107	66	70	0,44	0,23	388	289
	s %	39	13	34	17	26	10	47	31	11	14
3	MW	20	23	78	94	50	85	0,35	0,41	348	286
	s %	8	8	10	10	8	9	27	18	19	7
4	MW	14	16	53	61	51	85	0,2	0,3	401	689
	s %	26	17	22	13	16	9	53	29	13	13
5	MW	24	16	83	66	77	79	0,4	0,22	359	443
	s %	15	14	15	15	13	13	28	71	14	14
6	MW	36	29	144	130	101	148	0,46	0,31	344	604
	s %	6	5	5	6	6	6	15	8	8	11
7	MW	26	14	127	53	111	86	0,7	0,24	356	240
	s %	10	5	12	7	9	9	14	33	9	9
8	MW	23	18	107	79	80	94	0,78	0,31	417	472
	s %	33	8	37	10	26	12	38	18	32	37
9	MW	20	15	85	64	63	76	0,43	0,23	517	651
	s %	35	11	34	19	32	16	57	40	13	12
10	MW	22	15	100	73	78	82	0,58	0,44	459	400
	s %	20	12	18	16	13	13	27	27	9	14
11	MW	22	16	92	66	54	74	0,33	0,24	239	362
	s %	30	8	27	9	23	8	37	27	12	20
	MW	23	18	95	77	71	86	0,47	0,28	374	442
	s %	24	9,7	24	12	18	11	35	32	14	15
	min	9	12	42	42	32	52	0,06	0,08	209	202
	max	45	32	163	148	119	157	1,15	1,34	665	979

Mit Ausnahmen ist es gelungen, das Versorgungsniveau an Kupfer, Zink, Mangan und Selen auf 140 bis 170 % der Versorgungsempfehlung zu senken (Abbildungen 10 bis 14). Dabei wurde nicht in allen Fällen der Zielwert erreicht. An den Trendlinien in den Abbildungen 11 bis 14 wird jedoch deutlich, dass, außer beim Mangan, eine deutliche Niveausenkung in den Betrieben realisiert wurde.

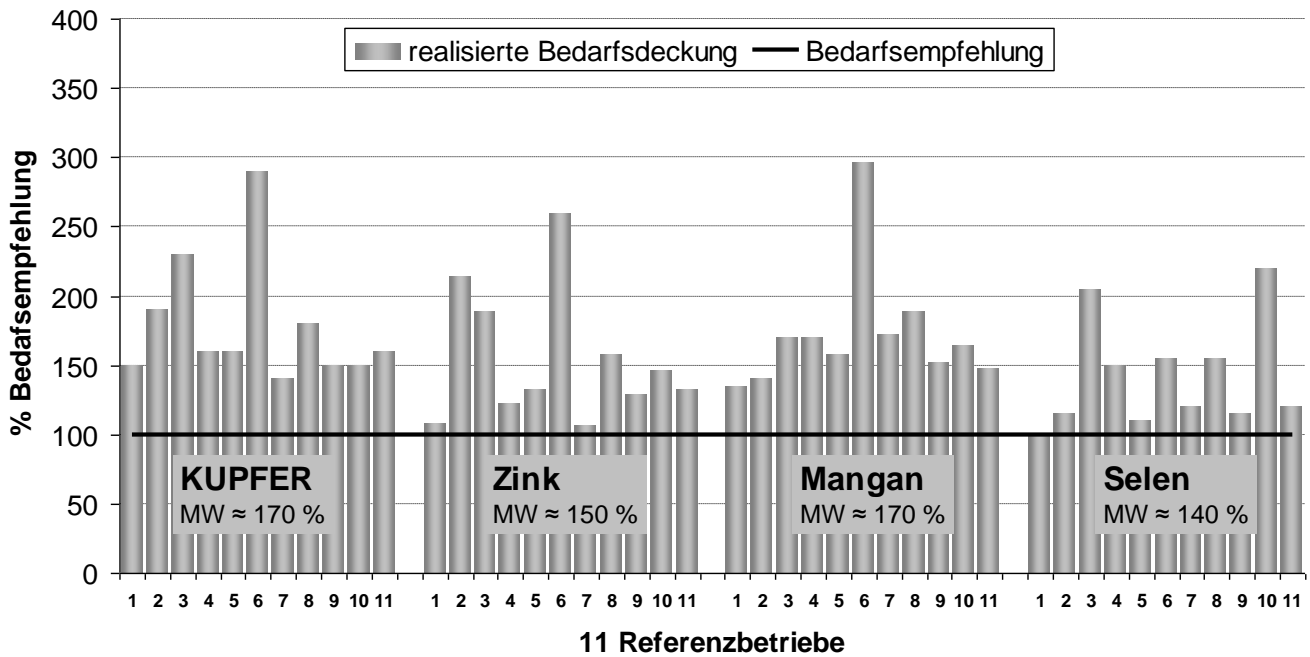


Abbildung 10: Bedarfsdeckung der Milchviehrationen in den elf Referenzbetrieben nach der Umstellung (% der Bedarfsempfehlung der GfE)

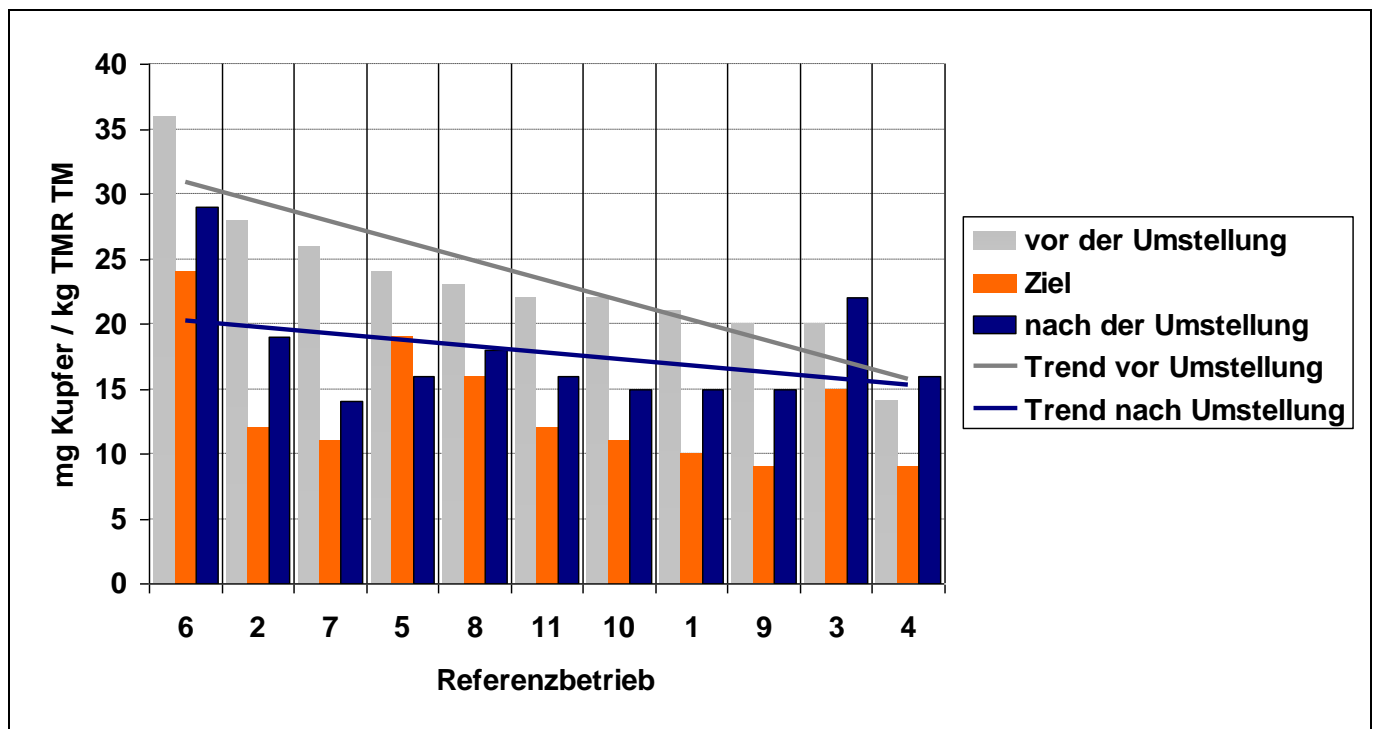


Abbildung 11: Vergleichende Darstellung des Kupfergehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben

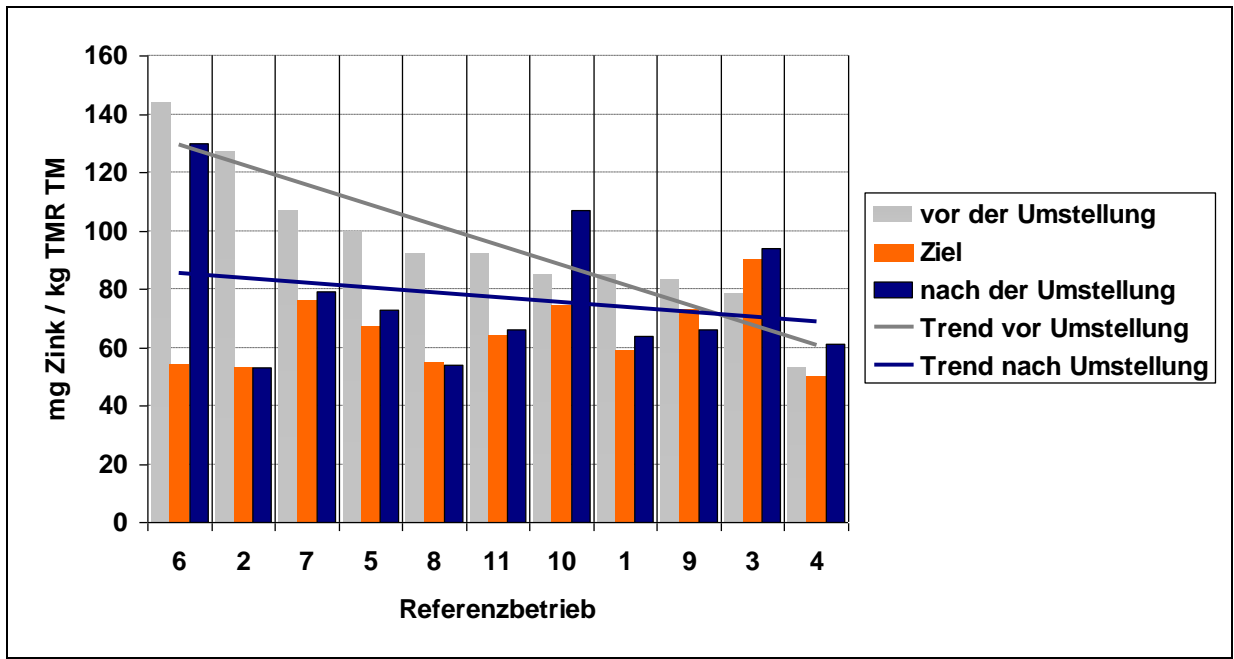


Abbildung 12: Vergleichende Darstellung des Zinkgehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben

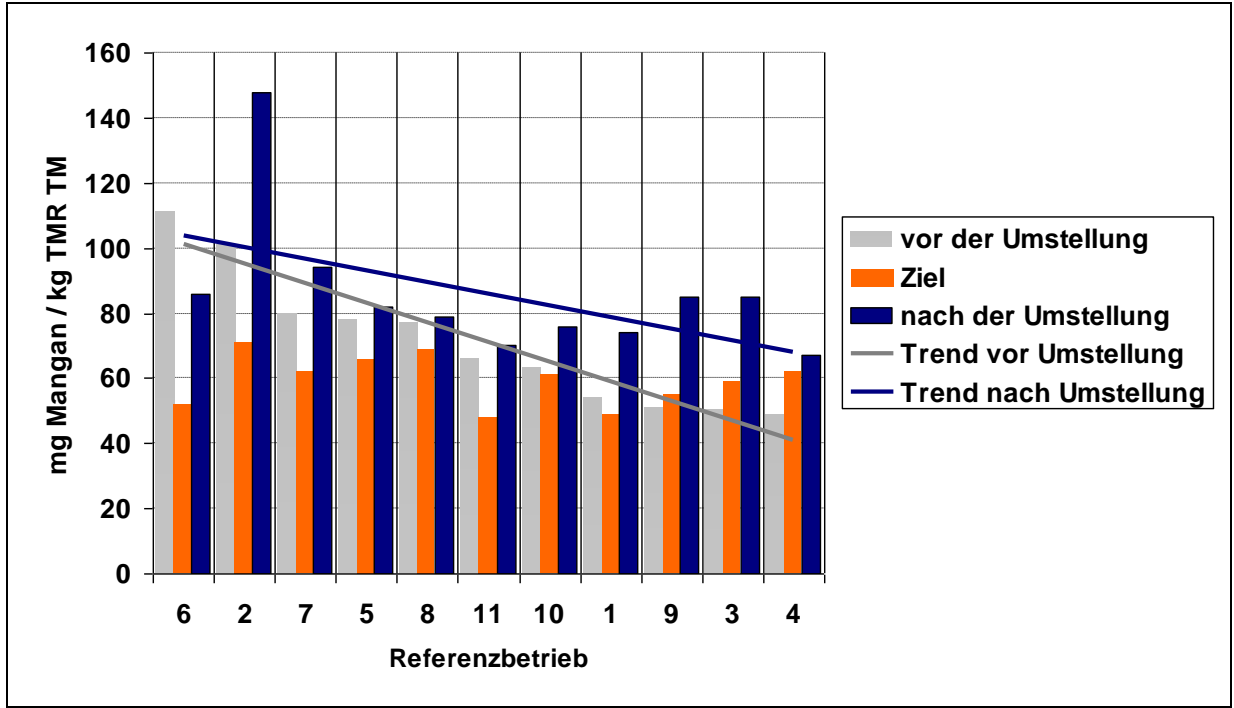
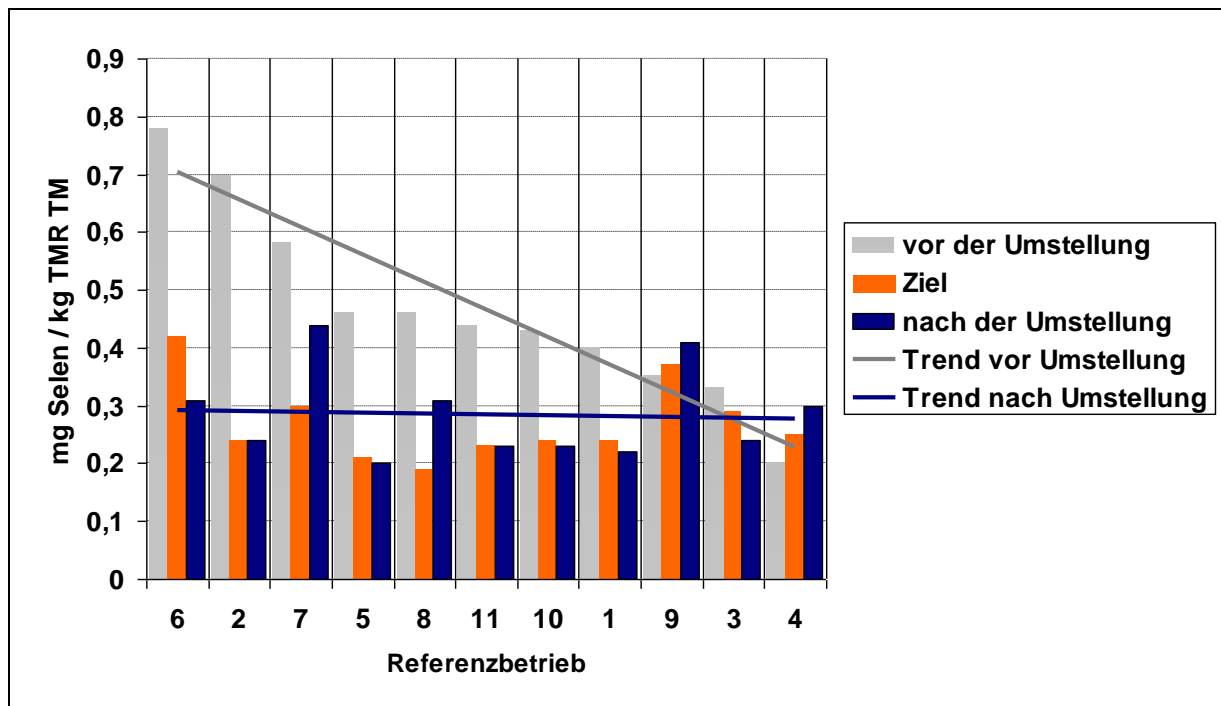


Abbildung 13: Vergleichende Darstellung des Mangangehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben



**Abbildung 14: Vergleichende Darstellung des Selengehaltes in den TMR vor und nach Umstellung sowie den festgelegten Zielwert in den elf Referenzbetrieben**

In allen Mischrationen ist, außer bei Mangan und Eisen, eine Absenkung zur ersten Beprobung erkennbar. Bei dem Spurenelement Cu ist im Mittelwert eine Verringerung um 5 mg/kg TM erreicht worden, somit ist man der Empfehlung von 10 mg/kg TM mit 18 statt 23 mg/kg TM nähergekommen, bei Zink wurde der Mittelwert um 18 mg/kg TM verringert, auch da ist man der Empfehlung von 50 mg/kg mit einem Mittelwert von 77 statt bei der Beprobung vor der Umstellung von 95 mg/kg TM näher gekommen.

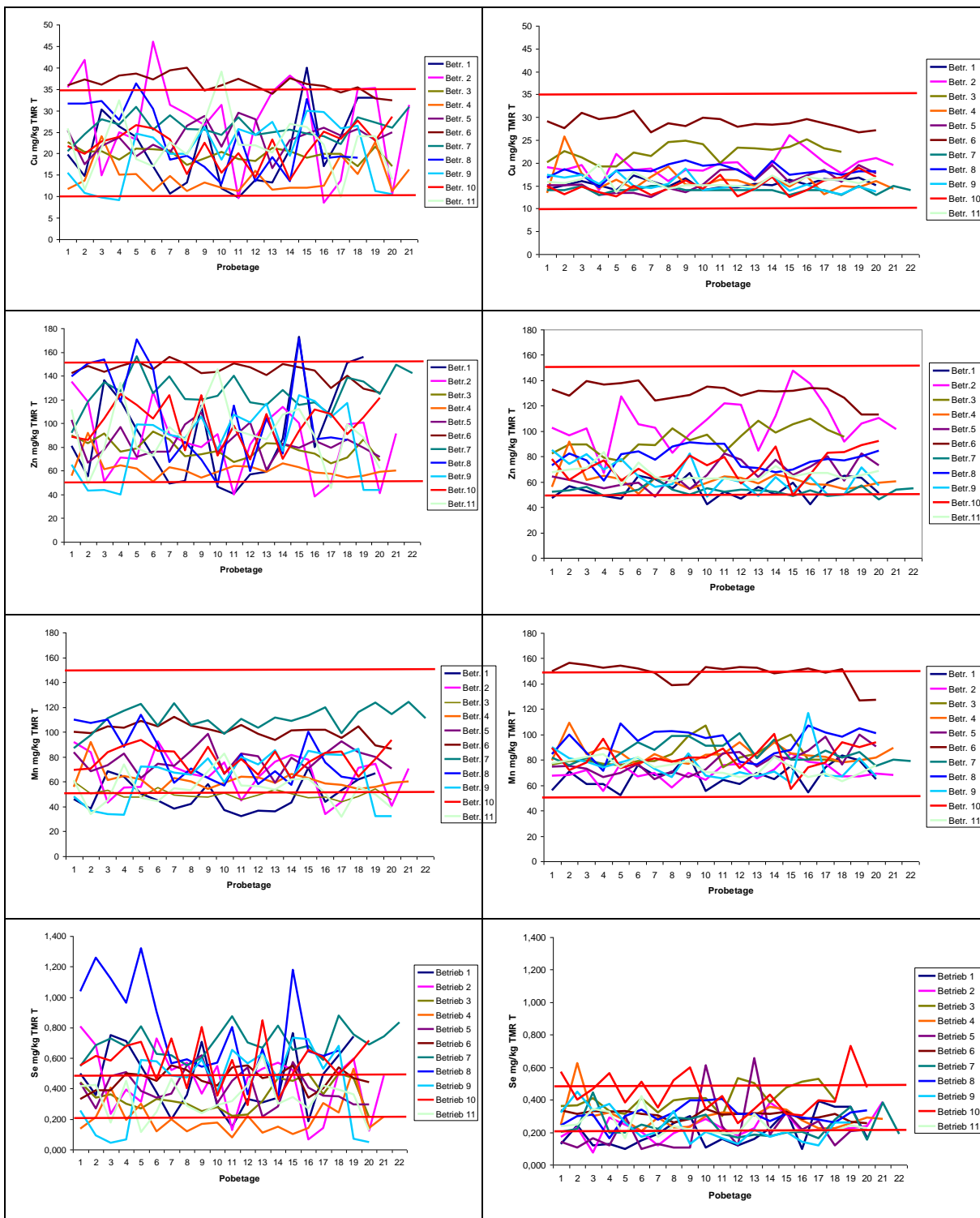
Die Verringerung bei Selen um 0,19 mg/kg TM ist sehr deutlich. Mit 0,28 mg/kg TM ist die Bedarfsempfehlung nur mit 0,08 mg/kg TM überschritten, wogegen die erste Beprobung im Mittelwert mit 0,47 mg/kg TM nur 0,03 mg/kg TM unter der gesetzlich zulässigen Höchstgrenze lag.

Bei den Spurenelementen Mangan und Eisen ist dagegen eine Erhöhung sichtbar. Die Erhöhung von 71 auf 86 mg bei Mangan bleibt unerklärlich. Mangan war vor der Umstellung mit im Mittel 140 % Versorgungslage eher unauffällig. Inwieweit dies zu einem stärkeren Vorhalten angeregt hat, ist nicht nachzuweisen. Eine deutliche Veränderung in den Gehaltswerten der Einzelfuttermittel konnte nicht nachgewiesen werden. In einzelnen Fällen wurde die gesetzlich zulässige Höchstgrenze bereits überschritten.

Auch bei Eisen sind die Entwicklungen kritisch zu sehen. Hier liegen nahezu 5 % aller Proben nach der Umstellung über der gesetzlichen Höchstgrenze. Die Hauptursache sind zunehmend hohe Gehaltswerte in den Grassilagen. Dass das Mineralfutter höhere Eisenfrachten in die Ration eingetragen hat, konnte analytisch nicht nachgewiesen werden. Deklariert wurde Eisen auf den Mineralfuttermitteln nicht.

### Vor der Umstellung

### Nach der Umstellung



**Abbildung 15: Vergleich der Profile der Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen an 20 aufeinanderfolgenden Messtagen vor (links) und nach (rechts) der Umstellung in den elf Referenzbetrieben**

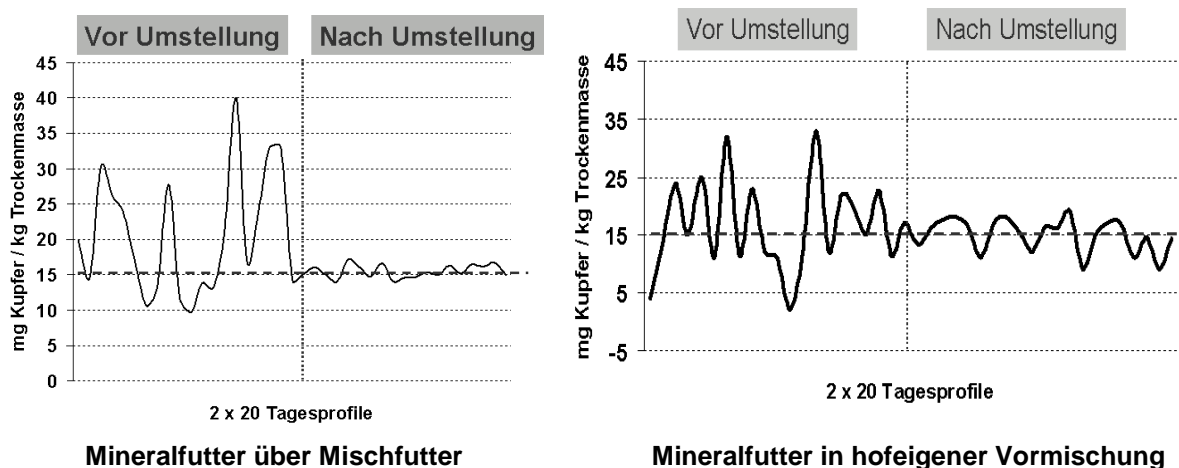
In der Abbildung 15 sind getrennt nach den Spurenelementen Kupfer, Zink, Mangan und Selen die Profile der 20 aufeinanderfolgenden Tageswerte vor und nach der Umstellung gegenübergestellt. Außerdem wurden Analysewerte der beiden Beprobungen und der Zielwert dargestellt, welcher zwischen den Betrieben den Mineralfutterpartnern der Betriebe und den Projektverantwortlichen nach Optimierung ausgehandelt wurde. Der betriebliche und

industrielle Einfluss blieb jedoch erkennbar. Insgesamt ist festzustellen, dass die Konzentration von Kupfer, Zink, Mangan und Selen in den Totalmischrationen zwischen den Betrieben erheblich variiert.

Bei der Untersuchung der TMR-Proben im Verlauf der 20 Tage (Abbildung 15) gab es erhebliche Schwankungen in den Spurenelementkonzentrationen in den Tagesprofilen. In einzelnen Betrieben wird konsequent über- oder unterversorgt, zum Teil deutlich unter die Grenzen der Versorgungsempfehlungen und über die futtermittelrechtlich zulässigen Bereiche, und in anderen Betrieben schwanken die Werte von weit unterversorgt bis deutlich überversorgt. Zudem muss hinterfragt werden, inwiefern die aktuelle TMR-Mischtechnik in den Landwirtschaftsbetrieben in der Lage ist, Kleinstbestandteile exakt einzumischen oder es gilt, die Sorgfaltspflicht der Agierenden beim Befüllen bzw. Dosieren von Mineralfutter in den Mischwagen zu hinterfragen.

### Mischgenauigkeit

Abbildung 15 lässt gut erkennen, dass sich die Mischgenauigkeit der TMR in den meisten Fällen verbessert hat. In zwei Betrieben wurde neben der Veränderung des Mineralfutterkonzeptes die Art der Dosierung in die TMR-Mischung geändert. In einem Fall wurde das Mineralfutter komplett über industriell hergestelltes pelletiertes Mischfutter zugesetzt und im zweiten Fall erfolgte über den TMR-Mischwagen eine Vormischung der Kraftfutterkomponenten mit dem Mineralfutter auf Vorrat. Wie die Abbildung 16 zeigt, konnte in beiden Fällen die Sicherheit der Spurenelementgehalte in den über 20 Tage gemischten und beprobten TMR-Mischungen deutlich verbessert werden.



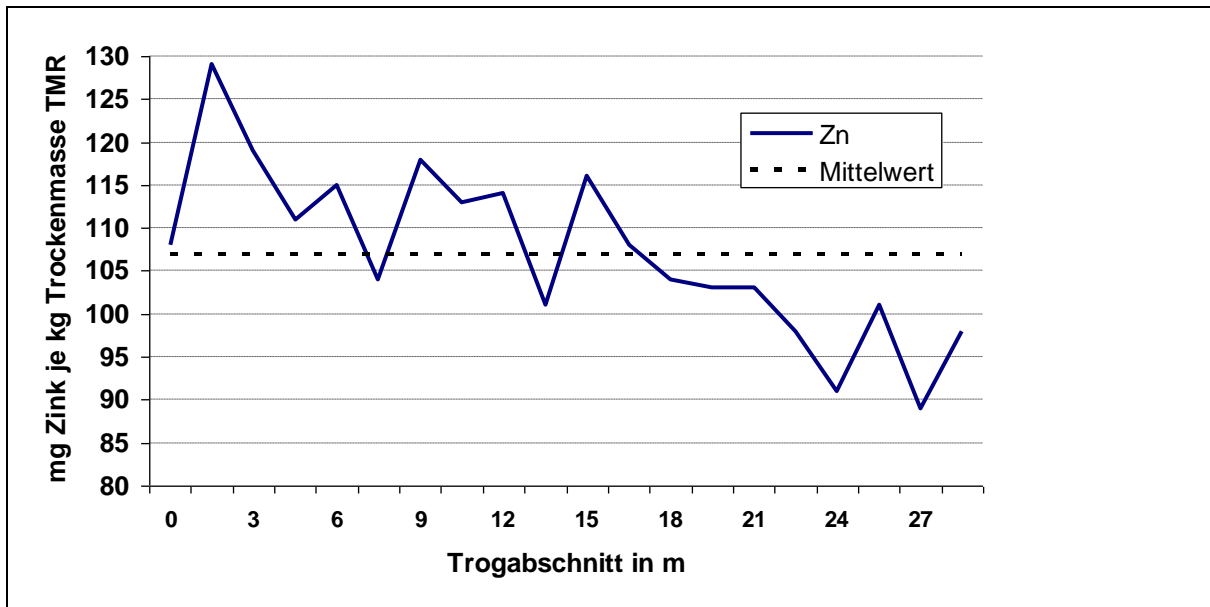
**Abbildung 16: Veränderung der Tagesprofile des Kupfergehaltes nach Umstellung der Dosierform des Mineralfutters**

Auch im Trogverlauf waren deutliche Differenzen offenkundig. Der Schwankungskorridor lief zwischen deutlicher Unter- und Überversorgung. Wie Tabelle 8 und Abbildung 17 zeigen, finden bei Mischung und Ausbringung zum Teil gerichtete Entmischungen statt, welche im Trogverlauf unterschiedliche Gehaltswerte provozieren. Neben der Konsequenz für die Probenahme von TMR-Mischungen aus dem Trog, könnte dies bei Verteilung von Mischungen über mehrere Fütterungsgruppen auch zu einem differenzierten Versorgungsniveau von Tieren beitragen.



**Tabelle 8: Spurenelementgehalte im Trogverlauf nach Ausbringung mit dem TMR-Mischwagen**

Trogabschnitt	Rohasche	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen	Selen
m	g / kg TM	mg/kg Trockenmasse				
0	63	26	108	63	231	0,37
1,5	63	32	129	70	248	0,59
3	66	29	119	66	251	0,55
4,5	62	27	111	63	240	0,44
6	64	26	115	62	231	0,50
7,5	65	25	104	60	234	0,47
9	64	29	118	65	252	0,48
10,5	63	27	113	65	232	0,50
12	63	26	114	64	228	0,47
13,5	59	25	101	55	229	0,39
15	63	27	116	64	241	0,48
16,5	66	26	108	60	246	0,50
18	62	24	104	60	230	0,39
19,5	65	25	103	58	237	0,40
21	64	25	103	60	249	0,42
22,5	62	23	98	57	224	0,37
24	62	21	91	53	232	0,36
25,5	67	25	101	57	253	0,46
27	71	21	89	53	225	0,32
28,5	70	26	98	56	293	0,37
MW	64	26	107	61	240	0,44
min	59	21	89	53	224	0,32
max	71	32	129	70	293	0,59
Stabw	3	2	10	4	16	0,07
s %	4	10	9	7	6	16,03



**Abbildung 17: Veränderung des Zinkgehaltes der TMR-Mischungen im Trogverlauf nach Ausbringung mit dem Mischwagen**

Bei Exaktmessungen unter Versuchsbedingungen, in welchen nahezu 40 verschiedene Mischsysteme im Test standen, fielen 45 % der Wagen durch, weil ihre Abweichung zur Kontrollmischung mehr als 25 % betrug (STEINHÖFEL 2011).

#### 4.1.2.4 Untersuchungen zum Eisengehalt in den TMR-Mischungen

Obwohl die Vielzahl der möglichen Interaktionen und die aktuell unmögliche Optimierung in der Fütterung entmutigt, dürfen antagonistische Wirkungen bei der Spurenelementversorgung nicht völlig ausgeklammert werden. Neben einer möglichst punktgenauen Einhaltung der supplementierten Spurenelemente über optimierte Mineralfutter muss insbesondere das Element Eisen beobachtet werden, weil es im Verdacht steht, aktuell die meisten Probleme zu bereiten.

In den vorliegenden Untersuchungen, in welchen der Eisengehalt nicht optimiert wurde, weil er in den seltensten Fällen bewusst über das Mineralfutter supplementiert wird, stieg der mittlere Eisengehalt der TMR-Mischungen von vor zu nach der Umstellung von 374 auf 442 mg je kg TM an (Tabelle 7). Letzterer Wert liegt, wie sächsische Untersuchungen zeigen (STEINHÖFEL 2008), im Bereich des Mittelwertes sächsischer Mischungen, welche mittlere Eisengehalte von 465 mg je kg TM aufweisen. Nicht wenige sächsische TMR weisen mittlerweile Eisengehalte im Grammbereich nach. Als Ursache wird u. a. die Erdbeimengung in Grassilagen diskutiert.

Der Eisengehalt der Böden in den elf Referenzbetrieben des Projektes liegt zwischen 1.600 und 12.000 mg je kg Erde TM (Abbildung 18). Wie die Abbildung 19 zeigt, ist in einigen Betrieben der Eisengehalt nach der Umstellung drastisch angestiegen, vereinzelt liegt der Wert schon über oder nahe dem futtermittelrechtlichen Grenzwert von ca. 850 mg je kg TM der Ration (gilt nur bei bewusster Supplementierung als futtermittelrechtlicher Verstoß).

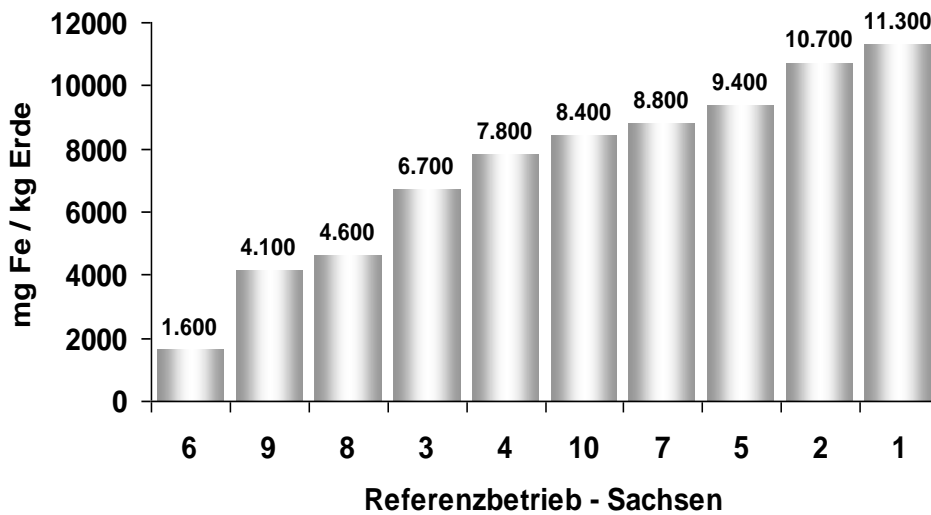


Abbildung 18: Gehalt an Eisen in den Böden des Grünlandes der elf Referenzbetriebe

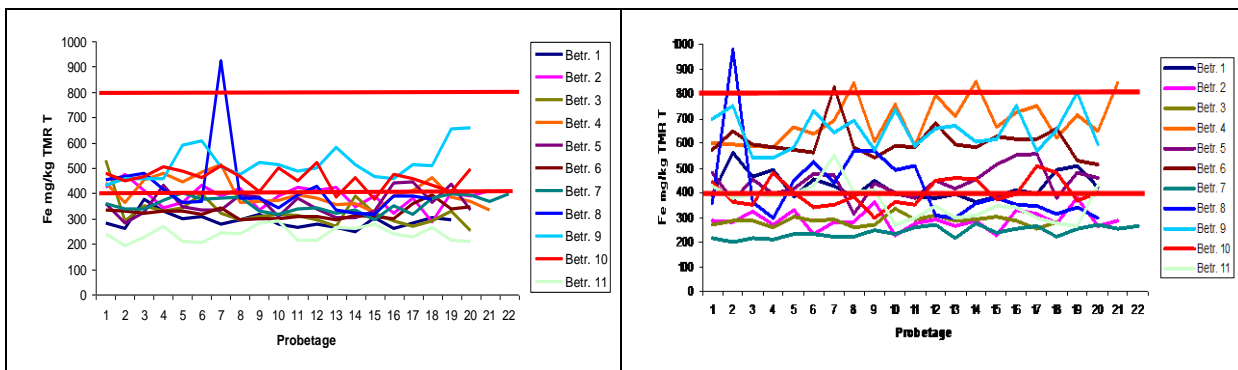


Abbildung 19: Vergleichende Darstellung des Eisengehaltes der TMR-Mischungen vor und nach der Umstellung

Eine Beziehung zwischen den Eisengehalten der Böden und den Eisengehalten der TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben konnte nicht nachgewiesen werden. Weitere Eisenquellen sind der Verlust an organischer Substanz, der Abrieb eisenhaltiger Bedarfsträger und das Tränkwasser. Analytisch jedoch scheint Letzteres kein Problem für die hier diskutierte Thematik zu sein. Die Trinkwasser-RL der EU (RL 98/83 EG) legt einen Höchstwert von 0,2 mg Eisen je Liter fest. Bei Untersuchungen der Tränkwasser in den untersuchten Praxisbetrieben wurde dieser Wert nie erreicht. Hier betrug die Konzentration oft nicht mehr als 0,03 mg je Liter. Unterstellt man aber die 0,2 mg Eisen/l und geht davon aus, dass die Milchrinder 100 bis 150 Liter Tränkwasser saufen, dann nimmt die Kuh über das Tränkwasser 20 bis 30 mg Eisen auf. Diese Menge ist bereits in 50 g Trockenmasse der meisten TMR zu finden.

Weil der Hauptteil des Eisens über Grassilagen der Wiederkäuerration zugeführt wird, sollte auch die qualitative Veränderung der Eisenverbindungen durch die Silierung bewertet werden. Ziel war es, die Veränderung der Löslichkeit - und damit der Bioverfügbarkeit - von Eisen vom Siliergut zur Silage zu beschreiben. Dazu wurden Modell-silagen aus Welschem Weidelgras in Weckgläsern hergestellt, welchen jeweils Erde aus einem von neun der sächsischen Referenzbetriebe zugesetzt wurde. Das Siliergut stammte aus einem Betrieb und wurde im Feldfutterbau in Reinkultur angebaut. Das Gras wurde schonend und schmutzarm geerntet, auf 3 cm mittlere Häcksellänge zerkleinert und auf Folien zwischengelagert. Die Silierung erfolgte in 1 l-Weckgläser. Je Variante wurden drei Weckgläser gefüllt und je eine Siliergutprobe bei -18 °C tiefgefroren. Zuvor wurde dem Siliergut 0,40 bzw. 80 g

Erde je kg Trockensubstanz homogen zugesetzt und anschließend im Glas auf adäquat ca. 200 kg TM/m<sup>3</sup> verfestigt. Die Gläser wurden nach 96 Tagen zeitgleich geöffnet und zur Analytik weitergeleitet bzw. bei -18 °C eingelagert. Die gewünschte Staffelung des Rohaschegehaltes (100 g, 123 g und 149 g/kg TM im Mittel) und des Eisengehaltes (316 g, 1.062 g und 1.441 g/kg TM im Mittel) wurden realisiert. Trotz der Erdbeimengung wurden in jedem Fall ein guter bzw. sehr guter Konserviererfolg und eine nahezu gleiche Proteolyse nach 96 Siliertagen ermittelt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 dargestellt. Darin ist die deutliche Erhöhung des Rohaschegehaltes (100 g, 123 g und 149 g/kg T im Mittel) und des Eisengehaltes (316 g, 1.062 g und 1.441 g/kg T im Mittel) erkennbar. In Variante I ist ein etwa dreifach erhöhter Eisengehalt provoziert worden und in Variante II ein etwa fünffacher Eisengehalt gegenüber dem nativ vorhandenen Gehalt im Siliergut. Als Ergebnis des Gefäßversuches kristallisiert sich heraus, dass eine bis zu achtfache Erhöhung der Eisenlöslichkeit während des Silierprozesses stattfindet.

**Tabelle 9: Untersuchungen zur Löslichkeit des Eisens in Siliergut und Silagen**

Erde aus Betrieb	Zulage 40 g Erde je kg TM				Zulage 80 g Erde je kg TM			
	RA	Eisen	Siliergut	Silage	RA	Eisen	Siliergut	Silage
	g/kg TM	mg/kg TM	% Fe-Löslichkeit		g/kg TM	mg/kg TM	% Fe-Löslichkeit	
1	125	1.682	5	39	153	2.873	5	36
2	125	1.244	7	36	139	1.798	7	38
3	120	1.156	5	36	149	2.262	6	42
4	119	1.121	6	38	137	2.007	7	30
5	120	1.134	5	31	156	2.027	5	36
6	120	905	6	37	139	1.220	4	32
7	126	553	11	31	163	794	13	19
8	122	902	9	38	147	1.471	7	33
9	132	863	8	39	156	1.363	6	35
10	121	787	8	38	148	824	7	20
MW	123	1.062	7	36	149	1.757	7	32

Inwieweit dies die antagonistische Wirkung des Eisens im Tierkörper verschärft, kann aktuell noch nicht gewertet werden. Diese Frage ist Gegenstand eines gesonderten Versuches, welcher im Rahmen des Projektes gemeinsam mit dem Institut für Tierernährung der FU Berlin (Prof. Dr. habil. Jürgen Zentek) und dem Bundesinstitut für Risikobewertung (PD Dr. habil. Helmut Schafft) mit dem Titel „Untersuchungen zur Wirkung unterschiedlicher Eisenqualitäten aus sächsischen Grassilagen auf carry over in tierische Gewebe und auf Wechselwirkungen zu anderen Spurenelementen bei wachsenden Ziegenlämmern“ auf dem Versuchsgut Berlin-Marienfelde am Bundesinstitut für Risikobewertung durchgeführt wurde. Weil diese Untersuchungen eher Grundlagencharakter besitzen, wird in dieser Schrift auf eine Ergebnisdarstellung verzichtet.

## 4.2 Indikatoren der Versorgungssituation der Milchrinder

### 4.2.1 Ergebnisse der Blut- und Leberbioplatuntersuchungen

Für eine rasche Einschätzung der Spurenelementversorgung eines Milchviehbestandes werden häufig die Ergebnisse einer Untersuchung der Futterration und die Erfassung der Elementgehalte im Blut herangezogen. Bedingt durch die homöostatischen Regulationsmechanismen ist die Aussagefähigkeit von Blutuntersuchungen erheblich eingeschränkt. Ferner ist bei der Interpretation der Messergebnisse zu berücksichtigen, dass zahlreiche weitere exogene und endogene Einflüsse auf die Elementgehalte im Blut bestehen. In den vorliegenden Arbeiten konnte kein Einfluss des Laktationsstadiums oder der Laktationszahl auf die Spurenelementkonzentrationen im Blut festgestellt werden. Die untersuchten Blutproben vor der Umstellung zeigen insgesamt erwartungsgemäße Konzentrationen an Spurenelementen. Allerdings besteht teilweise eine Tendenz zu sehr hohen Gehalten (Tabelle 10). Die ermittelten Werte nach der Umstellung liegen für Selen in ähnlicher Größenordnung, bei Kupfer sind überwiegend geringere Konzentrationen, bei Eisen und Mangan deutlich höhere Werte und beim Zink wiederum geringere Konzentrationen festzustellen. Die Eisen- und Mangankonzentrationen liegen sehr hoch.

**Tabelle 10: Spurenelementgehalte im Blutplasma vor und nach Umstellung**

Betrieb	Kupfer mg/l		Zink mg/l		Mangan mg/l		Selen µg/l		Eisen mg/l	
	Referenz 0,7 – 1,5		Referenz 0,6 - 1,6		Referenz > 70		Referenz 0,8 – 2,0			
	Umstellung		Umstellung		Umstellung		Umstellung		Umstellung	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
1	0,65 ±0,27	0,47 ±0,22	1,63 ±0,20	0,62 ±0,20	0,11 ±0,09	3,42 ±3,36	96 ±6,13	96 ±9,53	2,1 ±0,68	4,5 ±3,22
2	1,77 ±1,19	1,30 ±0,39	2,00 ±0,33	0,62 ±0,31	0,22 ±0,04	3,04 ±0,63	94 ±9,47	73 ±11,47	1,9 ±0,66	5,8 ±1,15
3	1,52 V0,90	1,49 ±0,75	1,71 ±0,64	0,70 ±0,26	1,93 ±2,42	2,91 ±0,57	109 ±19,8	110 ±17,3	1,6 ±0,93	4,1 ±2,71
4	1,85 ±1,17	1,29 ±0,96	1,29 ±0,48	1,04 ±0,41	1,20 ±0,80	4,14 ±1,81	115 ±12,28	111 ±19,69	1,8 ±1,01	5,9 ±4,42
5	1,61 ±0,83	1,17 ±0,37	1,93 ±0,39	0,50 ±0,12	0,19 ±0,18	2,34 ±0,41	82 ±13,1	86 ±6,83	1,4 ±0,49	2,3 ±1,60
6	2,39 ±2,05	0,57 ±0,28	0,91 ±0,42	1,09 ±0,32	1,30 ±1,61	3,00 ±0,70	94 ±16,35	103 ±9,94	1,4 ±0,80	7,1 ±2,58
7	2,41 ±2,56	0,71 ±0,29	1,36 ±0,62	0,75 ±0,17	0,34 ±0,41	2,42 ±1,04	113 ±15,3	101 ±5,86	2,4 ±1,76	2,9 ±1,95
8	2,13 ±1,18	1,02 ±0,35	0,87 ±0,33	1,27 ±0,41	0,59 ±0,43	2,62 ±1,49	119 ±19,68	119 ±19,95	0,7 ±0,71	4,3 ±3,54
9	1,63 ±1,71	1,01 ±0,47	1,47 ±0,51	2,01 ±0,77	0,27 ±0,05	4,09 ±1,93	82 ±22,4	107 ±15,7	1,8 ±1,10	9,3 ±5,60
10	2,09 ±1,39	1,09 ±0,45	1,79 ±0,51	0,91 ±0,22	1,24 ±0,83	3,66 ±0,94	113 ±13,91	75 ±11,20	0,9 ±0,60	1,8 ±1,31
11	1,64 ±1,96	1,47 ±0,24	1,91 ±0,29	1,21 ±0,45	0,56 ±0,60	2,30 ±0,53	97 ±5,96	82 ±9,59	2,6 ±0,46	2,1 ±0,73
Insgesamt	1,79 ±1,96	1,04 ±1,53	1,51 ±0,57	0,98 ±0,55	0,81 ±0,94	3,10 ±1,55	102 ±19,0	97 ±19,6	1,7 ±1,01	4,5 ±3,66

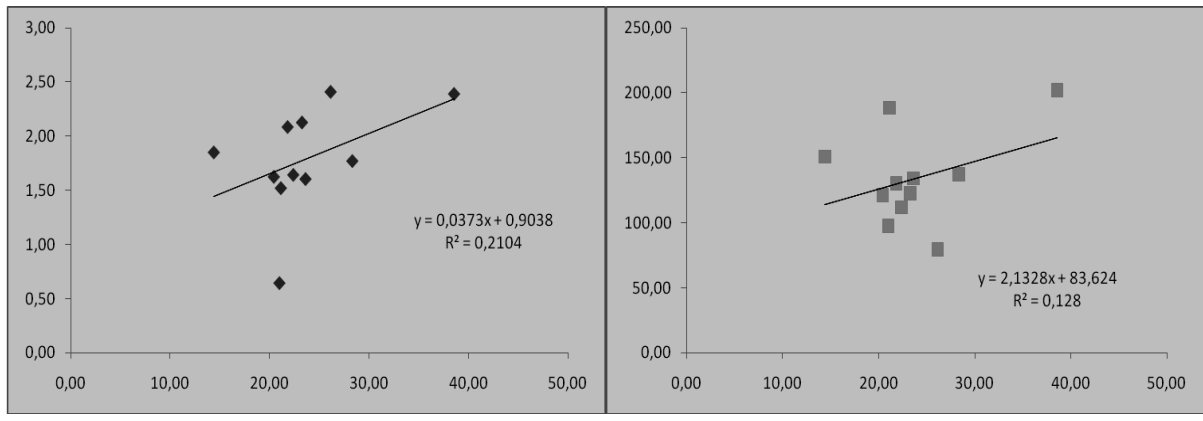
**Tabelle 11: Spurenelementgehalte in Leberbiopтатаen vor und nach Umstellung**

Betrieb	Kupfer mg/l		Zink mg/l		Mangan mg/l		Selen µg/l		Eisen mg/l	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
Referenz	35 - 175									
	Umstellung		Umstellung		Umstellung		Umstellung		Umstellung	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
1	97,47 ±60,70	105,58 ±42,98	23,37 ±10,63	10,56 ±4,34	4,10 ±3,83	4,94 ±4,22	610 ±205,7	359 ±85,98	101,5 ±78,17	219,3 ±160,6
3	137,40 ±72,26	148,35 ±29,26	16,44 ±4,92	29,37 ±6,72	5,48 ±1,72	3,74 ±0,57	548 ±176,38	497 ±112,55	110,2 ±72,25	76,7 ±10,04
4	188,50 ±28,73	132,15 ±25,48	20,94 ±3,41	32,38 ±6,92	13,89 ±14,00	3,86 ±0,57	706 ±129,5	433 ±82,09	31,0 ±16,11	83,8 ±11,58
5	150,97 ±53,68	113,09 ±32,92	30,24 ±9,72	30,87 ±10,44	16,54 ±8,22	5,42 ±2,73	920 ±341,90	263 ±105,15	39,3 ±28,75	218,4 ±74,09
7	134,28 ±62,62	83,75	19,83 ±11,67	10,48	13,09 ±5,78	2,34	520 ±199,4	422	89,7 ±76,76	33,6
8	202,00 ±89,18	113,12 ±59,15	16,63 ±5,40	15,99 ±4,32	4,59 ±2,49	5,32 ±1,91	971 ±359,9	382 ±142,94	81,5 ±91,47	134,7 ±80,80
9	79,77 ±32,48	104,02 ±54,96	6,11 ±2,40	22,16 ±3,51	6,39 ±4,15	6,49 ±1,73	721 ±184,8	366 ±52,80	130,0 ±46,50	93,2 ±14,43
10	122,84 ±101,47	103,04 ±38,10	15,30 ±8,02	22,10 ±5,60	2,63 ±2,60	6,56 ±4,25	1470 ±935,59	407 ±182,38	125,2 ±76,00	111,9 ±45,36
11	121,19 ±23,88	120,95 ±23,65	20,57 ±6,47	22,54 ±7,47	3,18 ±3,53	6,26 ±1,56	554 ±126,4	454 ±86,83	76,1 ±46,46	84,3 ±26,23
Insgesamt	130,36 ±56,04	117,46 ±41,26	19,62 ±4,03	23,05 ±9,30	4,41 ±2,93	5,29 ±2,62	905 ±333,9	399 ±125,0	87,2 ±43,14	120,6 ±82,42

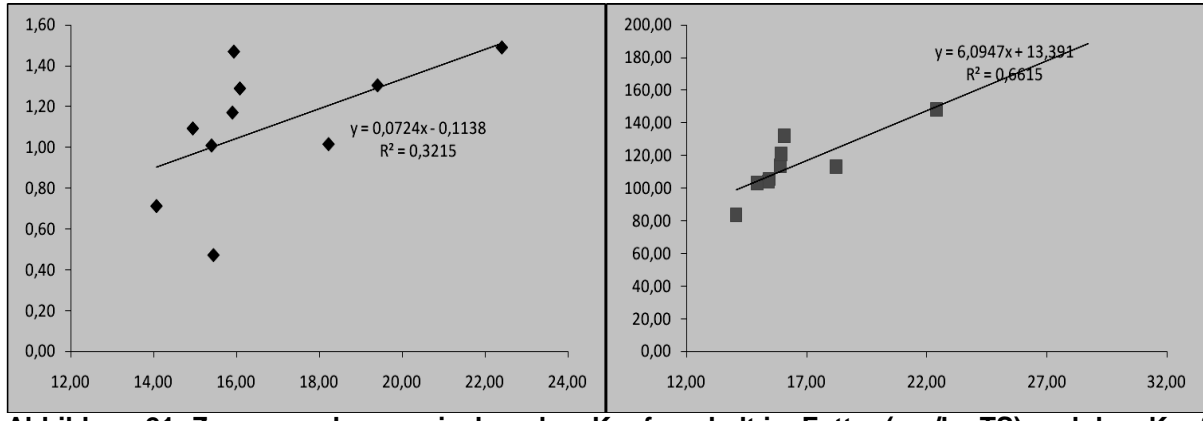
### Kupfer

Bei der Beprobung vor Umstellung liegen neun Betriebe im mittleren Kupfergehalt über dem Referenzwert, ein Betrieb leicht darunter und ein Betrieb an der oberen Grenze des Referenzbereiches. Bei der Beprobung nach Umstellung liegen zwei Betriebe leicht unter der unteren Grenze des Referenzbereiches, alle anderen Betriebe liegen innerhalb des Referenzbereiches. In den Untersuchungen vor der Umstellung zeigte sich eine relativ gute Beziehung zwischen den Kupfergehalten in der totalen Mischration und dem Kupfergehalt im Plasma. Allerdings ist die Schwankung erheblich und daher erscheint es kaum möglich, aus den Plasmagehalten einen Rückschluss auf die Ration bzw. umgekehrt zu suchen (Abbildung 20 links).

Die Beziehung zwischen den Kupfergehalten im Futter und den Konzentrationen in der Leber war weniger deutlich und sehr variabel (Abbildung 20 rechts). Auch bei der Bewertung der Befunde nach der Umstellung ergab sich eine gerichtete Tendenz zwischen den Kupfergehalten in der totalen Mischration und den im Plasma (Abbildung 21 links) und den in der Leber festgestellten Kupferkonzentrationen (Abbildung 21 rechts). Obwohl auch hier eine erhebliche Variabilität festzustellen ist, könnte anhand der Plasma- und Leberproben ein gewisser Rückschluss auf die Versorgungslage der Tiere möglich sein.



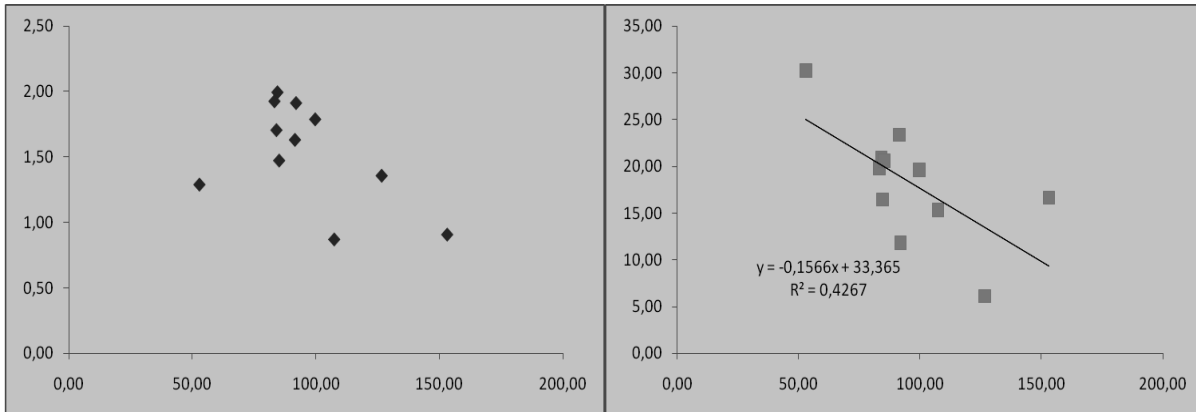
**Abbildung 20: Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Kupfergehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung**



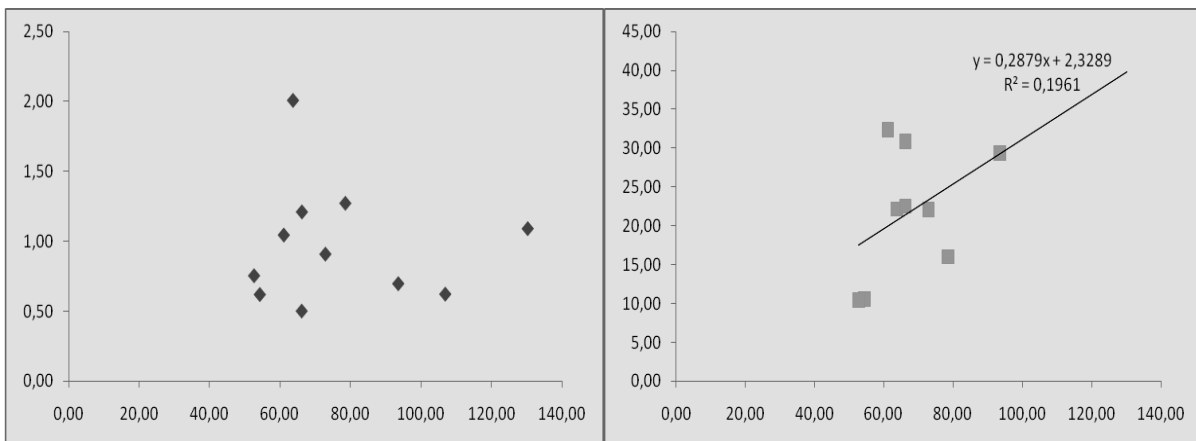
**Abbildung 21: Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Kupfergehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) (ohne Betrieb 6) nach der Umstellung**

**Zink**

Hinsichtlich des Zinkgehaltes im Blutplasma liegen im Mittelwert fünf Betriebe über dem Referenzwert bei der Beprobung vor Umstellung, alle anderen sechs Betriebe innerhalb des Referenzbereiches. Bei der Beprobung nach Umstellung liegt ein Betrieb über dem Referenzbereich, drei Betriebe liegen darunter und sieben Betriebe innerhalb des Referenzbereiches für Zink im Blutplasma. Zwischen den im Plasma ermittelten Zinkkonzentrationen und dem Zinkgehalt im Futter bestand keine gerichtete Beziehung (Abbildung 22 links). Erstaunlicherweise ergab sich rechnerisch zwischen den mittleren Konzentrationen an Zink in der totalen Mischration und dem Zinkgehalt in der Leber sogar eine negative Beziehung (Abbildung 22 rechts). Nach der Umstellung war der Zinkgehalt im Plasma nicht positiv mit den Konzentrationen in der totalen Mischration korreliert, ähnlich, wie dieses auch Untersuchungen vor der Umstellung ergaben (Abbildung 23 links). In der Leber war demgegenüber eine Tendenz zu höherem Zinkgehalt in mit zunehmenden Konzentrationen in der Ration erkennbar (Abbildung 23 rechts). Damit unterscheidet sich der Datensatz nach der Umstellung von den vor der Umstellung ermittelten Daten.



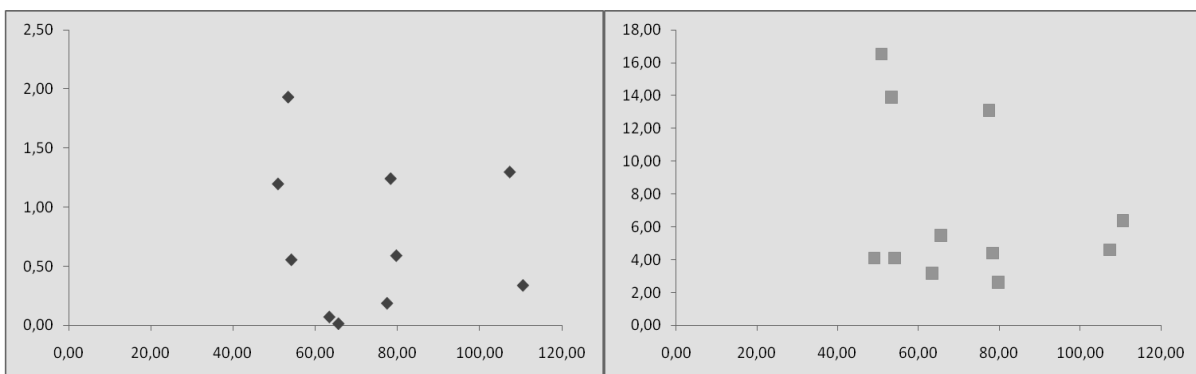
**Abbildung 22: Zusammenhang zwischen dem Zinkgehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Zinkgehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung**



**Abbildung 23: Zusammenhang zwischen dem Zinkgehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Zinkgehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung**

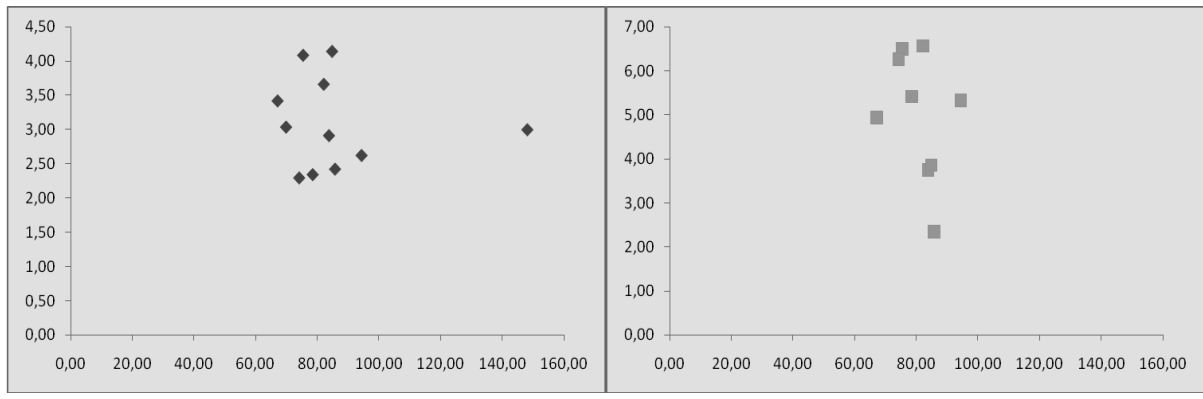
### Mangan

Die Mangangehalte in der Ration wurden weder durch den Mangangehalt im Plasma noch in der Leber reflektiert (Abbildung 24 und 25). Mangan trat in relativ hohen Konzentrationen im Plasma bzw. im Lebergewebe auf, ohne dass sich eine Beziehung zur Fütterung herstellen lässt.



**Abbildung 24: Zusammenhang zwischen dem Mangangehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Mangangehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung**



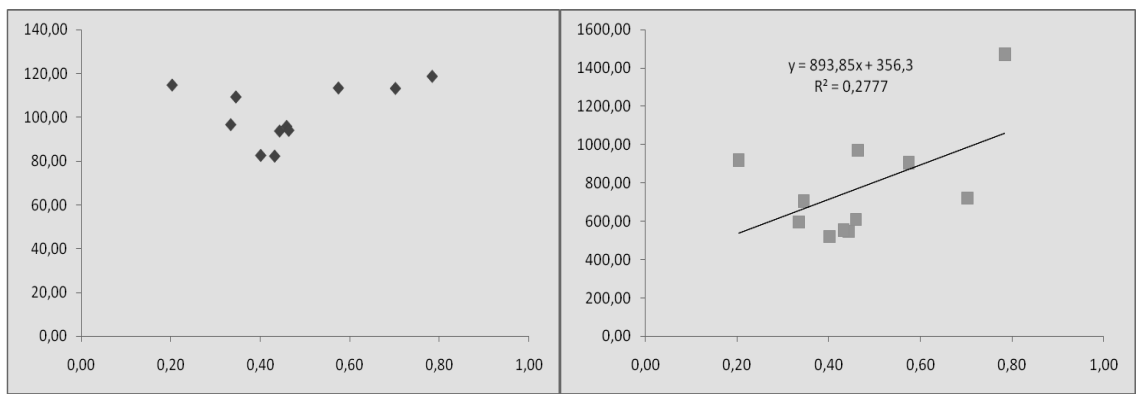


**Abbildung 25: Zusammenhang zwischen dem Mangangehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Mangangehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung**

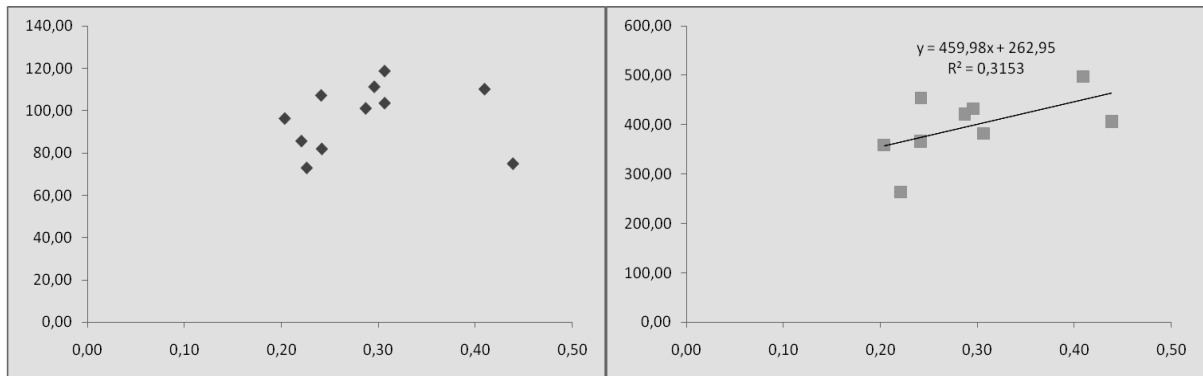
**Selen**

Für den Selengehalt im Blutplasma gibt es keinen Referenzbereich, sondern nur einen Minimalwert, der nicht unterschritten werden sollte. Bei unseren analysierten Blutwerten lagen alle Werte bei beiden Beprobungen oberhalb dieses Wertes. Zwei Betriebe liegen im Mittelwert des Gehaltes über dem Referenzwert. Die Selengehalte im Plasma lagen im oberen Erwartungsbereich und korrelierten nicht mit der Fütterung (Abbildung 26 und 27 links).

Zwischen den Selengehalten in der Ration und den in der Leber festgestellten Selenkonzentrationen ergab sich demgegenüber eine positive Beziehung (Abbildung 26 und 27 rechts). Die nach der Umstellung erfassten Selenkonzentrationen im Plasma und in der Leber entsprechen weitgehend den Befunden von vor der Umstellung. Der Zusammenhang zwischen den Konzentrationen im Futter und in der Leber ist relativ deutlich, während sich für das Plasma keine entsprechende Korrelation ergibt.



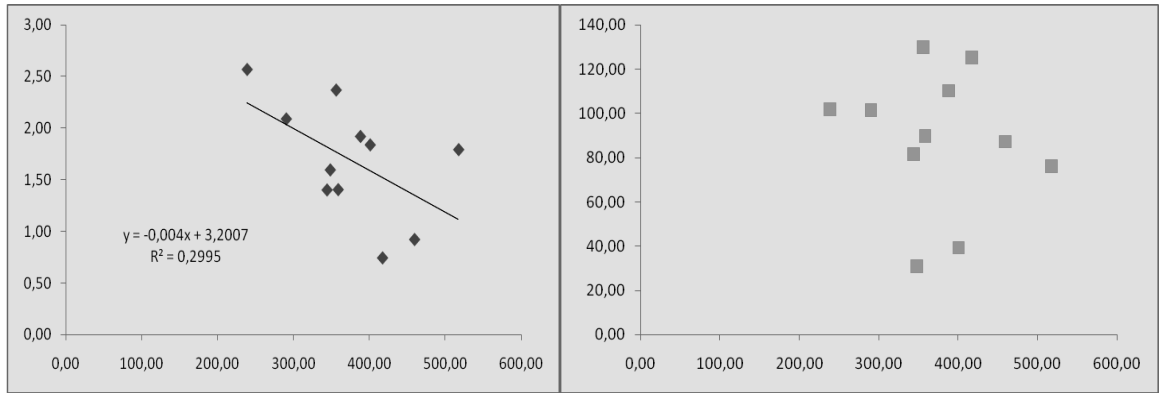
**Abbildung 26: Zusammenhang zwischen dem Selengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Selengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung**



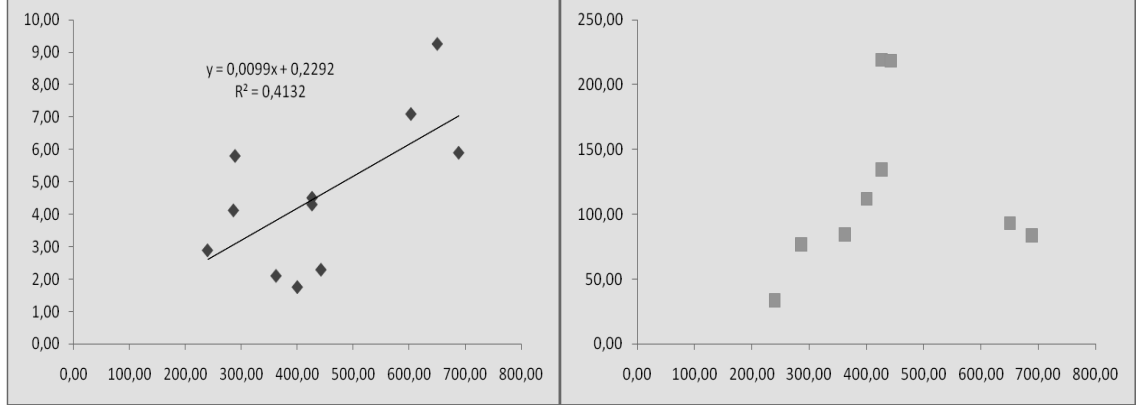
**Abbildung 27: Zusammenhang zwischen dem Selengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Selengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung**

**Eisen**

Auch beim Eisen war es nicht möglich, zwischen den im Plasma bzw. in der Leber ermittelten Werten eine gerichtete Korrelation zum Futter herzustellen (Abbildungen 28 und 29). Im Plasma war sogar eine negative Tendenz festzustellen. Im Unterschied zu den vor der Umstellung untersuchten Proben ergab sich im Probensatz nach der Umstellung eine positive Beziehung zwischen den Eisengehalten in der Ration und den im Plasma gemessenen Werten. Zwischen den Konzentrationen in der totalen Mischration und in der Leber ergibt sich demgegenüber kein erkennbarer Zusammenhang.



**Abbildung 28: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Eisengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) vor der Umstellung**



**Abbildung 29: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt im Futter (mg/kg TS) und dem Eisengehalt im Plasma (mg/L) und in der Leber (mg/kg) nach der Umstellung**

## Korrelation zwischen Eisengehalt und Kupfer-, Zink-, Mangan- und Selengehalt in der Leber

Mithilfe einer prinzipiellen Komponentenanalyse konnten negative Effekte des Eisengehalts in der Leber auf andere Spurenelementkonzentrationen festgestellt werden. Die deskriptive Darstellung (Abbildung 30) zeigt, dass mit zunehmendem Eisengehalt in der Leber ein Trend zu niedrigeren Kupfer-, Mangan-, Selen- und Zinkgehalten besteht. Eine detaillierte Diskussion der Befunde kann der Dissertation von SAEED (2010) entnommen werden.

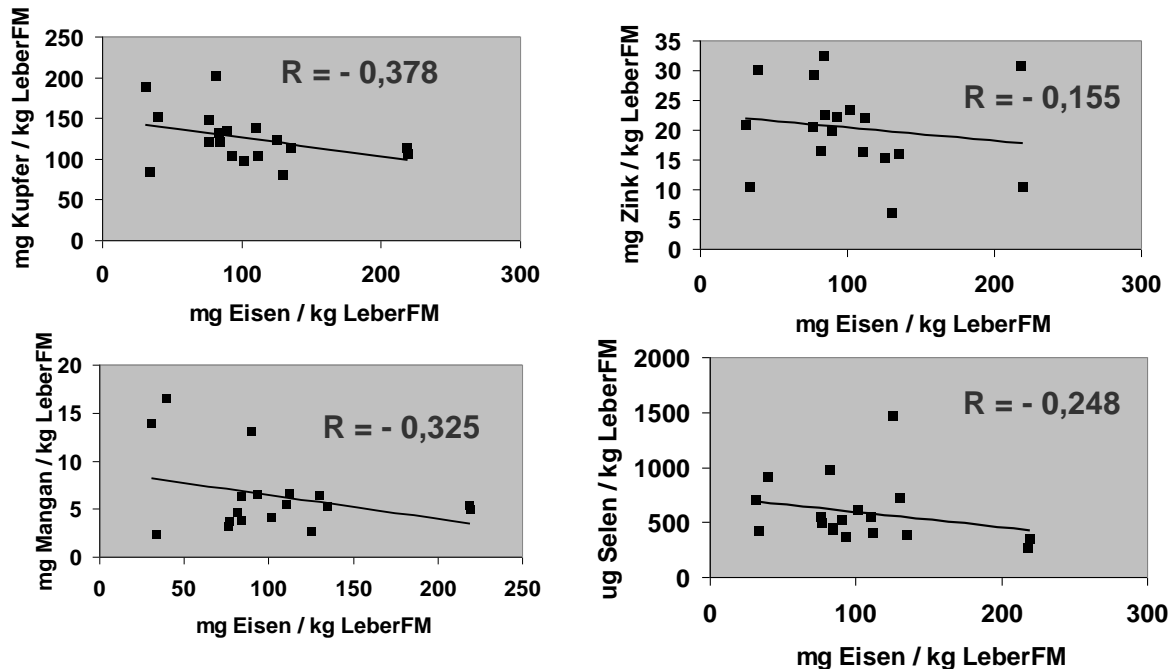


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt der Leber (mg/kg) und den Gehalten an Kupfer, Zink, Mangan (mg/kg) und Selen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in der Leber der Milchkühe

## 5 Zusammenfassende Diskussion

Die Analyseergebnisse zur Feststellung der Ausgangssituation wiesen eine deutliche Überversorgung mit Spurenelementen in der Mischration der elf Referenzbetriebe nach. Folgende Ursachen für das Vorhalten von Spurenelementen in Rationen für Milchrinder wurden in den sächsischen Untersuchungen ermittelt:

- Die Gehalte an Spurenelementen in Einzelfuttermitteln blieben bei der Bilanzierung der Rationen unberücksichtigt.
- Überwiegend wurden Mineralfuttermittel aus dem Sortiment der Industrie ohne qualitative oder quantitative Anpassung an betriebliche oder standortspezifische Bedingungen eingesetzt.
- Aufgrund der Leistungsentwicklung der letzten Jahre wird an den aktuellen Versorgungsempfehlungen empirisch gezweifelt.
- Die wirtschaftliche Bedeutung der Reduzierung des Spurenelementgehaltes im Mineralfutter ist eher gering, weil umweltseitige Sanktionen bislang nicht stattfinden.
- Durch Stoffwechselbefunde wird oft ein Mangel im Bestand angezeigt, welcher aufgrund der Homöostase bzw. der antagonistischen Wirkungen der Elemente untereinander fehlinterpretiert wird.

- Die schwer bilanzierbaren Antagonismen provozieren ein unkontrolliertes Sicherheitsdenken, d. h. weiteres Verhalten an Spurenelementen.
- Die aktuelle TMR-Technik zeigt Schwächen bei der Mischgenauigkeit von Spurenelementen.
- Auf zugekauften Mischfuttermitteln bzw. Vormischungen wird häufig der Gehalt an Spurenelementen nicht oder unvollständig deklariert und geht somit nicht in die Rationsbilanzierung ein.

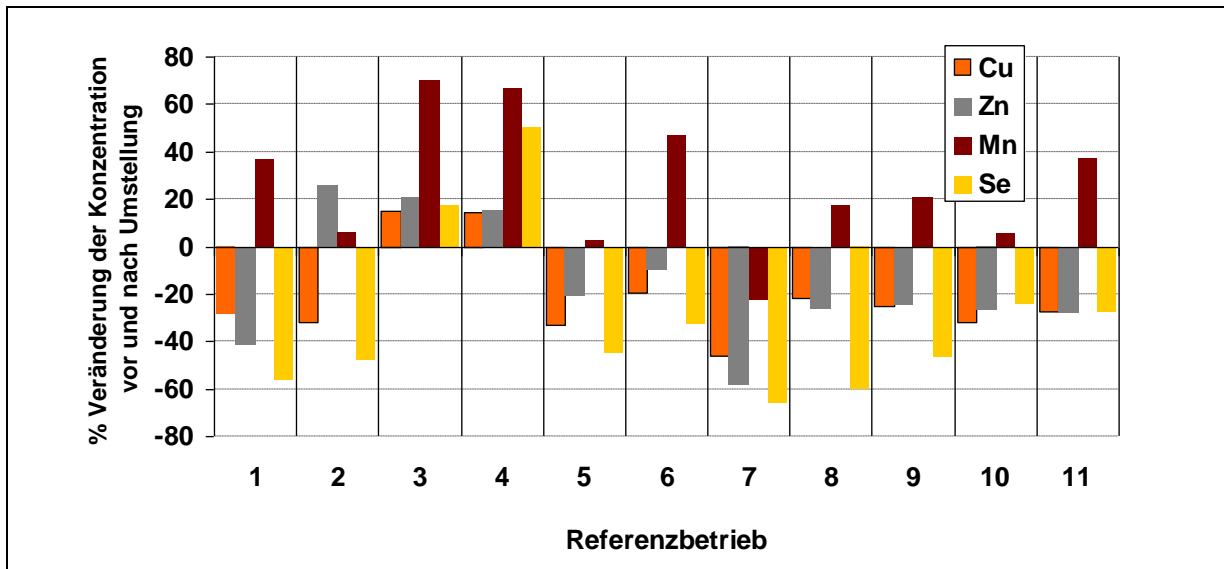
Durch Einbeziehung von Spurenelements-Gehaltswerten der Einzelfuttermittel und durch daran angepasste qualitative und quantitative Mineralfutterkonzepte konnte die mittlere Kupfer-, Zink- und Selenkonzentration in den TMR um 22, 21 bzw. 38 % auf 178, 153 bzw. 144 % der Versorgungsempfehlung reduziert werden (Tabelle 12 und Abbildung 31). Aus nicht erkläraren Gründen gelang beim Mangan die Reduzierung nicht. Hier stieg die Konzentration sogar um 16 % auf 172 % der Versorgungsempfehlung an.

Die Erarbeitung der Tabelle mit „sicheren Gehaltswerten“ für die Einzelfuttermittel hat sich als Grundlage für die Berechnung der Mischrationen als sicher erwiesen. Die Differenzen zwischen den rechnerisch kalkulierten und analytisch ermittelten Gehaltswerten waren zu vernachlässigen. Die Beprobung zeigte, dass die rechnerische Kalkulation der Gehaltswerte leicht über den Analysewerten liegt, was beweist, dass der Sicherheitszuschlag einer halben Standardabweichung von Mittelwerten sächsischer Futtermitteldatenbanken völlig ausreichend ist.

Die Untersuchungen konnten auch nachweisen, dass mit betrieblichen Analysendaten der Grobfuttermittel der Spurenelementgehalt sicher erfasst und genutzt werden kann. Die Ursachen für die Gehaltsschwankungen in den Mischungen der Betriebe waren eindeutig der inhomogenen Dosierung der Mineralfutter zuzuordnen. Die Anzahl der am Markt fungierenden Mineralfutterfirmen ist sehr groß, was sich auch im Projekt widerspiegelte. In den elf teilnehmenden Betrieben wurde von acht verschiedenen Mineralfutterfirmen das Mineralfutter bezogen.

**Tabelle 12: Ergebnisübersicht**

mg/kg TM	Kupfer Umstellung		Zink Umstellung		Mangan Umstellung		Selen Umstellung	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
Mittelwert	23	18	98	77	74	86	0,46	0,29
% zur Versorgungsempfehlung	230	178	196	153	148	172	232	144
Streuung	8	4	36	25	26	23	0,23	0,114
min	9	12	38	42	32	52	0,045	0,08
max	46	31	211	148	146	157	1,32	0,73
% über VO (EG) 1334/2003	8	0	6	0	0	5	40	8
Mittlere Veränderung %	-22		-21		16		-38	



**Abbildung 31: Übersicht über die erreichten prozentualen Veränderungen der Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen in den elf Referenzbetrieben**

Ziel der durchgeführten Untersuchung war es, in den sächsischen Milchviehbetrieben den Status der Spurenelementversorgung von hochleistenden Milchkühen durch die Untersuchung von Blutplasma und Leberbiopsien zu ermitteln. Die vorliegende Studie zeigt, dass die untersuchten Betriebe bei einem sehr hohen Leistungsniveau eine insgesamt bedarfsdeckende Fütterung betreiben. Zwischen den Betrieben, aber auch innerhalb eines jeden einzelnen Betriebes ergeben sich erhebliche Schwankungen der Messwerte sowohl im Futter als auch in denen von den Tieren genommenen Proben. Diese Schwankungen machen eine Beurteilung der Fütterungssituation anhand von Blutproben bzw. von Leberbiopsaten sehr unsicher.

Weil neben den vom Labor angegebenen Referenzwerten die Literatur stark abweichende Angaben ausweist, wird zudem eine objektive Beurteilung von Referenzwertüberschreitungen sehr erschwert. Aufgrund der vorliegenden Messergebnisse erscheint es nicht statthaft, die Versorgungslage der Tiere anhand von Plasmaproben bzw. Leberbiopsien abzuschätzen. Der prädiktive Wert ist aufgrund der festgestellten sehr variablen Korrelationen als gering einzuschätzen. Insofern ist davon auszugehen, dass für eine Beurteilung der Ernährungssituation die Untersuchung von Futterproben eindeutig zu bevorzugen ist.

Die festgestellten Schwankungen zeigen jedoch, dass die einmalige Entnahme einer Futterprobe komplett irreführend sein kann. Daher sollte ein Leitfaden für die Praxis erarbeitet werden, der Hinweise für die sachgerechte Probenentnahme gibt. Insgesamt gesehen zeigt sich, dass die Versorgung mit Spurenelementen zwischen den Untersuchungszeitpunkten vor und nach der Umstellung gewissen Schwankungen unterliegt und eine weitere Reduktion entsprechend den gültigen Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie erfolgen sollte. Besonderes Augenmerk ist der Versorgung mit Eisen zu widmen. Hier wurden in beiden Untersuchungsabschnitten teilweise deutliche Überversorgungen festgestellt. Dadurch zu erwartende negative Interaktionen mit anderen Spurenelementen könnten zu einer Belastung des Stoffwechsels der Tiere bzw. letztlich auch der Umwelt führen.

Die Argumentation einer falschen Versorgungsempfehlung lenkt von der Brisanz der Spurenelementversorgung nur ab oder provoziert ein sicherheitsbedingtes Vorhalten von Mikronährstoffen. Es ist sowohl umwelt- als auch tierernährungsseitig kontraproduktiv, an den Empfehlungen zu zweifeln und mit Spurenelementen immer mehr vorzuhalten. Im Unterschied zu den Hauptnährstoffen ist der Anteil an Spurenelementen, welcher im Organismus zurückgehalten wird, sehr gering. Selbst bei Einhaltung der aktuellen Bedarfsempfehlungen werden zum Beispiel bei Milchrindern fast 95 % des Kupfers und des Zinks wieder ausgeschieden.

Eine Versorgung über den Bedarf verschlechtert die Gesamtverwertung und steigert zwangsläufig die Ausscheidungsmenge. Die Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente sind Richtwerte, welche hauptsächlich auf Dosis-Wirkung-Studien beruhen. Durch die Fähigkeit der Kühe, die Mineralstoffabsorption homöostatisch zu regulieren, wird ein Überschuss an Zink, Kupfer und Mangan in der Futtermischung durch gezielte Drosselung der Aufnahme abgefangen. Der Überschuss gelangt nicht in den Körper. Er wird ausgeschieden und über die Wirtschaftsdünger wieder ausgebracht. Dem Argument, dass mit steigender Leistung die quantitative Bereitstellung von Spurenelementen wachsen muss, kann entgegnet werden, dass hochleistende Kühe auch mehr fressen. Weil die aktuelle Versorgungsempfehlung von Konzentrationen in der Futtermischung ausgeht, steigt mit steigender Futteraufnahme automatisch auch die Spurenelementaufnahme.

### **Präambel**

Die aktuelle Spurenelementversorgung unserer Milchrinder ist eher suboptimal als limitierend. Dafür ist eine Reihe von Entwicklungen und auch Halbwissen verantwortlich. Im Interesse der Umwelt und auch der Tiere sind Strategien zum Abbau von Überschüssen erforderlich. In Untersuchungen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, welche in Kooperation mit dem Institut für Tierernährung der FU Berlin (Prof. Dr. habil. Jürgen Zentek) und dem Bundesinstitut für Risikobewertung (PD Dr. Helmut Schafft) durchgeführt werden, wurden Vorschläge zur Optimierung der Spurenelementversorgung von Milchrindern erarbeitet und diskutiert.

### **Danksagung**

Dank gilt allen beteiligten Landwirtschaftsbetrieben für die gute Zusammenarbeit. Dies betrifft sowohl die 20-tägige TMR-Probengewinnung als auch die Unterstützung der Tierdatengewinnung, der Blut- und Leberbioplatproben. Ebenso wird dem Bundesinstitut für Risikobewertung und der Freien Universität Berlin für die konstruktive Zusammenarbeit gedankt.

# Literaturverzeichnis

- ANKE, M. & RISCH, M. (1979): Haaranalyse und Spurenelementstatus. Jena: Fischer-Verlag
- BERRY, C.-N. (2005): Untersuchung von Blutparametern bei Jungrindern der Rassen Deutsche Holsteins und Deutsches Braunvieh, Hannover, Stiftung Tierärztl. Hochsch., Institut für Tierzucht und Vererbungs-forschung und Klinik für Rinder, Diss.
- CHASE, C. R.; BEEDE, D. K.; VAN HORN, H. H.; SHEARER, J. K.; WICCOX C. J. & DONOVAN, G. A. (2000): Responses of lactating dairy cows to copper source, supplementation rate, and dietary antagonist (iron), J. Dairy sci- 83, 1845-1852
- COLEMAN, M. E.; ELDER, R. S.; BASU, P.; KOPPENAAL, G. P.; ATHENS, G. A. (1992): Trace metals in edible tissues of livestock and poultry. Journal of AOAC International 75, 615-625
- DU, Z.; HEMKEN R. W. & HARMON, R. J. (1996): Copper metabolism of Holstein and Jersey cows and heifers fed diets high in cupric sulfate or copper proteinate, J. Dairy Sci. 79, 1873-1880
- ENGLE, T.; FELLNER E. V. & SPEARS, W. (2001): Copper status, serum cholesterol and milk fatty acid profile in Holstein cows fed varying concentrations of copper, J. Dairy Sci. 84, 2308-2313
- FLACHOWSKY, G. (2002): zum Spurenelementbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- FRÜCHTENICHT, K. (2002): Bilanzierung von Spurenelementen bzw. Schwermetallen in der Geflügelhaltung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main
- GIERUS, M.; SCHWARZ, F. J. & KIRCHGEßNER, M. (2002): Selenium supplementation and selenium status of dairy cows fed diets based on grass, grass silage or maize silage. J. Animal. Physiol. Anim. Nutr. 86, 74-82
- KIRCHGEßNER, M. & SCHWARZ, W. A. (1975): Zinkkonzentration in Serum und Blut laktierender Kühe bei experimentellem Zinkmangel und Zinkrepletion. Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 34, 289-299
- KITCHEN, H. (1979): Blood values-normal, variation, abnormal and average values, Amer. Assoc. Zoo Vet. Proc. 1979, 15-5
- KRAFT, W. (1991): Begriffe zum Thema Referenzbereich, Tierärztl. Prax. 19, 569-571
- KÖHN, R. (1995): Durch optimierte Fütterung Fruchtbarkeitsstörungen bei Milchkühen vorbeugen. Rekasen Journal 4, 9 – 11
- KÜHNEN, V.; BIEN, B.; GOLDBACH, H. (2002): Schwermetallbilanzen auf schweinehaltenden Veredlungsbetrieben. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- LUMSDEN, J. H. (1998): „Normal“ or reference values: Questions and comments, Vet. Clin. Path. 27(4), 102-106
- MACKENZIE, A. M.; ILLINGWORTH, C. V.; JACKSON, C. W. & TELFER, S. B. (1996): A comparison of methods of assessing copper and selenium status in cattle in the field. In: XIX World Buiatrics Congress, Edingburgh, 1996
- MCDOWELL (2003): Minerals in animal and human nutrition. Elsevier, Amsterdam
- MILLS, C. F. & DAVIS, G. K. (1987): Molybdenum. In: W. Mertz (Hrsg.): Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Volume 1, Academic Press, New York, London, S. 429-463

- National Research Council (NRC) (1980): Mineral tolerance of domestic animals. National Academy Press, Washington.
- National Research Council (NRC) (1983): Selenium in nutrition. National Academy Press, Washington.
- National Research Council (NRC) (1984): Nutrient requirement of domestic animals, nutrient requirement of beef cattle. 6<sup>th</sup> Ed., National Academy Press, Washington.
- National Research Council (NRC) (1989): Nutrient requirement of domestic animals, nutrient requirement of dairy cattle. 6<sup>th</sup> Ed., National Academy Press, Washington.
- National Research Council (NRC) (2005): Mineral Tolerance of Animals, 2<sup>nd</sup> Revised Edition. The National Academies Press, Washington D.C., USA
- ÖHLSCHLÄGER, S. (2006): Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitamingehalte im Blutserum bei erstlaktierenden Kühen (Deutsche Holstein) in Abhängigkeit von deren Versorgungsniveau, Inaugural-Dissertation, TH Hannover
- PALLAUF, J. (2003): Zur Bewertung der Spurenelementversorgung in der Tierernährung, In: Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier: 9. Symposium 24. und 25. September 2003 Jena/Thüringen
- PARKER, B. N. J. & BLOWEY, R. W. (1974): A comparison of blood from the jugular vein and coccygeal artery and vein of cows, Vet. Rec. 95, 14-18
- PIATKOWSKI, P.; GÜRTLER, H. & VOIGT, J. (1990): Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 91 – 111
- PLONAIT, H. (1980): Normalwerte, In: Labordiagnostik für die tierärztliche Praxis, Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 128-138
- RAMBECK, W. A. (1994): Carry-Over von Cadmium. Übersichten zur Tierernährung 22, 184 – 189
- RICHTER, G. (2002): Spurenelementversorgung in der Geflügelfütterung aus Sicht der Beratung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- RICHTER, G. ; LÜDKE, H.; GROPPPEL, B. (2001): Reduzierung von Futterzusätzen im Legehennenfutter, 8. Symposium „Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier“, FSU Jena: 513-516, In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- ROWLANDS, G. J. (1980): A review of variations in the concentrations of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with physiology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles, Wld. Rev. Nutr. Diet 35, 172-235
- SALMAN, S. (2010): Dissertation Effect of selenium supplementation from various dietary sources on the antioxidant and selenium status of dairy cows and trace element status in dairy herds
- SCHULTHEISS, U.; DÖHLER, H.; ECKEL, H.; UHLEIN, A.; WILCKE, W. (2002B): Bilanzierung von Spurenelementen bzw. Schwermetallen in der Milchviehhaltung. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- SCHUMACHER, U. (2002): Zur Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere aus Sicht des ökologischen Landbaus. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- SCHWARZ, F. J. & KIRCHGESSNER, M. (1978): Kupfer- und Zinkgehalte in der Milch und im Plasma von Kühen nach hoher nutritiver Kupferdosierung. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 166, 5-8



- SCHWARZ, F. J.; HÄMMERLE, V.; INGENKAMP, H.; LIERMANN, T.; DANIER, J. (2008): Zink-, Kupfer- und Selengehalte im Blutplasma von Milchkühen bei unterschiedlicher nutritiver Versorgung. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Tagungsunterlage, Fulda, S. 15-18
- SPOLDERS, M.; HAIDONG, S.; FLACHOWSKY, G.; WÄHNER, M.; GRÜN, M; REHAGE, J. (2008): Rekasen-Journal, 15. Jahrgang, Heft 29/30
- STAUFENBIEL, R.; GELFERT, C.-C. & PANICKE, L. (2004): Prophylaktische veterinärmedizinische Bestandsbetreuung als Maßnahme im Management von Milchkühen, Züchtungskunde 6(76), 475-493
- STÄMPFLI, G. & ITTIG, H. P. (1982): Einfluss der Rasse auf hämatologische und klinisch-chemische Parameter, Schweiz. Arch. Tierheilk. 124, 323-347
- TELFER, S. B.; MACKENZIE, A. M.; ILLINGWORTH, C. V. & HACKSON, D. W. (1996): The use of caeruloplasmin activities and plasma copper concentrations as indicators of copper status in cattle. In: XIX World buiatric congress, Edingburgh, 1996, Proceedings, S. 402-404
- UIHLEIN, A. (2001): Stallbilanzen von Schwermetallen am Beispiel ausgewählter Milchviehbetriebe. Diplomarbeit Universität Bayreuth, 64 S. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL-Schrift 410. KTBL, Darmstadt
- UNDERWOOD, E. J. & SUTTLE, N. F. (1999): The Mineral Nutrition of Livestock. 3<sup>rd</sup> Ed. CABI Publishing, New York
- VAN RAVENSWAAY, R. O.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. (2001): effects of time and dietary iron on tissue iron concentration as an estimate of relative bioavailability of supplemental iron sources for ruminants; Animal Feed Science and Technology 90, 185-198
- WINDISCH, W. & KIRCHGESSNER, M. (1995): Neuere Erkenntnisse zum metabolischen Zinkumsatz am Modell der adulten Ratte. Mengen- und Spurenelemente 15, 1-13
- XIN, Z.; WATERMAN, D. F.; HEMKEN, R. H. & HARMON, R. J. (1993): Copper status and requirement during the dry period and early lactation in multiparous Holstein cows, J. Dairy Sci. 74, 3078-3085

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Dr. Olaf Steinhöfel, Brigitte Fröhlich  
LfULG, Abteilung Tierische Erzeugung/Referat Tierhaltung, Fütterung  
Kapitel 4.2 unter Mitwirkung von  
Prof. Dr. Jürgen Zentek, Anett Kriesten, Prof. Dr. Klaus Männer  
FU Berlin

**Redaktion:**

Dr. Olaf Steinhöfel  
Abteilung Tierische Erzeugung/Referat Tierhaltung, Fütterung  
Am Park 3, 04886 Köllitsch  
Telefon: +49 34222 46-2200  
Telefax: +49 34222 46-2099  
E-Mail: Olaf.Steinhoefel@smul.sachsen.de

**Redaktionsschluss:**

02.07.2013

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.