



Das Lebensministerium



Betriebliche Spurenelementkreisläufe

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 5/2007

**Bilanzierung von Spurenelementkreisläufen
in sächsischen Futterbaubetrieben**

Dr. Olaf Steinhöfel

Inhaltsverzeichnis

1	Problemsicht und Zielstellung	1
2	Material und Methoden	4
2.1	Bilanzmodell und Versorgungsindikation	4
2.2	Referenzbetriebe und Datenerfassung	5
2.3	Probenahme und Laboranalytik	8
3	Ergebnisse und Diskussion	10
3.1	Gesamtbetriebliche Bilanzen	10
3.1.1	Mangan	10
3.1.2	Zink.....	12
3.1.3	Kupfer.....	13
3.1.4	Selen	14
3.2	Futtermittel und Futterrationen.....	16
3.2.1	Grobfuttermittel und Saffuttermittel sowie hofeigene Konzentrate.....	17
3.2.2	Tränkwasser	20
3.2.3	Zugekaufte Futtermittel.....	21
3.2.4	Mineralfuttermittel	21
3.2.5	Futterrationen	23
3.3	Versorgungsindikatoren	31
3.3.1	Boden	31
3.3.2	Tierische Erzeugnisse und Tierhaare	34
3.3.3	Tierische Abprodukte.....	35
4	Zusammenfassung	36
5	Literatur	38
6	Anhangstabellen	40

Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle 1:** Betriebsspiegel der Referenzbetriebe im Projekt
- Tabelle 2:** Anzahl der untersuchten Einzelproben in den Referenzbetrieben
- Tabelle 3:** Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Mangan
- Tabelle 4:** Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Zink
- Tabelle 5:** Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Kupfer
- Tabelle 6:** Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Selen
- Tabelle 7:** Spurenelementgehalte in sächsischen Grobfuttermitteln
- Tabelle 8:** Spurenelementgehalt von Grob- und Saftfuttermitteln
- Tabelle 9:** Spurenelementgehalt in eigen erzeugten pflanzlichen Erzeugnissen
- Tabelle 10:** Spurenelementgehalt im Tränkwasser
- Tabelle 11:** Spurenelementgehalt in zugekauften Einzelfuttermitteln
- Tabelle 12:** Spurenelementgehalt von Mineralfuttermitteln
- Tabelle 13:** Spurenelementgehalte in sächsischen TMR-Mischungen für Milchrinder (2001 - 2006)
- Tabelle 14:** Spurenelementgehalte in hofeigenen Mischungen für Schweine (2003 - 2006)
- Tabelle 15:** Spurenelementgehalt in Futterrationen
- Tabelle 16:** Spurenelementgehalte im ackerbaulich genutzten Boden
- Tabelle 17:** Spurenelementgehalte in der Rohmilch
- Tabelle 18:** Spurenelementgehalte im Deckhaar
- Tabelle 19:** Spurenelementgehalte der Wirtschaftsdünger
-
- Anhangstabelle 1:** Mittlere Bilanzdaten des Betriebes **BZ (2004 und 2005)**
- Anhangstabelle 2:** Mittlere Bilanzdaten des Betriebes **MEK (2004)**
- Anhangstabelle 3:** Mittlere Bilanzdaten des Betriebes **MW (2004 und 2005)**
- Anhangstabelle 4:** Mittlere Bilanzdaten des Betriebes **NOL (2004 und 2005)**
- Anhangstabelle 5:** Mittlere Bilanzdaten des Betriebes **TO (2005)**
- Anhangstabelle 6:** Kalkulation des Wasserverbrauchs der Referenzbetriebe

Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 1:** Theoretische geogen bedingte Spurenelementversorgung sächsischer Regionen (*geologische Herkunft und Einstufung in Versorgungsstatus nach ANKE U.A. (1994)*)
- Abbildung 2:** Haupteintragspfade von Kupfer und Zink in den Boden (WINDISCH, 2004)
- Abbildung 3:** Schema zur Ermittlung der Massenströme in den Referenzbetrieben
- Abbildung 4:** Lage der Referenzbetriebe im Freistaat Sachsen
- Abbildung 5:** Datenerfassungsbelege
- Abbildung 6:** Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Mangan (*in g/ha*)
- Abbildung 7:** Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Zink (*in g/ha*)
- Abbildung 8:** Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Kupfer (*in g/ha*)
- Abbildung 9:** Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Selen (*in g/ha*)
- Abbildung 10:** Manganeinsatz in den Futtrationen (*in mg/kg TM der Rationen*)
- Abbildung 11:** Zinkeinsatz in den Futtrationen (*in mg/kg TM der Rationen*)
- Abbildung 12:** Kupfereinsatz in den Futtrationen (*in mg/kg TM der Rationen*)
- Abbildung 13:** Seleneinsatz in den Futtrationen (*in mg/kg TM der Rationen*)
- Abbildung 14:** Mittlere Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen aller Betriebe für die Spurenelemente Mangan, Kupfer, Zink und Selen (*in Prozent*)

1 Problemsicht und Zielstellung

Spurenelemente sind anorganische Mikronährstoffe. Ein Großteil von ihnen ist in der Ernährung von Mensch und Tier essentiell. Das Vorkommen der Mikronährstoffe und auch ihre Akkumulation bzw. Verdünnung in der Natur begründet sich auf geogen bedingte Nachlieferung, auf Erosionen und auf anthropogene Einflüsse. Deshalb existieren auch deutliche standortspezifische Unterschiede im Gehalt an Spurenelementen der Böden und folglich auch der Pflanzen. Mit der Abbildung 1 wurde der Versuch unternommen, die typische geologische Herkunft der Böden in den sächsischen Vergleichsgebieten dem Versorgungsstatus nach ANKE u. a. (1994) zuzuordnen.

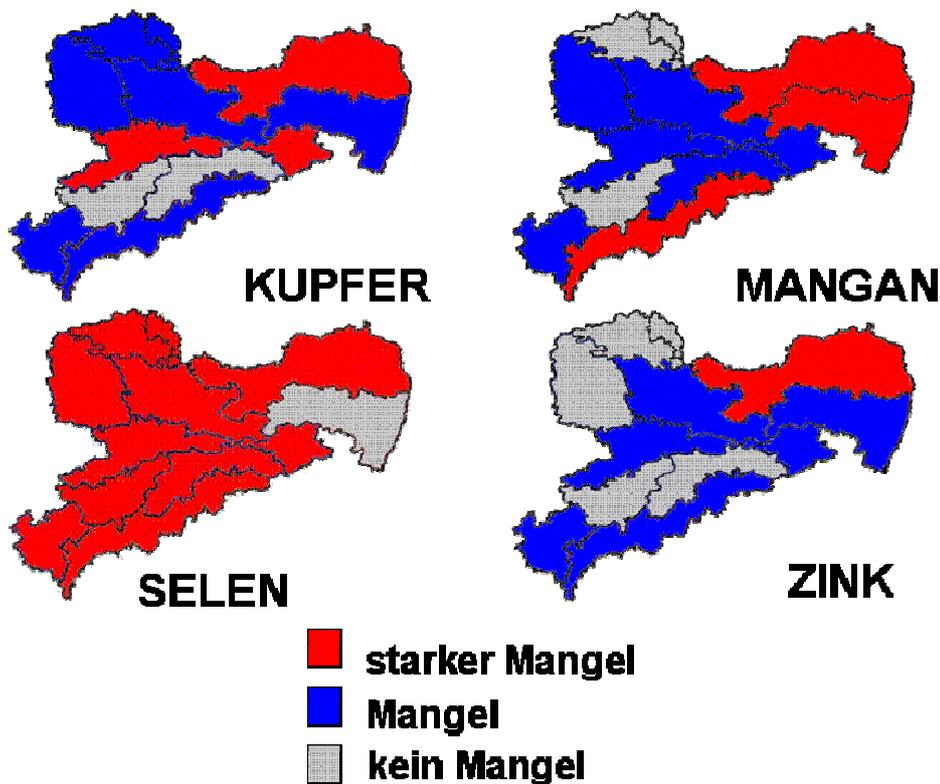


Abbildung 1: Theoretische geogen bedingte Spurenelementversorgung sächsischer Regionen

(geologische Herkunft und Einstufung in Versorgungsstatus nach ANKE U.A. (1994))

Die Wahrnehmung dieser Differenzen ist jedoch in den Hintergrund gedrängt, weil Mikronährstoffe über Dünger und Futterzusatzstoffe am Markt kostengünstig angeboten werden. Nur auf echten Mangelstandorten und bei fahrlässigem Verzicht auf Mikronährstoffergänzung von Boden oder Futter werden standortspezifische Differenzen noch sichtbar. Die standort- und entzugsbedingte Versorgung landwirtschaftlicher Böden mit Mikronährstoffen wird aber als eine ertrags- und qualitätssichernde Maßnahme aktuell hoch gewichtet (KERSCHBERGER UND MARKS, 2006). Hohe Erträge im Pflanzenbau bewirken einen erheblichen Entzug an Spurenelementen. Aufgrund des Rückgangs

der Tierbesatzdichte fehlt zunehmend Wirtschaftsdünger, der eine wichtige Mikronährstoffquelle für die Pflanzenernährung darstellt. Der Einsatz hochprozentiger Makroelementdünger ohne Mikronährstoffergänzung provoziert eher Ionenkonkurrenzen, die sekundäre Mangelerscheinungen bewirken können. Aus diesem Grund findet man nahezu auf jeder Internetplattform landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungseinrichtungen aktuelle Empfehlungen zur laboranalytischen Untersuchung und Einstufung des Mikronährstoffgehaltes in landwirtschaftlichen Böden.

Auch in der Tierernährung wird zunehmend über Mangel an Spurenelementen berichtet. Hier ist die Situation jedoch anders zu bewerten. Der fehlende Zwang zur Nährstoffeffizienz und ein ausgeprägtes Sicherheitsdenken provozieren in der neuzeitlichen Fütterungspraxis eine eher suboptimal ausgerichtete Versorgungssituation. Der Spurenelementbedarf der landwirtschaftlichen Nutztiere wird fast ausschließlich über Supplemente, d.h. über industriell hergestellte Mineralstoffgemische gerechnet. Das Angebot aus nativen Futtermitteln bleibt nahezu unberücksichtigt. Weil die Rohstoffe für die Spurenelemente in Mineralstoffmischungen aber überwiegend importiert sind, führt dies zwangsweise zu einem umweltrelevanten Konflikt. Eine latente Anreicherung der Böden mit Spurenelementen lässt kaum ausschließen.

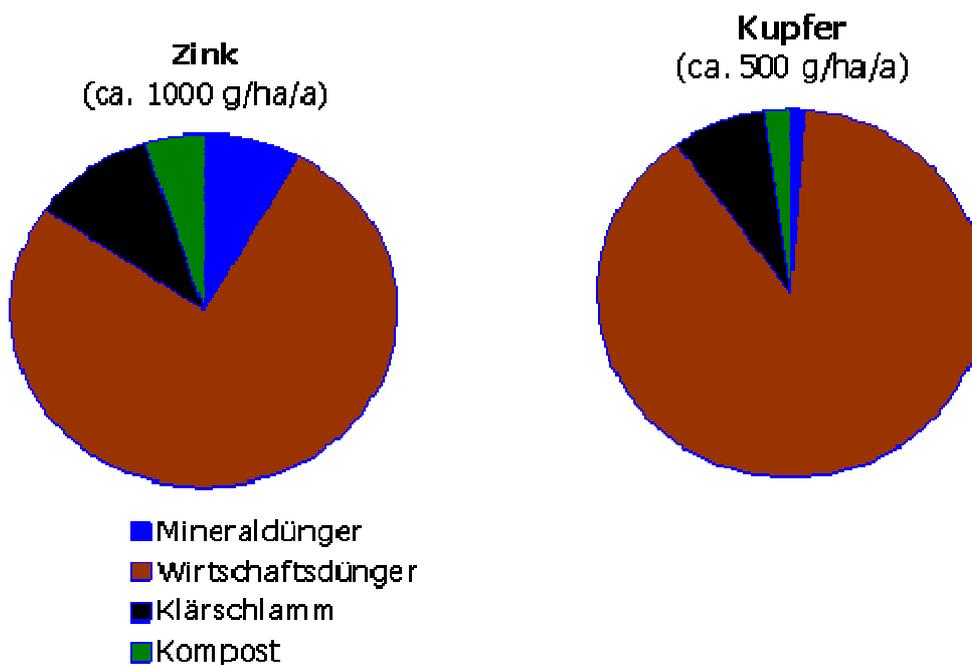


Abbildung 2: Haupteintragspfade von Kupfer und Zink in den Boden (WINDISCH, 2004)

Dies hat dazu geführt, dass die gesetzlich zulässigen Spurenelementgehalte in Futtermitteln mit der VO (EG) NR. 1334/2003 abgesenkt wurden. Der Wissenschaftliche Ausschuss „Futtermittel“ der EU hat im Februar und März 2003 Stellungnahmen zur Verwendung von Kupfer und Zink in Futtermitteln abgegeben. Der Ausschuss kommt zu dem Schluss, dass die zugelassenen Höchstgehalte an diesen Spurenelementen höher als notwendig sind. Er empfiehlt eine Senkung dieser Gehalte,

damit sie an den physiologischen Bedarf der Tiere angepasst werden. Damit wird eine bedarfsge- rechte Versorgung der Nutztiere in den Mittelpunkt gestellt. Pharmakologische bzw. ergotrope Gaben von Spurenelementen werden zwangsläufig futtermittelrechtlich verboten. Ein wesentlicher Hauptgrund ist die Akkumulation umweltrelevanter Spurenelemente in landwirtschaftlichen Böden, die ein erhebliches Risiko für das Bodenleben, das Pflanzenwachstum und die tierische sowie menschliche Gesundheit darstellen können. WINDISCH (2004) hat die Haupteintragspfade für Kupfer und Zink in die Böden optisch sichtbar gemacht (Abbildung 2).

Die umweltrelevanten Auswirkungen einer Kupfer- und Zink-Akkumulation im Boden durch die Tierernährung wurde durch verschiedene Schätzungen und simulierte Modellkalkulationen bewertet (JONGBLOED, 2003). Dabei wurden in der Regel Stalltorbilanzen erstellt und fixe Faktoren für den Spurenelementansatz und die Spurenelementabgasung über die Luft unterstellt. Die formulierten Schlussfolgerungen waren nahezu identisch. Die tierische Erzeugung trägt zu einem hohen Anteil die Schuld für eine Akkumulation von Spurenelementen in landwirtschaftliche Böden.

Im Fokus stehen die Spurenelementgehalte von Wirtschaftsdüngern. Aus einer neu veröffentlichten Studie des Umweltbundesamtes (BfU, 2004) geht hervor, dass zwingend Strategien zur Minderung der Spurenelementausträge aus der Landwirtschaft notwendig sind. Die wesentlichsten Stellgrößen sind Futtermittel und Futterzusatzstoffe. Hinzu kommen vereinzelt kupferhaltige Klauenbäder. Innerhalb der Studie wurden in 20 Tierproduktionsbetrieben in Deutschland die Ein- und Austräge der Elemente Kupfer und Zink sowie Blei, Cadmium, Chrom und Nickel für das System Stall bilanziert. Zudem wurden Möglichkeiten zur Minderung der Gehalte aufgezeigt und bewertet. Der zentrale Eintragspfad für die Spurenelemente in den betrieblichen Kreislauf waren eindeutig die Futtermittel und Futterzusatzstoffe. Um die Einträge in tierhaltenden Betrieben spürbar zu verringern, müssen Minderungsstrategien an mineralreichen Zukauf-Futtermitteln ansetzen. Aus Gründen des Umweltschutzes sollte zukünftig der Zusatz von Spurenelementen in den Futtermitteln am Bedarf der Tiere ausgerichtet werden. Insbesondere in Regionen mit hoher Viehbesatzdichte werden bodenschutzrelevante Bereiche tangiert. Die einzige logische Konsequenz, den Output an Spurenelementen aus der Tierhaltung zu begrenzen, ist ein Verbot pharmakologischer Versorgungsniveaus, d.h. eine konsequent bedarfsdeckende Futtermittellieferung.

Eine Spurenelementversorgung über den Bedarf erbringt, außer eventuellen pharmakologischen Effekten, keine zusätzliche Wirkung. Im Gegenteil, bei einer Überversorgung eines Elementes kann die Absorption anderer Spurenelemente empfindlich gestört werden. Kupfer und Zink beeinflussen sich beispielsweise gegenseitig. Weitere wichtige Antagonisten zu den Spurenelementen Kupfer, Zink und Mangan sind Eisen und Calcium.

Die aufgezeigte Problemsicht steht im krassen Gegensatz zur Versorgungsindikation in der Tierhaltung. Zunehmend werden klinische und subklinische Mangelerscheinungen an Spurenelementen in Tierbeständen diagnostiziert. Nach neuen Untersuchungen von MÜLLER U. A. (2006) wurden in 2 000 Rinder-Seren bei 84 Prozent der Rinder erniedrigte Kupferkonzentrationen nachgewiesen,

46 Prozent hatten einen Zink-, 47 Prozent einen Selen- und 85 Prozent einen Manganmangel. Als Erklärung dieser Befunde werden zurzeit folgende Hypothesen bemüht:

- Mit der Leistungssteigerung im Wiederkäuerbereich werden die physiologischen (z. B. pH-Werte, Ammoniakkonzentrationen) und temporären (Passagegeschwindigkeit) Resorptions- und Antagonismenverhältnisse im Magen-Darm-Trakt so verändert, dass eine sekundäre Mangelsituation trotz Überversorgung provoziert wird. In diesem Zusammenhang wird zunehmend auf die Bioverfügbarkeit von Spurenelementen verwiesen. Diese Hypothese wird auch durch ein verstärktes Angebot an organischen (in Hefen)-gebundenen Spurenelementen am Markt untermauert.
- Die Indikatoren zur Bewertung der Versorgungslage sind für die Anwendung bei hochleistenden Tieren ungeeignet.
- Durch Überversorgung mit konkurrierenden Spurenelementen und Antagonisten aus dem Makronährstoffbereich wird ein Mangel durch schlechtere Verwertung der Elemente provoziert.
- Aus Kostengründen und aus Unwissenheit wird ein Mangel dadurch erzeugt, dass nicht bzw. falsch zugefüttert wird.
- Die notwendige Pflanzenversorgung mit essentiellen Spurenelementen wird vernachlässigt, so dass standortspezifische Mangelsituationen auftreten. Tabellierte Gehaltswerte für Futtermittel geben dann fehlerhafte Informationen für die Fütterungspraxis.

Aus der Summe der genannten Problemsichten ergibt sich die Notwendigkeit, die Spurenelementversorgung in sächsischen Futterbaubetrieben sowohl umweltseitig als auch ernährungsseitig für das Nutztier zu bilanzieren und zu bewerten. Dazu sollen gesamtbetriebliche Bilanzen erstellt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Bilanzmodell und Versorgungsindikation

Die Untersuchungen wurden auf die in der Tierernährung und im Umweltschutz aktuell viel diskutierten Elemente Mangan, Zink, Kupfer und Selen konzentriert. Zur Quantifizierung der Spurenelementsalden in fünf sächsischen Futterbaubetrieben wurde das in der Abbildung 3 skizzierte Modell genutzt. Das betriebliche Spurenelementsaldo ergab sich klassisch aus der buchhalterisch ermittelten Differenz zwischen Zukauf und Verkauf des Gesamtbetriebes. Dabei konnten nur Ein- und Austräge erfasst werden, die in der betrieblichen Buchführung registriert wurden und denen ein Gehalt an Spurenelementen zugeordnet werden konnte. Um vergleichbare Werte zu haben, wurde zudem der Flächenbezug gesucht. Das heißt, die jährlichen Salden an Spurenelementen der Betriebe wurden auf die jeweilige landwirtschaftliche Nutzfläche bezogen. Außerdem wurde dargestellt, ob sich bei Berücksichtigung der von KERSCHENBERGER UND MARKS (2006) unterstellten minimalen bzw. maximalen Mikronährstoffentzüge ein anderes Bild ergäbe.

Die wichtigsten In- bzw. Output-Größen und insbesondere die Medien, deren Gehalt bekanntermaßen mit am stärksten streut, wurden laboranalytisch untersucht. Dies waren in erster Linie Futtermittel, Einstreu, Saatgut, Tränkwasser, Milch, pflanzliche Marktfrüchte und tierische Abprodukte. Bei Ein- und Austrägen von Stoffen, deren Gehalt deklariert und durch hoheitliche Überwachung

kontrollfähig ist (Mineralfuttermittel, Dünger mit Mikroelementen, diverse Betriebsmittel) und deren Gehalt nur geringen Schwankungen unterliegt (Tiere, Tierkörper), wurde auf die Deklarationen bzw. Literatur- oder Tabellenbefunde zurückgegriffen. Für den Entzug über verkaufte tierische Produkte wurden hauptsächlich die mittleren massegewichteten Mittelwerte aus einer Literaturzusammenstellung des BfU (2004) genutzt. Eine detaillierte Darstellung der Quellen für die Gehaltswerte der einzelnen Bilanzgrößen in den fünf Betrieben ist in den Anhangstabellen ersichtlich. Ein- und Ausstragspfade, wie die Korrosion von Bedarfsgegenständen und Stalleinrichtungen, Inhaltsstoffe von Arzneimitteln oder Pflanzenschutzmitteln, Niederschläge, Ab- und Oberflächenwasser oder gasförmige Bewegungen sowie Treib- und Schmierstoffe, Lacke, Farben bzw. Holzschutzmittel, konnten nicht berücksichtigt werden. Obwohl partiell ein quantitativer Input registriert war, konnte kein Nachweis erbracht werden, ob und in welchem Umfang Spurenelemente eingetragen wurden. Für eine laboranalytische Untersuchung einzelner Betriebsmittel und deren Einordnung in das Modell fehlte der systematische Ansatz.

Hier kann nur der vom Umweltbundesamt formulierte Aufruf unterstützt werden, dass systematische Untersuchungen zur Identifizierung und Quantifizierung von bisher unberücksichtigten Spurenelementquellen notwendig und sinnvoll sind (BfU, 2004). Genannt werden hier zum Beispiel Zink angereicherte Einstreumaterialien, Güllezusatzstoffe oder Materialkorrosionen in Ställen. Die Studie fordert zudem ein breit angelegtes Monitoring aller Spurenelementflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben.

Aufgrund der überragenden Bedeutung der Futtermittel für den Spurenelementeintrag in den Kreislauf wurden sowohl Einzel-, Misch- und Mineralfuttermittel als auch die gefütterten Rationen untersucht und bewertet.

Zur abschließenden Einordnung der Bilanzergebnisse und der Versorgungssituation, welche sich aus der Rationsbewertung ergab, wurden Indikatoren aus dem inneren betrieblichen Kreislauf gesucht, die die Versorgungssituation von Boden, Pflanze und Tier ablichten helfen. Zu diesem Zweck wurde in jedem Betrieb auf sechs Teilflächen der Boden untersucht, die Gehaltswerte in betriebseigenen pflanzlichen Erzeugnissen bestimmt und der Spurenelementgehalt in Milch- und Haarproben ausgewählter landwirtschaftlicher Nutztiere analysiert. Die Bewertung erfolgte über verschiedene in der Literatur beschriebene Referenzwerte.

2.2 Referenzbetriebe und Datenerfassung

Für das Projekt wurden fünf sächsische Futterbaubetriebe ausgewählt. Diese Betriebe wurden über zwei Wirtschaftsjahre (2004 und 2005) untersucht. Die Bilanzgrößen wurden über die Jahre gemittelt. Für die Betriebe im Mittleren Erzgebirgskreis und im Landkreis Torgau-Oschatz konnte jeweils nur ein Jahr in die Bilanz einbezogen werden, weil betriebliche Veränderungen eine nicht heilbare Störung verursacht haben.

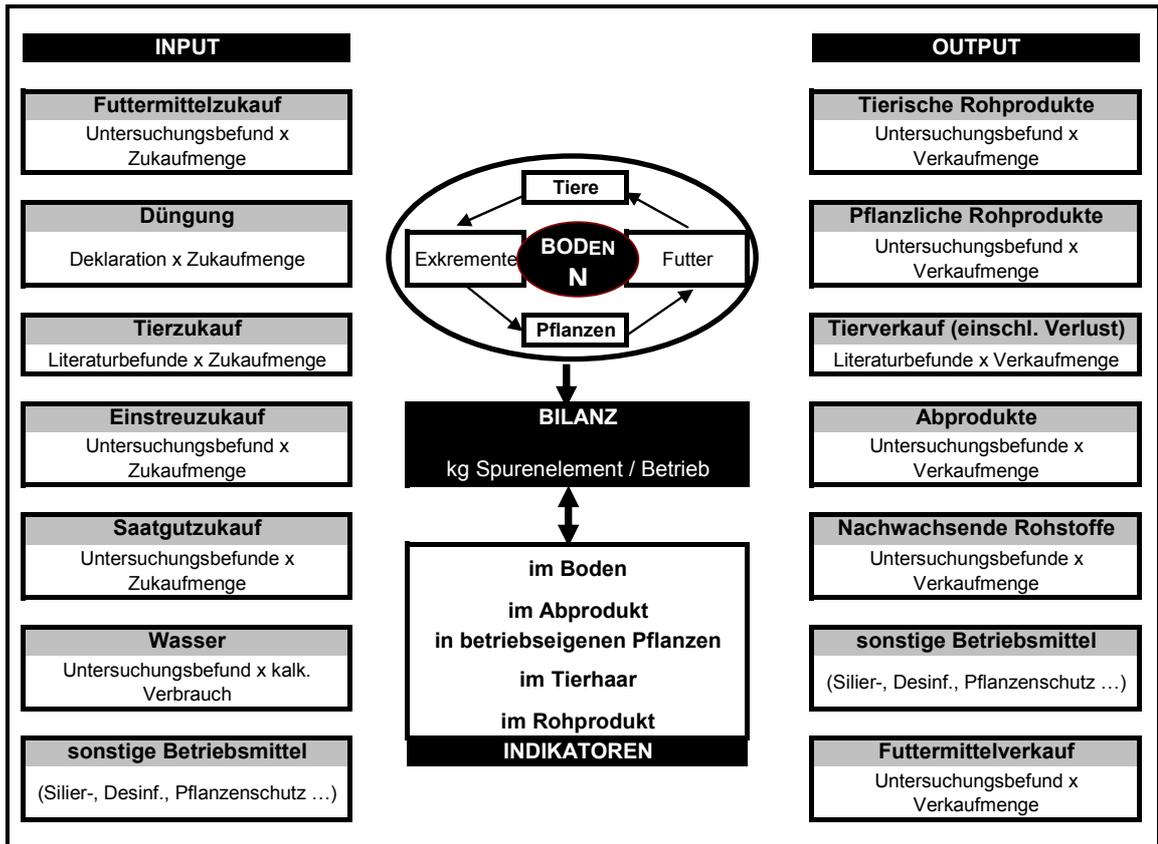


Abbildung 3: Schema zur Ermittlung der Massenströme in den Referenzbetrieben

Die Betriebe sollten gleichmäßig über den Freistaat Sachsen verteilt sein und typische geogene Regionen vertreten (vgl. Abbildung 1). Der mittlere Nutztierbesatz der Betriebe betrug eine Großvieheinheit (0,8 bis 1,6) je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Die mittlere Flächenausstattung lag bei 1 900 ha LN (863 – 4 216). Die Wahl von Großbetrieben erfolgte einerseits, um eine große Variabilität der Bilanzgrößen zu provozieren, andererseits, um die Vergleichbarkeit zwischen den wenigen Betrieben nicht weiter zu gefährden. In der Tabelle 1 sind die Betriebsspiegel der fünf Referenzbetriebe des Projektes zusammengestellt.

Tabelle 1: Betriebsspiegel der Referenzbetriebe im Projekt

		Betrieb (Landkreis)				
		BZ	MEK	MW	NOL	TO
Lage	Vergleichsgebiet	1	5	8	1	9
	Amtsbereich	14	3	4	13	6
	Agrarstrukturgebiet	1	5	3	1	3
Standort	Bodenart	SL	IS	L / LS	IS	SL / IS
	Ackerzahl	35-62	28	58 (35-75)	35	26 (20-35)
	Grünlandzahl	30-56	32	50	33	32
	Höhe über NN (m)	190	506-742	180-280	170	70-80
	Jahresniederschlag (mm)	600	960	690	670	505
	Jahrestemperatur (°C)	10	6	8	12	10
Fläche	LN (ha)	2.259	863	4.216	1.215	888
	Ackerland (ha)	2.048	545	4.103	964	709
	Grünland (ha)	211	319	113	251	179
Anbaustruktur (%)	Getreide	48	51	47	48	38
	Mais	22	18	18	17	34
	Hackfrüchte	7	2	3	6	
	Oelfrüchte	10	22	19	14	11
	Körnerleguminosen			6	4	2
	Feldfutter	6	7	5		5
Stilllegung	7	0	2	11	10	
Tierbestände (Stück)	Kälber bis 6. Monat	600	44	490	51	122
	Jung-/Mastrinder ab 6. Monat	1.300	396	1.429	105	363
	Milchrinder	2.000	253	1.803	273	483
	Mutterkühe		38			
	Schafe / Ziegen		235			
	Lämmer von Schafen / Ziegen		101			
	Ferkel			1.627		543
	Läufer			640		832
	Mastschweine			1.887	1.200	40
	Sauen			407		301
Gesamt tierbesatz GV / ha LN		1,56	0,78	0,91	0,51	1,17

Zur Anonymisierung der Befunde sind die Landkreisabkürzungen gewählt worden. Dabei steht **TO** für Torgau-Oschatz, **MW** für Mittweida, **MEK** für Mittlerer Erzgebirgskreis, **NOL** für Niederschlesischer Oberlausitzkreis und **BZ** für Bautzen. In der Abbildung 4 ist die räumliche Verteilung der Betriebe im Freistaat Sachsen dargestellt.

In den Betrieben wurden die Zu- und Verkäufe sowie für die Bewertung interner Kreisläufe und Indikatoren eine Vielzahl von Daten erfasst. Zu diesem Zweck wurden im Vorfeld Formulare erarbeitet (Abbildung 5) und den Betrieben zur Verfügung gestellt. Die ausgefüllten Datenblätter wurden durch betriebliche Unterlagen aus der Buchführung ergänzt. Wichtige Grundlage waren u. a. die Jahre BMVEL-Jahresabschlüsse für 2004 und 2005. Neben Standortkennzahlen, Tierbeständen, deren Leistungen und der Charakteristik der Flächennutzung und Erträge wurden insbesondere die quantitativen und qualitativen (wenn Spurenelemente deklariert waren) Zu- und Verkäufe folgender Kategorien erfasst:

- Pflanzliche Produkte: Saatgut, Markfrüchte, Grobfuttermittel, Einzelfuttermittel, Mischfuttermittel, Einstreu
- Tierische Produkte: Nutztiere, tierische Rohprodukte, Wirtschaftsdünger
- Betriebsmittel: Böden, Pflanzenschutzmittel, mineralischer Dünger, Mineralfuttermittel, Desinfektionsmittel, Klauenbäder etc.

Des Weiteren erfolgte eine intensive Erfassung von Futterrationsbelegen, laboranalytischen Untersuchungsbefunden für Einzelfuttermittel und Futtermischungen sowie Deklarationen.

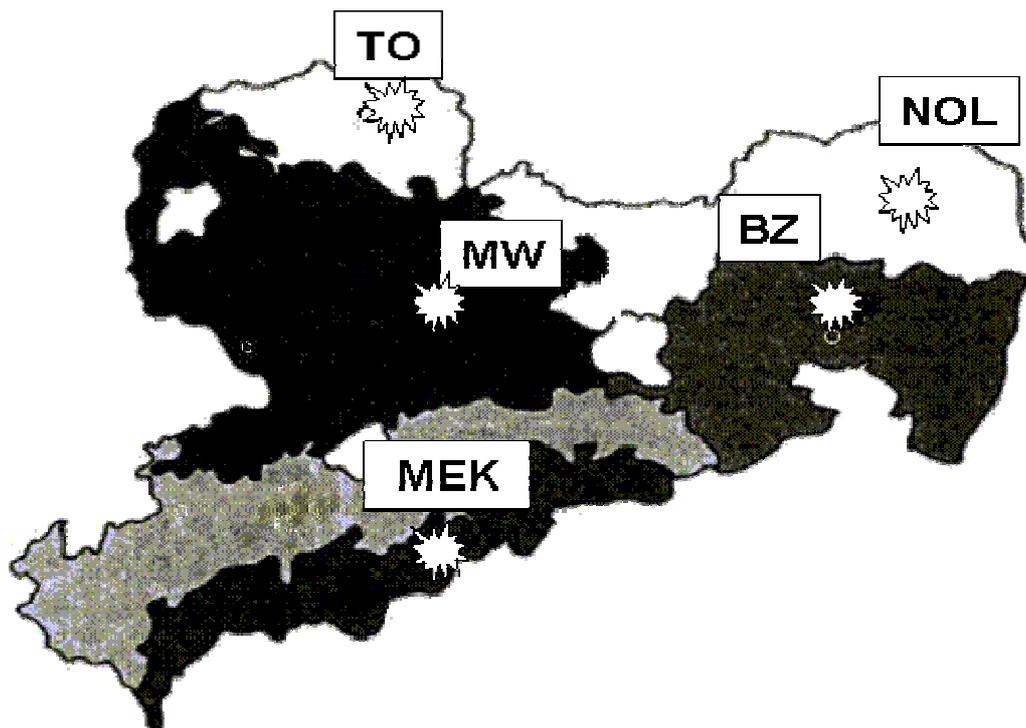


Abbildung 4: Lage der Referenzbetriebe im Freistaat Sachsen

2.3 Probenahme und Laboranalytik

Zur qualitativen Bewertung der einzelnen Bilanzgrößen wurden insgesamt 284 Einzelproben gezogen und laboranalytisch auf die Spurenelementgehalte (Mangan, Zink, Kupfer, Selen) in der jeweiligen Trockenmasse untersucht. Eine detaillierte Probenübersicht ist in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die Probenahme erfolgte nach den für das Medium festgeschriebenen Regeln bzw. der guten fachlichen Praxis.

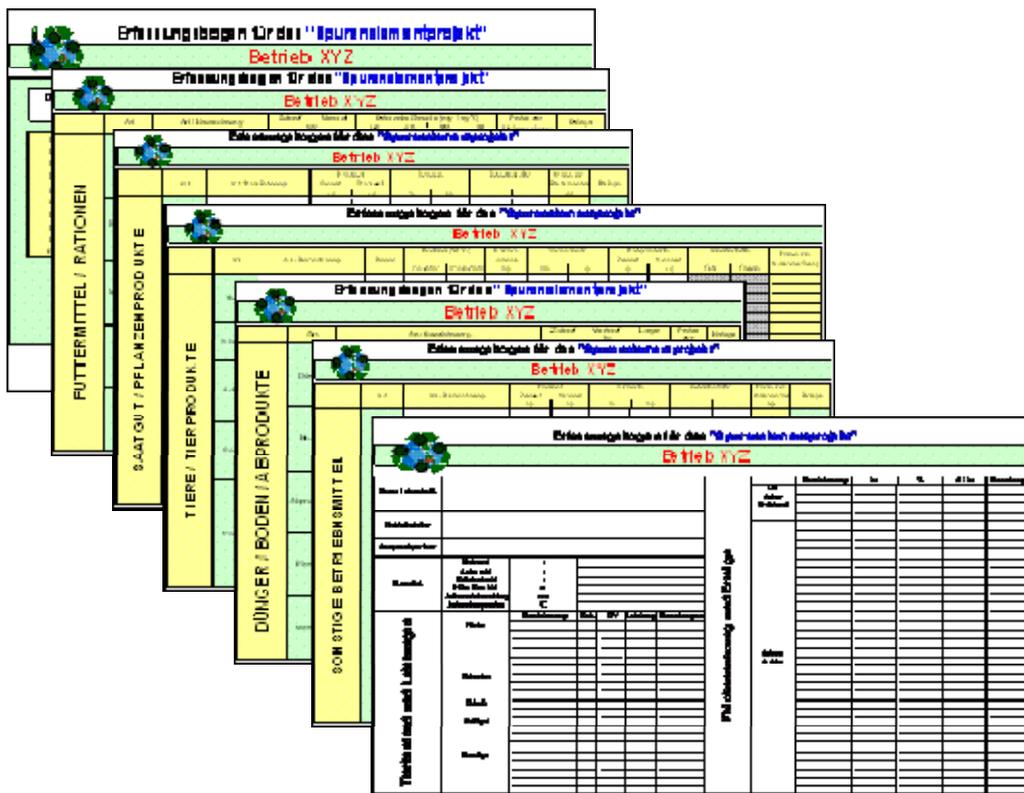


Abbildung 5: Datenerfassungsbelege

Tabelle 2: Anzahl der untersuchten Einzelproben in den Referenzbetrieben (Untersuchungsjahre 2004 und 2005/2006)

	Betrieb (Landkreis)				
	MEK	BZ	NOL	MW	TO
Boden	6	12	12	12	6
Abprodukte	3	1	4	2	0
Milch	12	9	9	10	2
Tierhaare	10	9	16	8	0
Grob- / Saftfutter	2	10	8	9	6
Konzentratfutter	2	10	11	9	5
Rationen	4	5	12	13	10
Marktfrüchte	2	3	3	6	0
Tränkwasser	4	1	2	2	2
Proben, insgesamt	45	60	77	71	31

Die Untersuchungen wurden im Fachbereich Landwirtschaftliches Untersuchungswesen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Futtermittel, Wasser, Milch und andere tierische Produkte, Haare und tierische Abprodukte - außer Selen) und in der Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena (Boden und Selen in allen Bilanzgrößen) durchgeführt.

Die Kupfer-, Zink- und Manganuntersuchungen erfolgten mittels der Multielementmethode DIN 38406 in Verbindung mit dem VDLUFA-Methodenbuch, Band VII „Umweltanalytik“ (2. Auflage 2003) nach Nr. 2.1.1 in Wasser, Milch, Haaren, Fleisch und Käse und nach Nr. 2.2.2 in Mischfuttermitteln. In Einzelfuttermitteln wurde die Untersuchung der Kupfer-, Zink und Mangankonzentrationen über die Multielementmethode „Bestimmung von ausgewählten Elementen in Pflanzen und Grundfuttermitteln mit der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)“ nach VDLUFA-Methodenbuch, Band VII „Umweltanalytik“ (im Druck) durchgeführt. Die Methodenbeschreibung für die Untersuchung in tierischen Abprodukten (Gülle, Mist) steht in den EN-ISO 11886 bzw. 11887.

Die Untersuchung der Spurenelemente in den landwirtschaftlichen Böden erfolgte nach zwei Methoden. Einerseits wurde der Feststoffgehalt nach Königswasseraufschluss für Kupfer, Zink und Mangan nach DIN EN ISO 11 885 (E22); 1998-04 und für Selen nach DIN 38 406-E29; 1999-05 (FF) untersucht; der Anteil pflanzenverfügbarer Spurenelemente nach Extraktion mit 0,01 M CaCl₂ + 0,002 M DTPA (CAT-Methode nach Alt u. a.; 1992; VDLUFA-Methodenbuch Band I, A 6.4.1 (N)). Der VDLUFA hat die CAT-Methode zur Bewertung der Mikronährstoffversorgung in landwirtschaftlichen Böden empfohlen. Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft veröffentlichte im November 2003 ein Merkblatt (TLL, 2003), in dem Richtwerte zur Einstufung in die Gehaltsklassen A, C oder E (A = niedriger Gehalt; C = mittlerer Gehalt und E = hoher Gehalt) formuliert sind. Diese Richtwerte wurden zur Bewertung der vorliegenden Befunde genutzt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Gesamtbetriebliche Bilanzen

Hinweis: Beim aufmerksamen Lesen der nachfolgenden Abhandlung zu den gesamtbetrieblichen Bilanzen der vier untersuchten Spurenelemente wird auffallen, dass der Satzbau identisch ist und nur die Wertungen und Zahlenangaben an die Ergebnisse angepasst wurden. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen den Elementen und den gezogenen Schlussfolgerung.

3.1.1 Mangan

In Tabelle 3 und Abbildung 6 sind die betrieblichen Bilanzen für das Element Mangan dargestellt. Die Quellen wurden gruppiert. In den Anhangstabellen sind die über zwei Jahre gemittelten Spurenelementträger für die Betriebe im Detail zu entnehmen. Für alle fünf Betriebe wurde ein deutlich positives Mangansaldo ermittelt. Im Mittel wurde ein Manganüberschuss von 270 (178 – 327) g je ha landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe errechnet. Haupteintragspfad sind die Mineral- und Einzelfuttermittel. Nur in einem Betrieb wurden mikroelementhaltige Wirtschaftsdünger zugekauft. Hauptaustragsgröße aus den Betrieben sind die Marktfrüchte. Der Beitrag zum Austrag über tierische Produkte bzw. Tierverkäufe ist verschwindend gering. Dies deckt sich mit den Befunden in einer Vielzahl von Publikationen, in denen zum Teil sogar empfohlen wird, die Spurenelemente in Milch und Fleisch für Mikronährstoff-Stallbilanzen zu vernachlässigen (DLG, 2006). Die Gesamtzüge je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche liegen deutlich unter dem Entzug von 400 bis 800 g Mangan je ha durch Blattfrüchte (KERSCHBERGER UND MARKS, 2006). Hier bleiben die Anbaustruktur und insbesondere der Grünlandanteil sowie der innerbetrieblich verwertete Futterflächenanteil

nicht ohne Einfluss. Aus rein umweltseitiger Sichtweise wird das Problem dadurch verschärft, dass nicht die gesamte Nutzfläche in den Kreislauf einbezogen wird, d.h. dass insbesondere die Ackerfläche eine deutlich höhere Bilanz aufweisen wird, weil sie den Großteil des Wirtschaftsdüngers verkräften muss. Für die um den Leguminosenanbau reduzierte Ackerfläche der Betriebe ergäbe sich bei der Unterstellung, dass das Grünland keine Wirtschaftsdünger erhielte, ein Manganeintrag von 358 g (BZ); 283 g (MEK); 345 g (MW); 297 g (NOL) und 378 g (TO) je Hektar. Im Mittel wäre dies ein Plus von 312 g Mangan je Hektar Ackerfläche, welches jährlich eingebracht wird.

Tabelle 3: Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Mangan

Mangan		BZ		MEK		MW		NOL		TO	
Quelle	ME	Zu- kauf	Ver- kauf	Zu- kauf	Ver- kauf	Zu- kauf	Ver- kauf	Zu- kauf	Ver- kauf	Zu- kauf	Ver- kauf
Grobfuttermittel	kg / Jahr	51,0	0,0	91,9	0,0	21,2	7,0	0,0	0,0	7,0	2,0
Einzelfuttermittel	kg / Jahr	205,8	0,0	0,2	0,0	272,5	0,0	106,8	0,0	50,4	0,0
Mischfuttermittel	kg / Jahr	0,0	0,0	43,1	0,0	22,8	0,0	45,9	0,0	11,2	0,0
Mineralfuttermittel	kg / Jahr	804,0	0,0	59,6	0,0	1.436	0,0	70,3	0,0	217,1	0,0
Tiere + Produkte	kg / Jahr	0,0	3,6	0,0	0,3	0,2	7,0	0,4	2,3	0,0	1,9
Saatgut	kg / Jahr	5,0	0,0	0,8	0,0	8,7	0,0	1,5	0,0	1,2	0,0
Dünger	kg / Jahr	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	90,2	0,0	0,0	0,0
Marktfrüchte	kg / Jahr	0,0	331,6	0,0	42,3	0,0	420,7	0,0	49,8	0,0	21,0
Wasser	kg / Jahr	2,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,7	0,0
Betriebsmittel	kg / Jahr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	kg / Jahr	1.068	335	196	43	1.767	435	327	52	288	25
	g / ha LN	473	148	227	49	419	103	269	43	324	28
Bilanz	kg / Jahr	733	154	1.332	275	263					
	g / ha LN	324	178	316	226	296					

rot = Überschuss nach Abzug eines Entzuges von max. 800g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

blau = Defizit nach Abzug eines Entzuges von min. 400g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

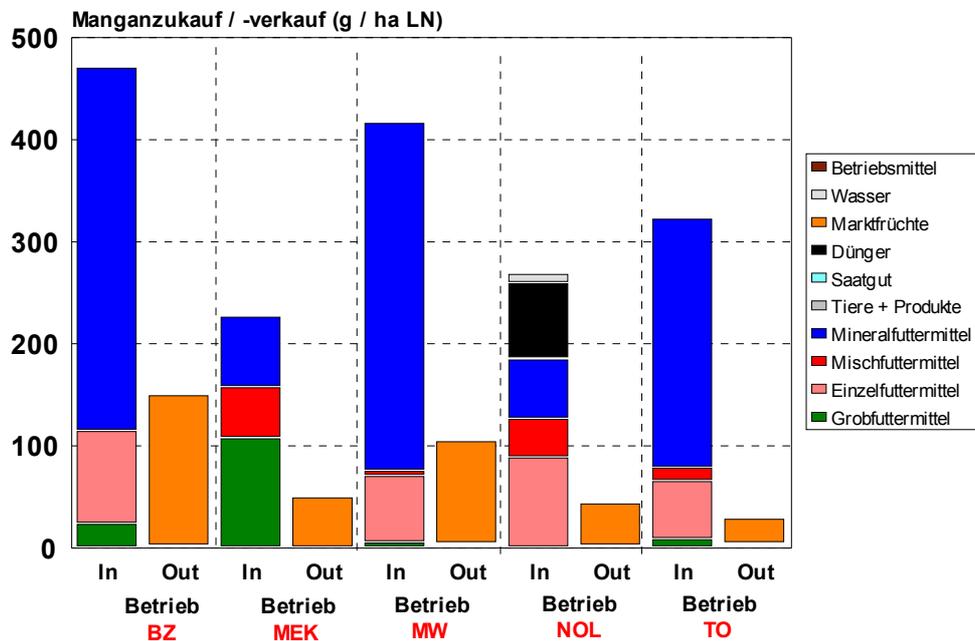


Abbildung 6: Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Mangan (in g/ha)

3.1.2 Zink

In Tabelle 4 und Abbildung 7 sind die betrieblichen Bilanzen für das Element Zink dargestellt. Die Quellen wurden gruppiert. In den Anhangstabellen sind die über zwei Jahre gemittelten Spurenelementträger für die Betriebe im Detail zu entnehmen. Für alle fünf Betriebe wurde ein deutlich positives Zinksaldo ermittelt. Im Mittel wurde ein Zinküberschuss von 414 (140 – 748) g je ha landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe errechnet. Haupteintragspfad sind die Mineral- und Einzel Futtermittel. Nur in einem Betrieb wurden mikroelementhaltige Wirtschaftsdünger zugekauft. Hauptaustragsgröße aus den Betrieben sind die Marktfrüchte. Der Beitrag zum Austrag über tierische Produkte bzw. Tierverkäufe ist verschwindend gering. Dies deckt sich mit den Befunden in einer Vielzahl von Publikationen, in denen zum Teil sogar empfohlen wird, die Spurenelemente in Milch und Fleisch für Mikronährstoff-Stallbilanzen zu vernachlässigen (DLG, 2006).

Die Gesamtentzüge je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche liegen deutlich unter dem Entzug von 250 bis 350 g Zink je ha durch Blattfrüchte (KERSCHBERGER UND MARKS, 2006). Hier haben die Anbaustruktur und insbesondere der Grünlandanteil und der innerbetrieblich verwertete Futterflächenanteil einen Anteil daran. Aus rein umweltseitiger Sichtweise wird das Problem dadurch verschärft, dass nicht die gesamte Nutzfläche in den Kreislauf einbezogen wird, d.h. dass insbesondere die Ackerfläche eine deutlich höhere Bilanz aufweisen wird, weil sie den Großteil des Wirtschaftsdüngers verkraften muss. Für die um den Leguminosenanbau reduzierte Ackerfläche der Betriebe ergäbe sich, bei der Unterstellung, dass das Grünland keine Wirtschaftsdünger erhielte, ein Zinkeintrag von 825 g (BZ); 222 g (MEK); 519 g (MW); 390 g (NOL) und 524 g (TO) je Hektar. Im Mittel wäre dies ein Plus von 496 g Zink je Hektar Ackerfläche, welches jährlich eingebracht wird.

Tabelle 4: Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Zink

Zink		BZ		MEK		MW		NOL		TO	
Quelle	ME	Zu- kauf	Ver- kauf								
Grobfuttermittel	kg / Jahr	37,8	0,0	47,7	0,0	13,2	5,3			4,5	2,1
Einzelfuttermittel	kg / Jahr	271,6	0,0	0,3	0,0	207,3	0,0	126,9	0,0	50,0	0,0
Mischfuttermittel	kg / Jahr	0,0	0,0	38,6	0,0	25,7	0,0	52,8	0,0	15,0	0,0
Mineralfuttermittel	kg / Jahr	1.746	0,0	90,1	0,0	2.241	0,0	140,0	0,0	331,3	0,0
Tiere + Produkte	kg / Jahr	0,0	57,6	0,0	7,7	0,7	69,1	1,9	19,2	0,1	17,0
Saatgut	kg / Jahr	6,1	0,0	0,8	0,0	10,3	0,0	2,0	0,0	1,9	0,0
Dünger	kg / Jahr	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	97,7	0,0	0,0	0,0
Marktfrüchte	kg / Jahr	0,0	315,9	0,0	51,5	0,0	433,4	0,0	45,7	0,0	20,3
Wasser	kg / Jahr	1,7	0,0	2,8	0,0	2,8	0,0	4,4	0,0	0,5	0,0
Betriebsmittel	kg / Jahr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	kg / Jahr	2.063	373,4	180,2	59,2	2.507	507,8	425,7	64,9	403,3	39,4
	g / ha LN	913	165	209	69	595	120	350	53	454	44
Bilanz	kg / Jahr	1.689		121		2.000		361		364	
	g / ha LN	748		140		474		297		410	

rot = Überschuss nach Abzug eines Entzuges von max.350 g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

blau = Defizit nach Abzug eines Entzuges von min. 250 g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

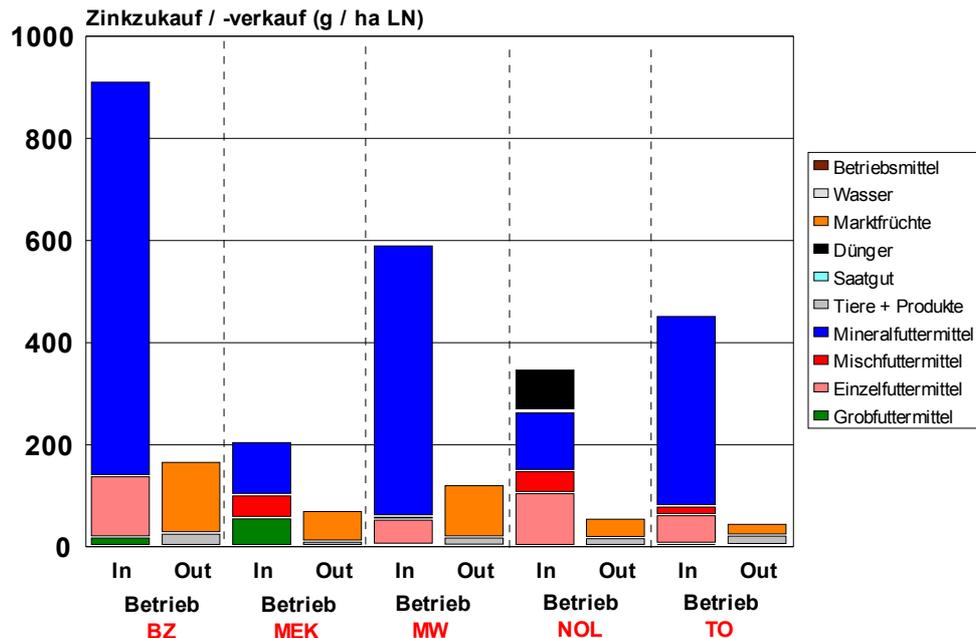


Abbildung 7: Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Zink (in g/ha)

3.1.3 Kupfer

In Tabelle 5 und Abbildung 8 sind die betrieblichen Bilanzen für das Element Kupfer dargestellt. Die Quellen wurden gruppiert. In den Anhangstabellen sind die über zwei Jahre gemittelten Spurenelementträger für die Betriebe im Detail zu entnehmen. Für alle fünf Betriebe wurde ein deutlich positives Kupfersaldo ermittelt. Im Mittel wurde ein Kupferüberschuss von 84 (20 – 118) g je ha landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe errechnet. Haupteintragspfad sind die Mineral- und Einzelfuttermittel. Nur in einem Betrieb wurden mikroelementhaltige Wirtschaftsdünger zugekauft. Hauptaustragsgröße aus den Betrieben sind die Markfrüchte. Der Beitrag zum Austrag über tierische Produkte bzw. Tierverkäufe ist verschwindend gering. Dies deckt sich mit den Befunden in einer Vielzahl von Publikationen, in denen zum Teil sogar empfohlen wird, die Spurenelemente in Milch und Fleisch für Mikronährstoff-Stallbilanzen zu vernachlässigen (DLG, 2006).

Die Gesamtentzüge je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche liegen deutlich unter dem Entzug von 70 bis 120 g Kupfer je ha durch Blattfrüchte (KERSCHBERGER UND MARKS, 2006). Hier haben die Anbaustruktur und insbesondere der Grünlandanteil und der innerbetrieblich verwertete Futterflächenanteil einen Anteil daran. Aus rein umweltseitiger Sichtweise wird das Problem dadurch verschärft, dass nicht die gesamte Nutzfläche in den Kreislauf einbezogen wird, d.h. dass insbesondere die Ackerfläche eine deutlich höhere Bilanz aufweisen wird, weil sie den Großteil des Wirtschaftsdüngers verkraften muss. Für die um den Leguminosenanbau reduzierte Ackerfläche der Betriebe ergäbe sich, bei der Unterstellung, dass das Grünland keine Wirtschaftsdünger erhielte, ein Kupfereintrag von 104 g (BZ); 31 g (MEK); 129 g (MW); 130 g (NOL) und 115 g (TO) je Hektar. Im Mittel wäre dies ein Plus von 102 g Kupfer je Hektar Ackerfläche, welches jährlich eingebracht wird.

Tabelle 5: Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Kupfer

Kupfer		BZ		MEK		MW		NOL		TO	
Quelle	ME	Zu- kauf	Ver- kauf								
Grobfuttermittel	kg / Jahr	7,7	0,0	6,3	0,0	2,4	1,1	0,0	0,0	0,8	0,4
Einzelfuttermittel	kg / Jahr	43,5	0,0	0,1	0,0	31,0	0,0	18,4	0,0	9,1	0,0
Mischfuttermittel	kg / Jahr	0,0	0,0	4,6	0,0	4,0	0,0	26,1	0,0	3,7	0,0
Mineralfuttermittel	kg / Jahr	201,0	0,0	11,8	0,0	514,1	0,0	29,1	0,0	69,9	0,0
Tiere + Produkte	kg / Jahr	0,0	2,2	0,0	0,3	0,1	5,1	0,3	1,5	0,0	1,1
Saatgut	kg / Jahr	0,6	0,0	0,1	0,0	1,6	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0
Dünger	kg / Jahr	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	52,0	0,0	0,0	0,0
Marktfrüchte	kg / Jahr	0,0	41,0	0,0	6,3	0,0	64,5	0,0	5,0	0,0	2,6
Wasser	kg / Jahr	0,9	0,0	1,1	0,0	0,7	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
Betriebsmittel	kg / Jahr	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	kg / Jahr	255	43	24	7	569	71	126	6	84	4
	g / ha LN	113	19	28	8	135	17	104	5	95	5
Bilanz	kg / Jahr	212		17		499		120		80	
	g / ha LN	94		20		118		99		90	

rot = Überschuss nach Abzug eines Entzuges von max.120 g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

blau = Defizit nach Abzug eines Entzuges von min. 70 g / ha (Kerschenberger und Marks, 2006)

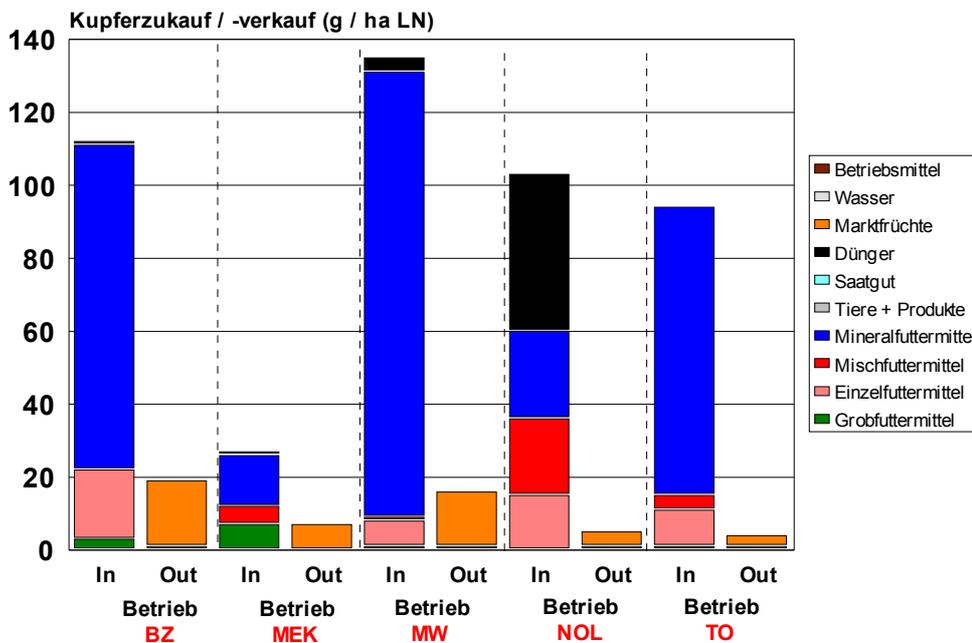


Abbildung 8: Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Kupfer (in g/ha)

3.1.4 Selen

In Tabelle 6 und Abbildung 9 sind die betrieblichen Bilanzen für das Element Selen dargestellt. Die Quellen wurden gruppiert. In den Anhangstabellen sind die über zwei Jahre gemittelten Spurenelementträger für die Betriebe im Detail zu entnehmen. Für alle fünf Betriebe wurde ein deutlich positives Selensaldo ermittelt. Im Mittel wurde ein Selenüberschuss von 1,9 (0,7 – 3,2) g je ha landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe errechnet. Haupteintragspfad sind die Mineral- und Einzelfuttermittel. Nur in einem Betrieb wurden mikroelementhaltige Wirtschaftsdünger zugekauft.

Hauptaustragsgröße aus den Betrieben sind die Marktfrüchte. Der Beitrag zum Austrag über tierische Produkte bzw. Tierverkäufe ist verschwindend gering. Dies deckt sich mit den Befunden in einer Vielzahl von Publikationen, in denen zum Teil sogar empfohlen wird, die Spurenelemente in Milch und Fleisch für Mikronährstoff-Stallbilanzen zu vernachlässigen (DLG, 2006). Bei rein umweltseitiger Sichtweise wird das Problem dadurch verschärft, dass nicht die gesamte Nutzfläche in den Kreislauf einbezogen wird, d.h. dass insbesondere die Ackerfläche eine deutlich höhere Bilanz aufweisen wird, weil sie den Großteil des Wirtschaftsdüngers verkraften muss. Für die um den Leguminosenanbau reduzierte Ackerfläche der Betriebe ergäbe sich, bei der Unterstellung, dass das Grünland keine Wirtschaftsdünger erhielte, ein Seleneintrag von 2,7 g (BZ); 1,1 g (MEK); 3,4 g (MW); 1,5 g (NOL) und 2,4 g (TO) je Hektar. Im Mittel wäre dies ein Plus von 2,2 g Selen je Hektar Ackerfläche, welches jährlich eingebracht wird.

Tabelle 6: Betriebliche Bilanzen für das Spurenelement Selen

Selen		BZ		MEK		MW		NOL		TO	
Quelle	ME	Zu- kauf	Ver- kauf								
Grobfuttermittel	kg / Jahr	0,06	0,00	0,05	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Einzelfuttermittel	kg / Jahr	0,42	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,17	0,00	0,03	0,00
Mischfuttermittel	kg / Jahr	0,00	0,00	0,19	0,00	0,16	0,00	0,26	0,00	0,05	0,00
Mineralfuttermittel	kg / Jahr	6,03	0,00	0,56	0,00	13,55	0,00	0,76	0,00	1,72	0,00
Tiere + Produkte	kg / Jahr	0,00	0,34	0,00	0,02	0,00	0,27	0,00	0,06	0,00	0,07
Saatgut	kg / Jahr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Dünger	kg / Jahr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
Marktfrüchte	kg / Jahr	0,00	0,59	0,00	0,14	0,00	0,65	0,00	0,08	0,00	0,04
Wasser	kg / Jahr	0,04	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Betriebsmittel	kg / Jahr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe	kg / Jahr	6,6	0,9	0,8	0,2	14,3	0,9	1,5	0,1	1,8	0,1
	g / ha LN	2,9	0,4	0,9	0,2	3,4	0,2	1,3	0,1	2,1	0,1
Bilanz	kg / Jahr	5,6	0,6	13,3	1,4	1,7					
	g / ha LN	2,5	0,7	3,2	1,2	1,9					

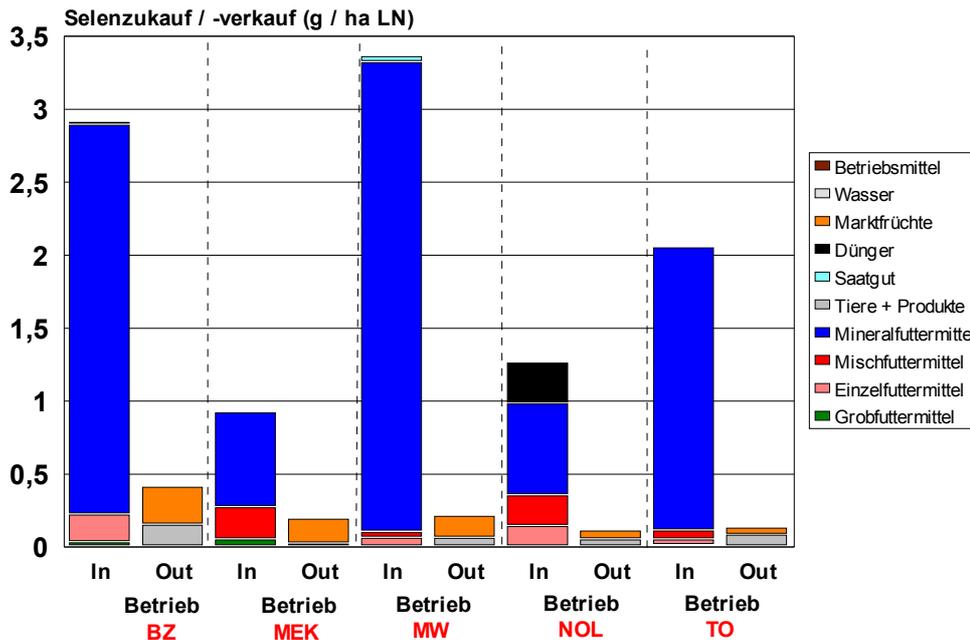


Abbildung 9: Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen für das Spurenelement Selen (in g/ha)

3.2 Futtermittel und Futterrationen

Das Fazit aus den betrieblichen Bilanzrechnungen ist eindeutig: Der Eintragspfad Futtermittel ist die dominante Größe. Nennenswerte Entlastungen der Spurenelementeinträge in landwirtschaftliche Betriebe können deshalb nur über eine konsequent bedarfsgerechte Versorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere, d.h. über die Bewertung von Einzelfuttermitteln und die Rationsoptimierung erfolgreich sein. Diese Schlussfolgerung ist nicht neu. Sie schließt sich lückenlos an die Forderung der bisher vorliegenden Literaturbefunde an. Im Unterschied zu den Hauptnährstoffen ist der Anteil an Spurenelementen, der im Organismus retiniert wird, sehr gering.

Von den Autoren der DLG-Broschüre „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen“ (DLG, 2006) wird postuliert, dass unter „worst case“ – Bedingungen für Überschlagsrechnungen der Anteil an Spurenelementen, der über tierische Produkte überführt wird, nahezu auf Null gesetzt werden könnte. In einer Beispielkalkulation wird dargestellt, dass selbst bei Einhaltung der Bedarfsempfehlungen der GfE bei Milchrindern 98 Prozent des Kupfers und 91 Prozent des Zinks und bei Schweinen 90 Prozent des Kupfers und 86 Prozent des Zinks nicht verwertet, d.h. wieder ausgeschieden werden. Eine Versorgung über den Bedarf verschlechtert die Gesamtverwertung und steigert zwangsläufig die Ausscheidungsmenge in erheblichem Maße. Die Modellrechnung unterstellt dabei als alleinige Fixierung eine Bindung von 0,15 mg Kupfer bzw. 4 mg Zink je Liter Milch und 1,5 mg Kupfer bzw. 25 mg Zink je kg Körpermassenzuwachs.

Die große Variation des Spurenelementgehaltes in Einzelfuttermitteln hat verstärkt in der Fütterungspraxis dazu beigetragen, den Eintrag über die nativen Futtermittel zu vernachlässigen und die

Bedarfsdeckung hauptsächlich über Konzentrate, d.h. über Mineralfutter zu realisieren. Für die Bewertung von Spurenelementeinträgen in die Umwelt ist somit neben der zielbewussten Supplementierung insbesondere die Ausweitung der Datenbasis zum Spurenelementgehalt in Futtermitteln erforderlich. In nachfolgenden Abschnitten sollen die Mikronährstoffgehalte sowohl der Einzelfuttermittel, welche selbst erzeugt bzw. zugekauft wurden, als auch der zugekauften Misch- und Mineralfuttermittel und letztlich der Futterrationen in den Referenzbetrieben dargestellt werden. Während eine Bewertung der Einzelfuttermittelbefunde kaum möglich ist, sollen die Futterrationen hauptsächlich an den aktuellen Bedarfsempfehlungen der GfE gemessen werden.

3.2.1 Grobfuttermittel und Saffuttermittel sowie hofeigene Konzentrate

In der Tabelle 7 sind die mittleren Gehalte an Kupfer, Zink und Mangan in sächsischen Grobfuttermitteln zusammengestellt. Die Befunde stammen aus ca. 300 sächsischen Referenzbetrieben des Freistaates Sachsen, in denen in den letzten fünf Jahren im Rahmen des Futterqualitätsprogramms Futtermittel systematisch untersucht wurden. Mit Ausnahme von Maissilagen, die bekanntermaßen mineralstoffarm sind, scheint im sächsischen Mittel die Mangan- und mit Abstrichen auch die Kupferversorgung über das Grobfutter gesichert zu werden. Bei der Zinkversorgung ist das im Freistaat Sachsen nicht der Fall. Dabei müssen jedoch die erheblichen Schwankungsbreiten berücksichtigt werden, die teilweise über 100 Prozent liegen. Dies ist sowohl für die Über- als auch für die Unterversorgung relevant. Eine exakte Rationsberechnung erzwingt somit auch eine routinemäßige Untersuchung der Grobfuttermittel auf deren Spurenelementgehalt. Tabellenwerte sind mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Tabelle 7: Spurenelementgehalte in sächsischen Grobfuttermitteln

Futterqualitätsprogramm des Freistaates Sachsen		Mangan	Zink	Kupfer
		mg / kg Trockenmasse.		
Maissilagen (n = 959)	$\bar{x} \pm s$	26 ± 12	27 ± 9	6 ± 3
	min	10	12	3
	max	112	69	25
Grassilagen (n = 1013)	$\bar{x} \pm s$	85 ± 54	39 ± 14	10 ± 9
	min	21	17	4
	max	186	199	41
Leguminosensilagen (n = 315)	$\bar{x} \pm s$	71 ± 23	33 ± 7	9 ± 2
	min	21	19	6
	max	153	54	16
Pressschnitzelsilagen (n = 222)	$\bar{x} \pm s$	80 ± 17	33 ± 8	8 ± 4
	min	57	22	4
	max	96	38	21
Getreide-GPS (n = 52)	$\bar{x} \pm s$	55 ± 61	37 ± 30	11 ± 18
	min	16	18	4
	max	204	161	89

Abgleich mit Tabellenwert DVT e.V.(2006) oder DLG (1973):
rot = +50% höherer Wert / blau = - 50 % geringerer Wert

Aufgrund der geogenen Nachlieferung werden große standortspezifische Unterschiede im natürlichen Gehalt an Spurenelementen der Böden und folglich in Futterpflanzen erwartet. Die Mangannachlieferung ist insbesondere auf Gneisverwitterungsböden des Erzgebirges und im sächsischen Lössgebiet gering. Zink und Kupfer dagegen fehlt im Boden mit Löss, in den Heidegebieten, Elbauen und auf sandigen Standorten. Diese Mangelsituation ist jedoch in den Futterpflanzen gegenwärtig kaum nachweisbar, d. h. ein Einfluss des Standortes der Erzeugung zu den Spurenelementbefunden von Gras- und Feldfuttermitteln konnte nicht ermittelt werden. Die Rohstoffe für die Spurenelemente in Mineralstoffmischungen sind überwiegend importiert. In der neuzeitlichen Fütterungspraxis wird der Spurenelementbedarf der landwirtschaftlichen Nutztiere eher suboptimal gedeckt. Die Folge ist eine steigende Konzentration an Spurenelementen im Wirtschaftsdünger. Dies führt zwangsweise zu einer latenten Anreicherung der Böden mit Spurenelementen.

In der Tabelle 8 sind die im Projekt untersuchten Grob- und Saffuttermittel mit ihren Gehaltswerten an Mangan, Zink, Kupfer und Selen gelistet. Um die Werte einordnen zu können, wurden sie mit den Tabellenwerten der DVT (2006) bzw. DLG (1973) verglichen. Wicht der Wert vom Mittelwert mehr als 50 Prozent nach oben oder unten ab, wurde dies durch rote bzw. blaue Markierung der Zahl kenntlich gemacht. Ca. ein Drittel der Mangan- und Selengehalte in den untersuchten Grob- bzw. Saffuttermitteln lag mehr als 50 Prozent unter den Tabellenwerten, rund 10 Prozent der Mangan- und Zinkgehalte wiesen erhöhte Werte nach. Die Kupferkonzentrationen waren im Vergleich mit den Tabellenwerten am unauffälligsten. Damit soll keine generelle Wertung über die Gehaltswerte formuliert sein. Die Befunde können ausschließlich die Notwendigkeit untermauern, dass eine Optimierung der Mikronährstoffversorgung nur über eine laboranalytische Untersuchung von wirtschaftseigenen Futtermitteln möglich ist.

Tabelle 8: Spurenelementgehalt von Grob- und Saffuttermitteln

Betrieb	Grobfuttermittel	Jahr	Mn	Zn	Cu	Se
			mg / kg TM			
BZ	Biertreber	2004	47	109	12	0,06
	Biertreber	2006	41	105	11	0,05
	Grassilage	2004	83	41	8	0,05
	Grassilage	2006	85	40	7	0,06
	Luzernegrünfütter	2006	31	43	7	0,03
	Maissilage	2004	23	28	4 *	0,05
	Maissilage	2006	18	18 *	5	0,02
	Pressschnitzelsilage	2006	79	31	5	0,03
	Stroh	2004	9	6	4	0,05
MEK	Grassilage	2004	193 *	49	11	0,08
	Kartoffeln	2004	17	14	4	0,05
	Maissilage	2004	32	23	2 *	0,05
MW	Gerst-GPS	2004	44	23	5	0,05
	Grassilage	2004	93	75	10	0,09
	Grassilage	2004	62	32	7	0,05
	Maissilage	2004	22	21 *	5	0,05
	Maissilage	2006	11	16 *	5	0,01
	Pressschnitzelsilage	2004	98	27	4	0,05
	Stroh	2004	23	5	4	0,05
	Stroh	2006	17	11	6	0,05
	Weidelgrassilage	2006	53	46	9	0,06
Weidelgrassilage	2006	85	30	7	0,07	
NOL	Biertreber	2004	46	103	14	0,08
	Grassilage	2004	134	35	8	0,06
	Grassilage	2004	70	43	13	0,17
	Grassilage	2006	132	35	6	0,05
	Grassilage	2006	53	32	8	0,06
	Heu	2004	85	22	5	0,19
	Kartoffeln	2004	16	18	6	0,03
	Maissilage	2004	41	29	3 *	0,05
	Maissilage	2006	21	27	5	0,02
TO	Futterroggensilage	2006	48	34	11	0,07
	Grassilage	2006	52	53	10	0,09
	Heu	2006	43	28	5	0,05
	Maissilage	2006	15	27	8	0,02
	Pressschnitzelsilage	2006	92	33	9	0,03
	Stroh	2006	96	58	7	0,03

Abgleich mit Tabellenwert DVT e.V.(2006) oder DLG (1973):

rot = +50% höherer Wert / blau = - 50 % geringerer Wert

Richtwerte für ausreichende Versorgung der Pflanzen in

BU der LfL "Ordnungsgemäßer Einsatz von Düngern ..."

roter Stern = Überschuss / blauer Stern = Mangel

Die Gehalte in den betriebsintern erzeugten Futtermitteln können aber auch als Indikator für die Bewertung der Bodenvorräte an Mikronährstoffen genutzt werden. Nutzt man als Referenzbereiche die in der LfL erarbeiteten Werte, signalisieren immerhin fast 10 Prozent der Pflanzen, dass das Versorgungsniveau der Böden mit den pflanzenverfügbaren Mikroelementen Zink und Kupfer un-

terversorgt gewesen sein muss. Dies steht im Widerspruch zu den in einem späteren Abschnitt behandelten Gehaltswerten in landwirtschaftlichen Böden. Eventuell aufgetretene antagonistische Interaktionen zwischen den beiden Elementen können nur vermutet werden.

Die eigenerzeugten Futtermittel bzw. Marktfrüchte zeigen ein etwas anderes Bild (**Tabelle 9**). Während die Mangan- und Zinkgehaltswerte im Vergleich zu Tabellenwerten eher unauffällig sind, zeigen ein Drittel bzw. über die Hälfte der Konzentrate relativ niedrige Kupfer- bzw. Selendichten.

Tabelle 9: Spurenelementgehalt in eigenerzeugten pflanzlichen Erzeugnissen

Betrieb	Futtermittel / Marktfrucht eigenerzeugt	Jahr	Mn	Zn	Cu	Se
			mg / kg TM			
BZ	Triticale	2004	37,2	27,1	3,3	0,05
	Winterweizen	2004	32,4	40,4	2,8	0,07
MEK	Kartoffeln	2004	16,5	14,3	4,4	0,05
	Triticale	2004	24,7	33,3	3,2	0,05
	Wintergerste	2004	13,8	24,4	2,4	0,05
MW	Körnermais	2004	7,5	20,9	1,9	0,05
	Körnermais	2006	5,2	17,3	3,5	0,02
	Körnermais	2004	4,9	18,2	3,8	0,05
	Körnermais	2006	5,6	19,6	4,1	0,02
	Sommergerste	2006	14,4	33,3	6,5	0,02
	Sonnenblumen	2006	16,6	41,5	17,5	0,02
	Wintergerste	2004	16,3	22,0	2,4	0,05
	Wintergerste	2006	14,2	22,9	4,5	0,02
	Wintergerste	2004	25,8	20,9	2,7	0,05
	Wintergerste	2006	14,6	26,8	5,4	0,02
	Winterraps	2004	23,6	29,7	5,1	0,05
	Winterraps	2006	28,3	31,5	4,3	0,02
	Winterweizen	2004	34,2	37,0	2,7	0,06
	Winterweizen	2006	25,5	27,5	4,8	0,02
NOL	Wintergerste	2004	27,2	28,3	2,8	0,05
	Winterweizen	2006	27,7	25,2	4,7	0,02
TO	Triticale-Gerste	2006	30,8	59,8	5,7	0,02

Ableich mit Tabellenwert DVT e.V.(2006) oder DLG (1973):
rot = +50% höherer Wert / blau = - 50 % geringerer Wert

3.2.2 Tränkwasser

Die Untersuchungsbefunde von Tränkwasser sollen der Vollständigkeit wegen dargestellt werden (Tabelle 10). Eine echte Wertung kann aufgrund fehlender Referenzwerte nicht vorgenommen werden. Die Gehaltsschwankungen auch innerhalb eines Betriebes sind aber auffallend hoch. Obwohl die Tränkwassereinträge in den betrieblichen Kreislauf relativ gering ausfallen, sollte insbesondere bei der Optimierung der Verhältnisse von Spurenelementen untereinander das Tränkwasser in die Untersuchung mit einbezogen werden. Beim Element Eisen, das hier nicht Gegenstand der Untersuchungen war, ist bekannt, dass hohe Eisendichten im Tränkwasser durchaus die Kupfer- und Zinkabsorption negativ beeinflussen können.

Tabelle 10: Spurenelementgehalt im Tränkwasser

Betrieb	Mn	Zn	Cu	Se
	µg / Liter			
BZ	14,8	11,0	5,8	0,3
MEK	0,6	12,6	13,2	0,3
	60,8	171,0	78,4	0,1
	25,1	193,0	42,6	0,2
	1,0	4,3	10,4	0,3
MW	0,4	16,7	5,4	0,2
	<0,01	18,5	3,4	0,4
NOL	1013,0	303,0	13,6	0,3
	8,3	92,8	16,3	0,2
TO				

keine bedenklichen Orientierungswerte überschritten

3.2.3 Zugekaufte Futtermittel

Der Futtermittelzukauf ist bekanntermaßen der wesentlichste Eintragspfad von Spurenelementen in Futterbaubetriebe. Aus diesem Grund ist die Kenntnis über Gehaltswerte für zugekaufte Einzelfuttermittel bzw. Futtermischungen oder Mineralfuttermischungen von entscheidender Bedeutung. Auch hier sollen die Tabellenwerte für die Bewertung der Gehaltswerte erhalten. Vergleicht man die Häufigkeit der in der Tabelle 11 markierten Zahlen, ist auffällig, dass außer für Selen Tabellenwerte eine höhere Treffsicherheit für die Gehaltsbestimmung besitzen. Die Selengehalte von fast 50 Prozent der untersuchten Einzelfuttermittel, welche zugekauft wurden, lag mehr als 50 Prozent unter den Tabellenmittelwerten. Dieser Befund sollte jedoch nicht überbewertet werden, weil der geringe Selengehalt laboranalytisch mit einer höheren Fehlergrenze behaftet sein muss. Selen liegt nahe dem Ultraspurenelementen.

3.2.4 Mineralfuttermittel

Obwohl die Mineralfuttermittel die wichtigste Rolle im betrieblichen Spurenelementkreislauf einnehmen, sind die Gehaltswerte nicht losgelöst von der Einsatzhöhe, der Zusammensetzung der Grundrationen, der Futteraufnahme und herdenspezifischen Kriterien zu bewerten. Eine exakte Einordnung der Zusammensetzung von Mineralfuttermitteln kann somit nur über die Rationsbeurteilung erfolgen. An dieser Stelle soll auf die Befunddiskussion der TMR-Mischungen bzw. hofeigenen Mischfuttermittel hingewiesen werden, die in einem späteren Gliederungspunkt erfolgen wird. In der Tabelle 12 sind die deklarierten Gehaltswerte an Spurenelementen für die untersuchten Betriebe zusammengestellt. Eine laboranalytische Gegenkontrolle wurde nicht veranlasst, weil die deklarierten Werte verschiedene Stufen der Qualitätskontrolle durchlaufen und zufällige Befunde die Genauigkeit der vorliegenden Projektziele nicht maßgeblich verbessert hätten.

Tabelle 11: Spurenelementgehalt in zugekauften Einzelfuttermitteln

Betrieb	Futtermittel zugekauft	Jahr	Mn	Zn	Cu	Se
			mg / kg TM			
BZ	Körnermais	2004	14,2	39,5	4,9	0,07
	Körnermais	2006	13,2	43,0	4,7	0,06
	Rapsextraktionsschrot	2004	63,8	64,6	4,8	0,08
	Rapsextraktionsschrot	2006	71,5	77,7	11,6	0,09
	Rapskuchen	2004	68,8	75,5	4,9	0,08
	Rapskuchen	2006	60,2	57,3	7,0	0,02
	Sojaextraktionsschrot	2004	54,1	78,6	14,3	0,16
	Sojaextraktionsschrot	2006	54,7	67,1	17,8	0,10
	Wintergerste	2004	15,9	28,4	2,6	0,05
	Wintergerste	2006	17,4	37,1	5,7	0,02
	Wintergerste	2004	17,5	29,5	3,2	0,06
	Wintergerste	2006	17,4	37,1	5,7	0,02
MEK	Sojaextraktionsschrot	2004	54,5	61,2	13,9	0,24
MW	Bioprofin	2004	75,3	72,1	5,7	0,13
	Bioprofin	2006	65,0	63,0	6,8	0,14
	Rapsextraktionsschrot	2004	65,4	67,5	5,1	0,07
	Rapsextraktionsschrot	2006	65,0	65,6	7,9	0,06
	Sojaextraktionsschrot	2004	40,9	58,3	11,9	0,05
	Sojaextraktionsschrot	2006	45,9	55,2	16,5	0,07
NOL	Erbsen	2004	18,8	42,1	4,9	0,04
	Erbsen	2006	17,4	47,4	7,1	0,03
	Körnermais	2004	8,7	26,0	5,6	0,05
	Körnermais	2006	7,0	20,1	4,4	0,02
	Melasse	2004	33,6	26,8	7,4	0,08
	Rapsextraktionsschrot	2004	65,4	73,0	6,9	0,10
	Rapsextraktionsschrot	2006	72,5	74,9	8,7	0,07
	Sojaextraktionsschrot	2004	36,1	59,1	10,9	0,05
	Sojaextraktionsschrot	2006	54,0	58,5	20,3	0,07
	Soypass	2004	52,0	58,9	10,8	0,08
TO	Bioprofin	2006	70,4	69,0	8,0	0,11
	Körnermais	2006	7,2	22,6	4,2	0,02
	Rapsextraktionsschrot	2006	72,9	78,3	8,0	0,05
	Sojaextraktionsschrot	2006	29,3	62,4	15,3	0,03

Abgleich mit Tabellenwert DVT e.V.(2006) oder DLG (1973):

rot = +50% höherer Wert / blau = - 50 % geringerer Wert

Nur ein Vergleich zwischen den Mischungen soll herausgestellt werden. Es liegen 13 Deklarationen von Mineralfuttermischungen für Milchrinder in der Hochleistungsphase vor. Die Gehaltswerte schwanken von 3 000 bis 7 500 mg Mangan, von 6 000 bis 12 000 mg Zink, 1 000 bis 2 000 mg Kupfer und 30 bis 80 mg Selen je kg. Die Ursachen für die Differenzen sind im Einzelnen nicht hinterfragt worden. Berücksichtigt man jedoch 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 5 000 mg Mangan und Zink, 1 000 mg Kupfer und 25 mg Selen bereits bedarfsdeckend. Jede Überschreitung der Mengen- oder Gehaltswerte provoziert bereits eine höhere Spurenelementaufnahme. Dazu kommt die native Fracht, welche über die Einzelfuttermittel eingebracht wird.

Tabelle 12: Spurenelementgehalt von Mineralfuttermitteln

Betrieb	Mineralfutter	Mn	Zn	Cu	Se
		mg / kg			
BZ	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	10.000,00	1.000,00	30,00
	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	8.000,00	1.000,00	30,00
	Milchkühe - normal	2.000,00	3.000,00	500,00	15,00
	Milchkühe - normal	2.000,00	3.000,00	500,00	15,00
MEK	Milchkühe - Hochleistung	7.500,00	12.000,00	1.500,00	80,00
	Milchkühe - Hochleistung	5.000,00	7.000,00	1.000,00	40,00
	Milchkühe - Trockensteher	6.000,00	8.000,00	1.000,00	40,00
	Milchkühe - Trockensteher	5.000,00	8.000,00	1.000,00	50,00
MW	Mastschweine	3.000,00	2.500,00	600,00	13,00
	Mastschweine	2.100,00	2.500,00	600,00	13,00
	Mastschweine	2.100,00	2.500,00	500,00	13,00
	Mastschweine	2.046,00	2.607,00	600,00	13,05
	Mastschweine	3.038,00	2.582,00	600,00	13,05
	Mastschweine	2.604,00	3.555,00	600,00	13,50
	Mastschweine	3.038,00	2.859,80	500,00	11,25
	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	7.000,00	1.500,00	50,00
	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	6.000,00	1.500,00	30,00
NOL	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	7.000,00	1.500,00	40,00
	Milchkühe - Hochleistung	4.000,00	7.000,00	1.500,00	40,00
	Milchkühe - Hochleistung	3.000,00	8.500,00	2.000,00	40,00
	Milchkühe - Hochleistung	5.000,00	8.000,00	1.000,00	50,00
TO	Ferkel	1.250,00	2.000,00	333,00	8,00
	Ferkel	2.000,00	2.400,00	4.000,00	10,00
	Jungrinder / Altmelker	4.800,00	7.000,00	1.500,00	40,00
	Mastschweine	2.500,00	3.900,00	600,00	15,00
	Mastschweine	3.000,00	3.000,00	500,00	13,00
	Milchkühe - Hochleistung	4.800,00	8.000,00	1.800,00	40,00
	Milchkühe - Hochleistung	5.000,00	8.000,00	1.500,00	40,00
	Milchkühe - Hochleistung	5.000,00	8.000,00	1.500,00	40,00
	Milchkühe - normal	2.500,00	3.900,00	600,00	15,00
	Milchkühe - Trockensteher	6.000,00	10.000,00	1.500,00	40,00
	Sauen - laktierend	2.000,00	4.000,00	600,00	15,00
	Sauen - laktierend	3.000,00	4.000,00	600,00	15,00
	Sauen - tragend	1.500,00	3.000,00	500,00	10,00
	Sauen - tragend	3.000,00	2.400,00	375,00	10,00

3.2.5 Futterrationen

Die Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente sind Richtwerte, welche hauptsächlich auf Dosis-Wirkung-Studien oder, bei fehlenden Untersuchungsbefunden, auf empirischen Kalkulationen beruhen (GfE, 2001). Der Bedarf wurde zumeist über Steigerungsversuche und das dort registrierte Anreicherungsverhalten im tierischem Gewebe abgeleitet. Für eine faktorielle Ableitung von Bedarfsgrößen, wie dies z. B. für die Mengenelemente praktiziert wird, fehlt die Datenbasis. Insbesondere zu den unvermeidlichen Verlusten (Erhaltungsbedarf) und der Verwertbarkeit von Spurenelementen durch die landwirtschaftlichen Nutztiere fehlen Untersuchungen. Die Bedarfsempfehlungen enthalten bereits großzügige Sicherheitszuschläge. Durch die Fähigkeit der Kühe,

die Mineralstoffabsorption homöostatisch zu regulieren, wird ein Überschuss an Zink, Kupfer und Mangan in der Futtration durch gezielte Drosselung der Absorption abgefangen. Der Überschuss gelangt nicht in den Körper. Er wird ausgeschieden und über die Wirtschaftsdünger wieder ausgebracht. Zwischen dem eigentlichen Bedarf der Tiere und der Vergiftungsgefahr liegt somit ein großer Spielraum. Deshalb müssen auch graduell unterschiedliche Versorgungsempfehlungen nicht grundsätzlich falsch sein.

Aufgrund eines komfortablen Sicherheitszuschlages kann aber davon ausgegangen werden, dass die empfohlenen Bedarfsangaben ausreichende Sicherheit für die Versorgung der Nutztiere bieten. Die Unsicherheit bei Bedarfsschätzung wird durch die Vielzahl von Wechselwirkungen und Antagonismen zwischen den Spurenelementen und zwischen Spurenelementen und anderen Nährstoffen weiter verschärft. Sie können jedoch nicht widerspruchlos als Argument genutzt werden, um die Bedarfsempfehlungen anzuzweifeln. Eine deutliche Steigerung der Spurenelementgaben kann nur kontraproduktiv sein, weil sie die Versorgungssituation der Tiere eher destabilisieren hilft.

Die aktuellen Bedarfsempfehlungen enthalten ausreichend hohe Sicherheitszuschläge, um auch in Phasen von Hochleistungen oder stressbedingter geringerer Futterraufnahme eine ausreichende Versorgung sicher zu stellen. Zum Teil betragen diese Zuschläge über 100 Prozent der aus Dosis-Wirkungs-Studien abgeleiteten Bedarfsangabe. Aufgrund der homöostatischen Regulation der Nutztiere führt eine Versorgung von Spurenelementen über den Bedarf zu einer Drosselung der Verwertung und letztlich zu einer erhöhten renalen Ausscheidung des Elementes. Die Folge ist jedoch ein so genanntes „Durchlaufen“ der Spurenelemente und eine Anreicherung in den Wirtschaftsdüngern. Weil dies bereits umweltrelevante Ausmaße angenommen hat, reagiert der Gesetzgeber mit einer futtermittelrechtlichen Absenkung der Höchstgehalte in Futtrationen von Nutztieren. Erst bei extrem hohen Gaben sind ergotrope und später toxische Reaktionen beim landwirtschaftlichen Nutztier zu erwarten (WINDISCH 2001). Diese Gaben verbieten sich aber bereits jetzt, weil sie sich außerhalb des futtermittelrechtlichen Bereiches bewegen müssten.

Tabelle 13: Spurenelementgehalte in sächsischen TMR-Mischungen für Milchrinder (2001 - 2006)

	Spurenelementgehalt (mg / kg TM)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
n	52	137	59	38	97	28
Kupfer						
$\bar{x} \pm s$	17 ± 7	18 ± 10	23 ± 9	20 ± 7	14 ± 12	12 ± 5
min	4	6	8	8	5	6
max	37	61	47	42	67	23
Zink						
$\bar{x} \pm s$	86 ± 45	102 ± 62	113 ± 45	113 ± 50	106 ± 79	115 ± 56
min	27	31	16	40	25	38
max	220	286	233	256	396	247
Mangan						
$\bar{x} \pm s$	80 ± 27	82 ± 33	94 ± 32	89 ± 35	85 ± 44	99 ± 37
min	40	30	36	39	35	36
max	151	194	233	192	262	179

Beim Blick in die Analysenbefunde von sächsischen TMR-Mischungen für Milchrinder bzw. Alleinfuttermischungen für Schweine, welche im Rahmen des Futterqualitätsprogramms (STEINHÖFEL, 2006) erhoben wurden (Tabelle 13 und 14), wird deutlich, dass die mittlere Spurenelementdichte m. E. durchschnittlich 100 Prozent über der Bedarfsempfehlung liegt. Der Aufwand an Mineralfutter je kg Milch war dabei recht unterschiedlich. Im Mittel wurden 8 g Mineralfutter je kg Milch eingesetzt. Die Spanne reichte von 3 bis 16 g je kg Milch bzw. 30 g bis 590 g je Kuh und Tag. Auch das industriell hergestellte Milchleistungsfutter ist nicht besser. Wie Untersuchungsbefunde des Vereins Futtermitteltest e.V. zeigen, waren in den letzten Jahren die Mangan-, Zink- und Kupferkonzentrationen in diesem Mischfutter auch mehr als 100 Prozent über der Versorgungsempfehlung gemessen worden.

Tabelle 14: Spurenelementgehalte in hofeigenen Mischungen für Schweine (2003 - 2006)

Tierkategorie	ME	Mn	Zn	Cu
		mg / kg (88 % TM)		
Ferkel	n		31	
	$\bar{x} \pm s$	101 ± 30	157 ± 44	134 ± 41
	min	62	63	17
	max	144	218	162
Mast-schweine	n		83	
	$\bar{x} \pm s$	109 ± 191	116 ± 38	25 ± 19
	min	16	24	5
	max	1453	242	134
Sauen	n		58	
	$\bar{x} \pm s$	99 ± 33	142 ± 47	30 ± 19
	min	34	42	8
	max	204	286	90

Die Tabelle 15 zeigt für die im Projekt untersuchten Rationen der Referenzbetriebe ein indifferentes Bild. In der Regel bestätigt sich der Sachsentrend. Die Mehrzahl der Mischungen für Milchrinder war suboptimal mit Spurenelementen ausgestattet. Vereinzelt konnte sogar eine Überschreitung futtermittelrechtlicher Grenzwerte ermittelt werden. Die Unterversorgung mit Zink und Kupfer im Betrieb MEK war mit wirtschaftlichen Sparzwängen des Betriebes zu begründen. Die Dosierung des Mineralfutters lag unter der Fütterungsempfehlung des Herstellers. Auffallend sind die großen Unsicherheiten bei der Selendosierung und die Kupferschwankungen in Schweinerationen.

Mangan

Der Manganbedarf wird von der GfE (2001) nach Auswertung ausgewählter Fütterungsversuche mit 50 mg je kg Trockenmasse festgelegt. Eine toxische Reaktion der Nutztiere ist nach Aussagen der Autoren erst bei Überschreitung des mehr als Hundertfachen zu erwarten. Der gesetzliche Grenzwert liegt seit dem Inkrafttreten der VERORDNUNG (EG) NR. 1334/2003 der Kommission vom 25. Juli 2003 für alle relevanten warmblütigen Nutztiere bei 150 mg je kg Futtermittelration (88 Prozent Trockenmasse = 170 mg/kg Trockenmasse).

Tabelle 15: Spurenelementgehalt in Futtermitteln

Betrieb	Rationen (TMR, Mischfutter)	Jahr	TS %	Mn : Zn : Cu : Se			
				mg / kg TM			
BZ	TMR-Frisch	2004	33,1	125	199	27	0,74
	TMR-Hochleistung	2004	29,9	103	173	20	0,50
	TMR-Hochleistung	2006	30,0	57	90	9	0,39
	TMR-mittlere Leistung	2004	26,9	88	97	13	0,16
	TMR-Trockensteher	2004	27,9	106	81	13	0,24
MEK	TMR-Hochleistung	2004	40,1	120	125	17	0,77
	TMR-mittlere Leistung	2004	36,3	68	41	9	0,13
	TMR-Trockensteher	2004	35,8	69	36	9	0,77
	TMR-Ziegen	2004	41,2	71	42	9	0,77
MW	TMR-Hochleistung	2004	33,1	92	114	21	0,45
	TMR-Hochleistung	2006	45,3	81	113	11	0,67
	TMR-mittlere Leistung	2004	27,0	133	149	29	0,69
	TMR-mittlere Leistung	2006	33,2	79	96	12	0,51
	TMR-Trockensteher	2004	26,0	173	231	44	1,50
	TMR-Trockensteher	2006	32,4	95	96	11	0,73
	Schweinemastfutter 0	2004	85,7	111	104	18	0,78
	Schweinemastfutter I	2004	85,5	104	92	17	0,35
	Schweinemastfutter II	2004	84,0	85	92	18	0,54
	Schweinemastfutter III	2004	84,6	79	84	17	0,70
	Schweinemastfutter III	2006	90,3	81	121	25	0,24
	Sauen - laktierend	2006	90,8	174	147	34	0,38
NOL	TMR-Frisch	2004	33,8	150	157	25	0,72
	TMR-Frisch	2006	41,7	130	182	18	1,48
	TMR-Hochleistung	2004	33,0	73	94	17	0,35
	TMR-Hochleistung	2006	43,3	80	101	11	0,45
	TMR-mittlere Leistung	2004	34,9	139	124	19	0,58
	TMR-mittlere Leistung	2006	46,0	97	120	12	0,48
	TMR-mittlere Leistung	2006	56,8	110	85	11	0,25
	TMR-Trockensteher	2004	28,7	139	41	8	0,11
	Ferkelaufzuchtfutter	2006	90,0	149	131	29	0,38
	Schweinemastfutter I	2004	84,8	108	117	19	0,55
	Schweinemastfutter II	2004	84,5	88	108	22	0,58
	Schweinemastfutter II	2006	90,5	127	144	27	0,47
TO	TMR - Transit	2006	38,3	166	247	19	0,66
	TMR-Frisch	2006	44,1	136	197	18	1,48
	TMR-Hochleistung	2006	60,0	123	175	19	1,02
	TMR-mittlere Leistung	2006	48,4	88	84	10	0,50
	TMR-mittlere Leistung	2006	36,8	139	121	13	0,10
	TMR-Trockensteher	2006	34,0	109	120	12	0,65
	Ferkelaufzuchtfutter	2006	92,2	95	180	105	0,49
	Läuferaufzuchtfutter	2006	90,1	137	234	170	0,45
	Sauen-laktierend	2006	89,8	126	222	115	0,51
	Sauen-niedertragend	2006	91,4	61	151	23	0,32

blaue Zahlen = unter Versorgungsempfehlung GfE

rote Zahlen = Überschreitung VO(EG)1334/2003

Wie die Abbildung 10 verdeutlicht, lag die Manganversorgung der Nutztiere in den untersuchten Referenzbetrieben deutlich über der Bedarfsempfehlung der GfE. Die Einzeldarstellung der Quellen für die in der TMR gefundenen Mangankonzentrationen erlaubt den rechnerischen Schluss, dass

die Mangansupplementierung über die Mineralfutter zu hoch war. Es wird durchaus sichtbar, dass die native Manganlieferung über die pflanzlichen Einzelfuttermittel vernachlässigt wurde.

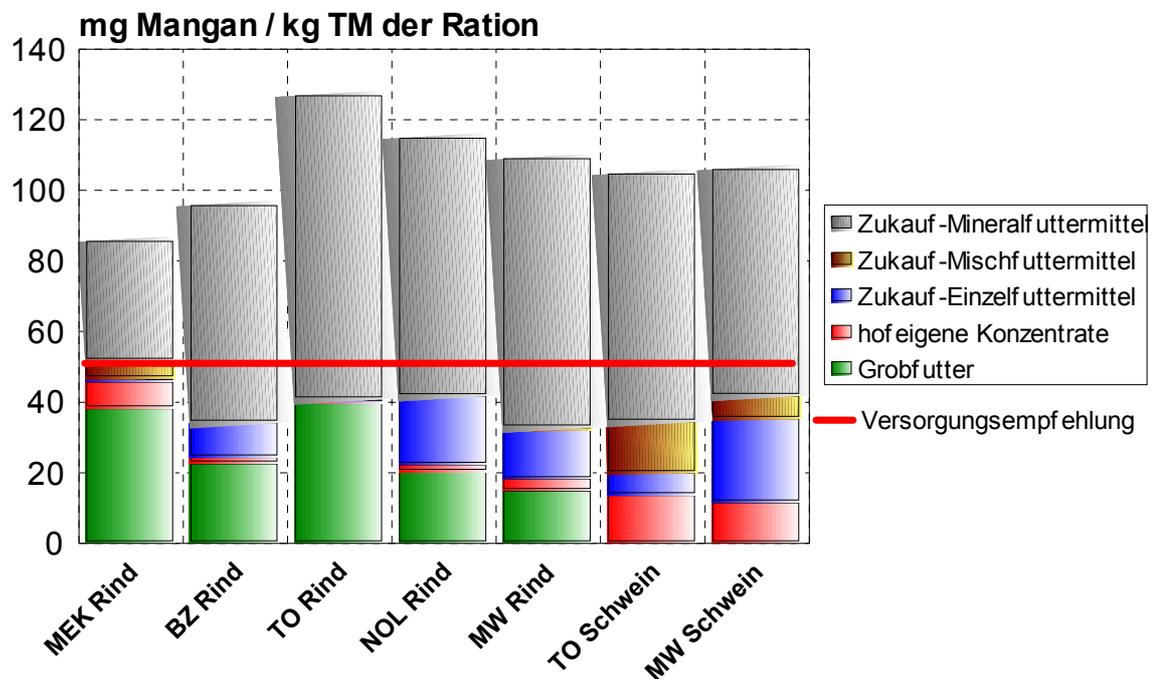


Abbildung 10: Manganeinsatz in den Futterrationen (in mg/kg TM der Rationen)

Die Manganverwertung kann insbesondere durch die Elemente Calcium, Eisen und Phosphor (ANKKE u.a. 1994), aber auch durch eine hohe Proteinzufuhr gehemmt werden. Weil diese Elemente bekanntermaßen in Rationen für Hochleistungsrinder oft vorgehalten werden, kann es durchaus zu einer Hemmung der Manganverwertung bei den Tieren geführt haben. Immerhin zeigen nahezu 15 Prozent der sächsischen TMR Kaliumgehalte von über 8 g je kg Trockenmasse, was nachweislich die Manganverwertung behindern kann.

Zink

Die Versorgungsempfehlung für Zink weist bereits nahezu 100 Prozent Sicherheitszuschlag, verglichen mit den bedarfsdeckenden Befunden zahlreicher Fütterungsversuche, auf (GfE, 2001). Der Bedarf wird mit 50 mg je kg Trockenmasse der Ration angegeben. Die Toleranzgrenze für Zink liegt nach Angaben des NRC (1980) bei 500 mg je kg Trockenmasse. Der gesetzliche Grenzwert liegt seit dem Inkrafttreten der VERORDNUNG (EG) NR. 1334/2003 der Kommission vom 25. Juli 2003 für alle relevanten warmblütigen Nutztiere bei 150 mg je kg Futterrationsration (88 Prozent Trockenmasse = 170 mg/kg Trockenmasse).

Die Zinkversorgung der Nutztiere in den untersuchten Referenzbetrieben zeigt ein vergleichbares Bild wie die Manganversorgung (Abbildung 11). Die Gehaltswerte der TMR und Schweinemischfuttermittel liegen deutlich über der Bedarfsempfehlung der GfE. Auch hier sei der rechnerische

Schluss zulässig, dass die Zinksupplementierung über die Mineralfutter zu hoch war. Es ist auch nicht zu verkennen, dass die native Lieferung über die pflanzlichen Einzelfuttermittel vernachlässigt wurde.

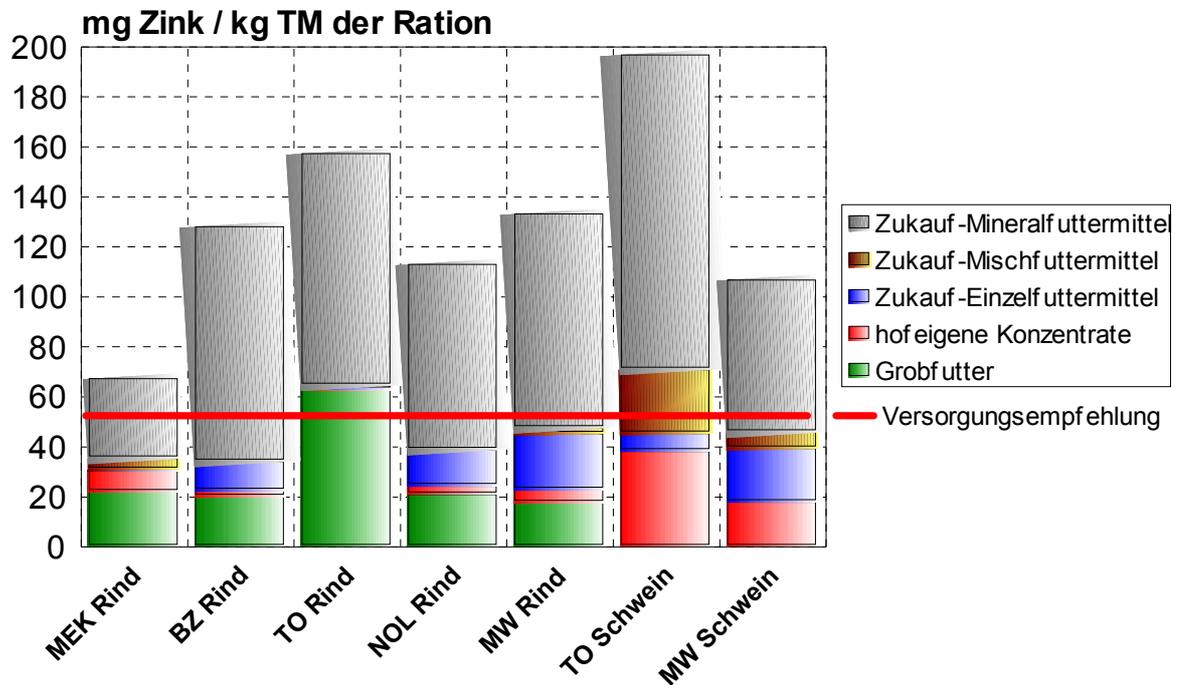


Abbildung 11: Zinkeinsatz in den Futterrationen (in mg / kg TM der Rationen)

Insbesondere Imbalancen zwischen den Spurenelementen Zink und Kupfer sowie Zink und Eisen behindern die Zinkverwertung. Auch ein zu hoher Kaliumgehalt wirkt sich negativ auf die Zinkversorgung der Wiederkäuer aus.

Kupfer

Bei Milch- und Aufzuchtrindern wird eine Versorgungsempfehlung von 10 mg je kg Rationstrockenmasse formuliert. Gehalte von 100 mg können Rinder noch tolerieren. Die Bedarfsempfehlung für Schweine beträgt 20 mg/kg Alleinfuttertrockenmasse. Der gesetzliche Grenzwert liegt seit dem Inkrafttreten der VERORDNUNG (EG) NR. 1334/2003 der Kommission vom 25. Juli 2003 für Ferkel bis zur 12. Woche bei 170 mg, für sonstige Schweine bei 25 mg und für alle ruminierenden Rinder bei 35 mg je kg Futtermittel (88 Prozent Trockenmasse = Ferkel 193 mg; Schweine 28 mg bzw. Rinder 40 mg je kg Trockenmasse).

Die Darstellung in der Abbildung 12 verzerrt durchaus das Bild, weil die Anforderungen und futtermittelrechtlichen Grenzbereiche zwischen Wiederkäuern und Schweinen Unterschiede aufweisen. Auch hier muss jedoch geschlussfolgert werden, dass die Rationsausstattung mit Kupfer eher suboptimal ausfällt. Vielfach reicht der native Gehalt der eingesetzten Einzelfuttermittel bereits aus, um den geforderten Gehalt der Bedarfsempfehlung zu erreichen.

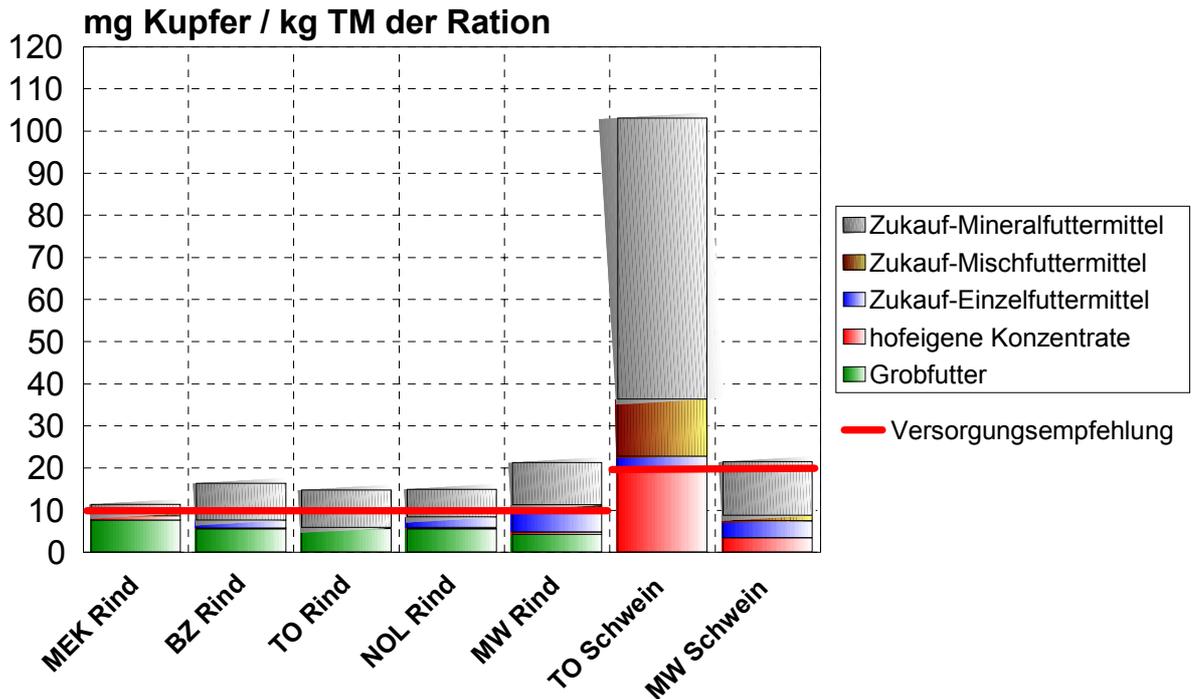


Abbildung 12: Kupfereinsatz in den Futtrationen (in mg/kg TM der Rationen)

Ein Mehrbedarf an Kupfer wird nur durch Weidefütterung und einen überdurchschnittlich hohen Schwefel-, Molobdän- und Eisengehalt begründet (GfE, 2001). Trotz deutlicher Reduzierung der Industrie- und Haushalts-Emissionen von Schwefel finden sich in 27 Prozent der TMR für sächsische Milchrinder über 2 g Schwefel je kg Futtertrockenmasse (STEINHÖFEL, 2006). Dieser Wert wird als Grenzwert für antagonistische Wirkungen gegenüber der Kupferverwertung diskutiert. Beim Eisengehalt ist die Situation im Freistaat Sachsen noch dramatischer. In den sächsischen Betrieben ist insbesondere letztgenanntes Element von Bedeutung. Nach UNDERWOOD UND SUTTLE (1999) sollte das Verhältnis von Eisen zu Kupfer möglichst 50 nicht übersteigen. Bei einem Zielwert von 10 mg Kupfer je kg Trockenmasse sind Eisenkonzentrationen von über 500 mg je kg Trockenmasse bereits problematisch. Ohne die Berücksichtigung von Eisen aus dem Tränkwasser enthalten die sächsischen TMR-Mischungen der letzten Jahre im Mittel 465 (183 – 2 293) mg Eisen (STEINHÖFEL, 2005). Mehr als ein Drittel der TMR haben Eisenkonzentrationen von über 500 mg je kg Trockenmasse. Hier ist ein wichtiger Ansatz zur Verbesserung der Kupferversorgung markiert. Ein weiterer Ansatz ist im Verhältnis von Zink und Kupfer zu suchen. Beide Elemente behindern sich nämlich gegenseitig. Optimal wäre ein Verhältnis von 3 - 5. Dies schaffen in Sachsens Milchviehställen gegenwärtig nur ca. 25 Prozent der Rationen (STEINHÖFEL, 2006). In den Betrieben des Projektes liegen 75 Prozent der Futtrationen für Rinder und Schweine über einem Zink-Kupfer-Verhältnis von 5.

Selen

Die Selenversorgung von Milchrindern wird mit 0,2, von Aufzuchtrindern mit 0,15 mg und von Schweinen mit 0,5 mg je kg Rationstrockenmasse angegeben. Die toxische Grenze liegt bei ca.

2 mg. Der gesetzliche zulässige Höchstwert ist in der RICHTLINIE 70/524/EWG und in der deutschen Futtermittelverordnung geregelt. Der Wert liegt für alle landwirtschaftlichen Nutztiere bei 0,5 mg je kg Futtermittel (88 Prozent Trockenmasse).

Auch für das Element Selen ist eine Luxusausstattung der Futtermitteln für Milchrinder im Vergleich zur Bedarfsempfehlung nicht zu übersehen (Abbildung 13). Das Erreichen der Empfehlung für Schweine ist dagegen eher grenzwertig.

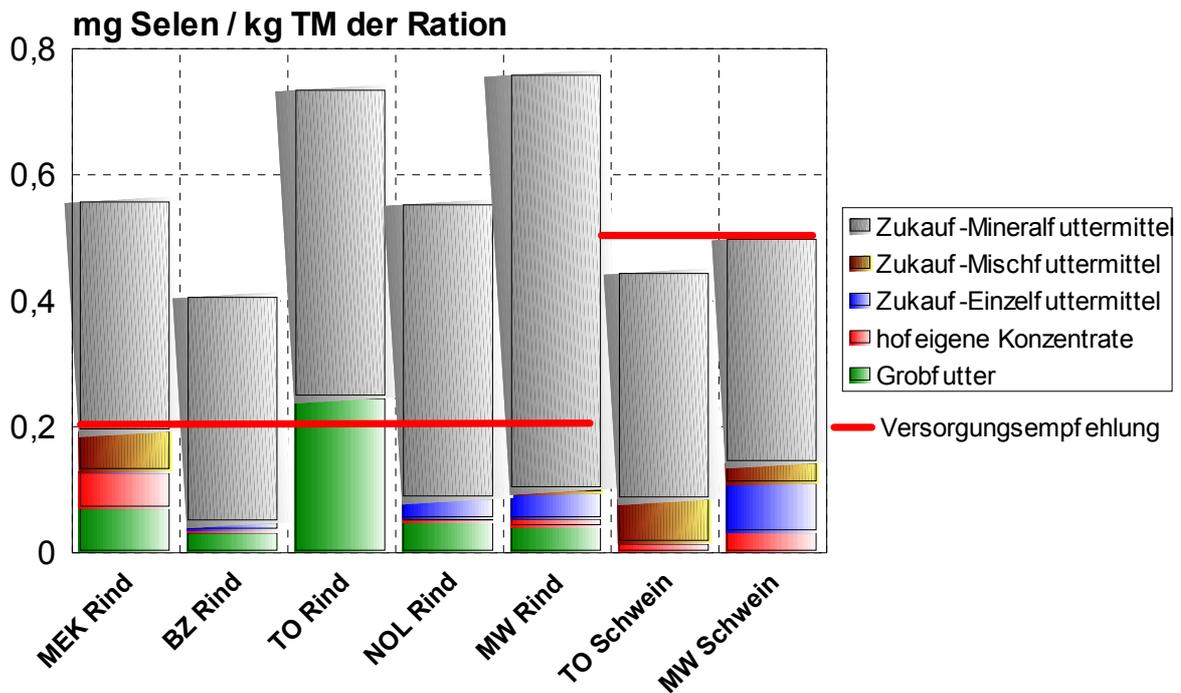


Abbildung 13: Selineinsatz in den Futtermitteln (in mg/kg TM der Rationen)

Für mangelnde Selenverfügbarkeit wird unter anderem wiederum Eisen und Calcium im Futter und eine azidotische Stoffwechsellage verantwortlich gemacht. Auf die gegenwärtig umfangreich diskutierte Bedeutung organisch gebundener Selenverbindungen und die enge Beziehung zum Vitamin E soll hier nur hingewiesen werden.

Auf weiterführende Interpretationen wird an dieser Stelle verzichtet, weil die Zielstellung des Projektes nicht vordergründig auf eine Diskussion zur Tierernährung ausgerichtet ist.

3.3 Versorgungsindikatoren

3.3.1 Boden

Die Bedeutung der Spurenelemente in der Pflanzenernährung und ihre standort- und kulturartabhängige Einordnung sind einer Vielzahl von jüngeren Publikationen in den Fokus gerückt worden (KERSCHENBERGER UND MARKS; 2006; TLL; 2003; PÖßNECK, 2001). Ähnlich wie in der Tier- wird auch in der Pflanzenernährung vor einer Pauschalisierung gewarnt. Andererseits wird der Spurenele-

mentausstattung der Böden und ihrer zielgerichteten Beachtung bei Düngungsmaßnahmen eine große Bedeutung zugeschrieben. Aufgrund der unterschiedlichen geogenen Nachlieferung von Spurenelementen an verschiedenen Standorten, wurden standortspezifische Mangelsituationen definiert. Eine plakative Nutzung dieser Informationen reicht jedoch nicht aus. Über die Funktion der Spurenelemente in der pflanzlichen Ernährung und über die Indikationen von Mangelerscheinungen gibt es eine Vielzahl von Literaturhinweisen.

Wenn die **Mangan**versorgung gestört ist, werden insbesondere die photosynthetische Leistung und damit die Ertragsfähigkeit beeinträchtigt. Die Pflanzen besitzen eine relativ geringe Toleranz gegenüber der Mangankonzentration. Manganmangel tritt häufig bei Böden auf, die einen niedrigen pH-Wert haben. Sowohl bei Manganmangel als auch bei extrem hohen Mangankonzentrationen im Boden reagieren die Pflanzen mit einem Anschwellen der Zellwände, einem Verdorren der Blätter und der Ausbildung brauner Blattflecken.

Wasserlösliches **Zink** im Boden kann in das Grundwasser gelangen. Zudem schädigen hohe Zinkkonzentrationen im Boden die darauf wachsenden Pflanzen. Nur eine geringe Artenzahl toleriert zinkreiche Böden, was wiederum den landwirtschaftlichen Nutzen einer Ackerfläche verringern kann. Schließlich hemmt Zink auch die Aktivität der Bodenmikroorganismen und Regenwürmer, was wiederum die Zersetzung organischen Materials entscheidend verlangsamt.

Kupfer ist ein Element, das natürlicherweise sehr häufig vorkommt und durch anthropogene Prozesse mehr oder weniger stark anreichert wird. Wasserlösliche Kupferverbindungen werden vor allem durch die Landwirtschaft freigesetzt. Im Boden bindet sich Kupfer stark an die organischen und andere mineralische Stoffe. Aus diesem Grund gelangt Kupfer nicht ins Grundwasser. Im Oberflächenwasser kann es sich hingegen sehr schnell anreichern. Kupfer wird in der Natur nicht zersetzt und reichert sich somit Pflanzen und Tieren an. Der Einfluss des Kupfers auf landwirtschaftlich genutzte Böden hängt stark vom pH-Wert und dem Vorhandensein von organischem Material ab. Nur wenige Pflanzenarten vertragen stark kupferangereicherte Böden. Aus diesem Grund stellt Kupfer auch für die landwirtschaftliche Produktion eine nicht zu unterschätzende Gefahr dar.

Selen kann als Element nicht zerstört werden. Es gelangt sowohl über Gesteinsverwitterung als auch durch die Landwirtschaft in Boden oder Wasser. Ein hohes Sauerstoffniveau und ein hoher Säuregehalt im Boden fördern die mobilen Formen des Selens. Durch intensive Landwirtschaft gelangt Selen durch Erosion ins Oberflächenwasser. Eine hohe Konzentration von Selen kann bei Tieren zu Störungen der Fortpflanzung und zu Geburtsschäden führen.

Bei der Bewertung des geogenen Nachlieferungsvermögens der Böden ist zu berücksichtigen, dass nicht alle chemischen Verbindungen der Spurenelemente pflanzenverfügbar sind. Die Pflanzenverfügbarkeit von Spurenelementen wird von einer Vielzahl von Standort- und Bodenparametern mehr oder weniger stark beeinflusst. Der Aussagekraft von Bodenuntersuchungen zur Bewer-

tung der Spurenelementversorgung wird allgemein eine geringere Bedeutung und Aussagefähigkeit als bei den Hauptnährstoffen zugeordnet. Dies wird mit der temporär stark schwankenden Verfügbarkeit dieser Nährstoffe begründet. Dennoch können vorhandene Mangelercheinungen interpretiert und eine sachgerechte Ermittlung des Düngebedarfs abgeleitet werden (JAKOBS, 2005- Internet LWK NRW).

Die Bestimmung der Spurenelemente im Boden erfolgte im Projekt sowohl im Königswasseraufschluss als auch nach der CAT-Methode. Während die erste Methode eher den Gesamtgehalt ablichtet, kennzeichnet die zweite Methode den Gehalt, der letztlich pflanzenverfügbar ist. Grundlage für die Bewertung des Versorgungsniveaus der landwirtschaftlichen Böden mit Spurenelementen, welche in vorliegendem Projekt untersucht wurden, waren die Publikationen von PÖßNECK (2001) und der TLL (2003).

Tabelle 16: Spurenelementgehalte im ackerbaulich genutzten Boden

Betrieb	Bodenart	pH-Wert	Jahr	n Schläge	Mn		Zn		Cu		Se
					Königswasser	CAT	Königswasser	CAT	Königswasser	CAT	
<i>mg / kg TM</i>											
BZ	SL	6,2	2004	6	542 135	156 49	52,5 10,5	8,2 2,6	12,4 4,5	5,2 1,7	0,4 0,1
	SL	6,2	2006	6	473 151	150 46	66,7 12,3	8,8 3,7	14,4 4,0	5,7 1,6	0,7 0,1
MW	SL / L	6,5	2004	6	717 181	191 43	69,3 6,9	6,2 1,1	12,8 1,7	4,3 0,5	0,5 0,1
	SL / L	6,5	2006	6	600 93	162 47	73,7 7,4	5,6 0,9	11,9 1,5	3,8 0,5	0,8 0,1
MEK	IS	5,6	2004	6	950 137	98 15	186,7 68,3	5,8 1,4	32,5 7,0	4,6 1,5	0,7 0,1
NOL	IS	5,7	2004	6	483 396	130 83	49,0 23,8	4,5 1,0	13,5 10,4	3,9 1,8	0,5 0,4
	IS	5,7	2006	6	378 150	88 45	53,8 12,6	4,7 1,5	18,0 19,8	4,8 3,9	0,8 0,7
TO	SL / IS	6,2	2006	6	202	55	40,0	7,9	10,2	4,9	0,5
					78	31	6,7	2,3	2,0	1,9	0,3

rote Zahl = Versorgungsklasse E - hoher Gehalt im Boden (Einstufung nach CAT-Methode (Alt u.a.; 1992; LfL; 2001; TLL; 2003)

In jedem Betrieb wurden sechs Ackerflächen ausgewählt, auf denen regelmäßig Wirtschaftsdünger ausgebracht wurden. Die mittleren Befunde, die in Tabelle 16 zusammengestellt sind, dokumentieren ausnahmslos ein hohes Versorgungsniveau der Böden mit allen untersuchten Spurenelementen. Trotz unterschiedlicher geologischer Nachlieferungsprozesse der Böden können keine standortspezifischen Differenzen abgeleitet werden. Inwieweit dies schon eine Reaktion der angereicherten Wirtschaftsdünger in den Futterbaubetrieben anzeigt, kann nur vermutet werden. Hier wären weiterführende Untersuchungen und insbesondere ein Vergleich zwischen Futterbaubetrieben und reinen viehlosen Marktfruchtbetrieben aufschlussreich.

Wie bereits in einem früheren Kapitel mitgeteilt, zeigen einige Pflanzenanalysen ein eher gegenteiliges Bild. 10 Prozent der Pflanzen zeigten an, dass das Versorgungsniveau der Böden mit den pflanzenverfügbaren Mikroelementen Zink und Kupfer nicht ausreichend war. Eventuell aufgetretene antagonistische Interaktionen zwischen den beiden Elementen, wie sie bereits in der Tierernährung diskutiert wurden, können hier nur vermutet werden.

3.3.2 Tierische Erzeugnisse und Tierhaare

Tierische Rohprodukte wie Milch oder Fleisch werden in der Literatur als schlechte Indikatoren beschrieben, dass der Spurenelementansatz bzw. auch die Retention über die Milch relativ gering ist. Als Bilanzgröße war es im vorliegenden Projekt jedoch sinnvoll, sowohl die Ausscheidungsmenge über die Milch zu quantifizieren als auch eine eventuelle Anreicherung in der Milch zu prüfen. Über die geringe Bedeutung der Spurenelementversorgung betrieblicher Kreisläufe über die Rohmilch wurde bereits berichtet. Erstaunlich war jedoch die Feststellung, dass die Milch in den untersuchten Referenzbetrieben im Vergleich zu Befunden der Literatur (GfE, 2001, DLG 2005) eher niedrige Werte aufwies (Tabelle 17). Inwieweit dies bereits ein Zeichen gestörter Versorgungsniveaus der Tiere anzeigt, kann nicht ermittelt werden.

Tabelle 17: Spurenelementgehalte in der Rohmilch

Betrieb	Produkt	n Tiere	Mn	Zn	Cu	Se
			µg/l			
GfE (2001)	Kuhmilch		50	4000	150	15
BZ	Kuhmilch	20	44 15	2788 699	56 11	20 6
MW	Kuhmilch	20	18 3	3014 1157	100 59	19 4
MEK	Kuhmilch	12	23 8	3662 1868	89 53	12 4
	Ziegenmilch	12	64 4	1878 416	132 123	13 5
NOL	Kuhmilch	20	44	3580	96	20
			23	1187	32	6

blaue Zahl = unterhalb Spanne DLG (2005) - nur Cu & Zn

Haare sind am Gesamtstoffwechsel beteiligt und können damit auch Stoffwechseleinflüsse besser reflektieren als Rohmilchproben. Das Haar spiegelt insbesondere die Versorgungslage mit Spurenelementen empfindlich wider (ANKE; 1965; ANKE UND RISCH, 1979; FÜRL, 2006). Der Gehalt der Haare an Spurenelementen ist jedoch von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig (Haarart, -farbe, -alter und -schnitttiefe, Ort des Haarwachstums, Geschlecht der Tiere, genetische Faktoren, Laktationsstadium). Aus diesem Grund sind Standardisierungen unumgänglich. In Anlehnung an ANKE 1965 wurde nur das pigmentierte Deckhaar vom Widerrist von Altkühen untersucht, welche älter als 35 Monate alt waren. Die Schnitthöhe betrug weniger als 1 mm über der Haut. Die Tiere standen nicht im Haarwechsel. Als Referenzwerte für die Bewertung der Versorgungslage wurden

> 6 mg Mangan, > 6 mg Kupfer, > 100 mg Zink und > 0,25 mg Selen nach ANKE UND RISCH (1975) unterstellt. Auf weitere methodische Diskussionspunkte soll hier verzichtet werden.

Tabelle 18: Spurenelementgehalte im Deckhaar

Betrieb	Haare	Anzahl Tiere	Mn	Zn	Cu	Se
			mg / kg LTM			
BZ	Milchrind	10	0,6	119	9,7	0,46
			0,2	8	1,5	0,21
MW	Milchrind	12	0,9	127	10,2	0,55
			0,5	48	3,5	0,32
MEK	Milchrind	8	17,8	146	7,7	0,65
	Ziege	8	8,0	57	1,1	0,26
NOL	Milchrind	20	2,8	91	5,0	0,35
			3,1	38	1,0	0,04
			2,8	140	10,6	0,59
			3,1	38	3,3	0,35

blaue Zahl = unter Referenzwert (Anke und Risch, 1976)

Die Deckhaaruntersuchungen zeigen wiederum ein zum Gesamtbild der Untersuchungen eher unerwartetes Bild. Wie die Tabelle 18 erkennen lässt scheinen die Tiere insbesondere an Manganmangel zu leiden. Die anderen drei Elemente scheinen den Milchrindern ausreichend zur Verfügung zu stehen.

3.3.3 Tierische Abprodukte

Im umweltpolitischen Fokus stehen zwangsläufig die Wirtschaftsdünger, weil über sie der Überschuss aus dem betrieblichen Kreislauf im Boden entsorgt wird. Während die Bodenschutzverordnung für landwirtschaftliche Böden keine Grenzwerte hinsichtlich der Spurenelemente formuliert, gibt es unzählige Publikationen, die das Ausscheidungsverhalten von Nutztieren bei unterschiedlichen Versorgungsniveaus darstellen. Auch die jüngste Festschreibung von futtermittelrechtlichen Grenzwerten für Kupfer und Zink begründet sich fast ausschließlich mit der Anreicherungsgefahr landwirtschaftlicher Böden in Futterbaubetrieben.

Rechtliche Grenzwerte für Wirtschaftsdünger gibt es gegenwärtig noch nicht. Es mehren sich aber die Informationen, dass diese kommen können. WINDISCH (2002) gab mögliche Grenzwerte für Wirtschaftsdünger von 225 mg Zink und 40 mg Kupfer je kg Trockenmasse an. Die in vorliegendem Projektzeitraum untersuchten Proben aus den Referenzbetrieben (Tabelle 19) wiesen deutlich Werte nach, die zum Teil erheblich über diesem Bereich lagen. Auch die von KERSCHENBERGER UND MARKS (2006) erwarteten mittleren Gehaltswerte in der Rindergülle von 30 bis 100 mg Kupfer, 130 bis 420 mg Mangan und 165 bis 330 mg Zink je kg Trockenmasse (umgerechnet aus g/m³ bei 6 Prozent TM) werden zum Teil erheblich überschritten.

Tabelle 19: Spurenelementgehalte der Wirtschaftsdünger

Betrieb	Abprodukte	TM %	Mn	Zn	Cu	Se
			mg / kg TM			
BZ	Rindergülle	17,7	232	302	166	0,99
MEK	Rindergülle	7,4	288	200	799	0,68
	Rindermist	19,6	71	50	9	0,17
	Ziegenmist	31,0	178	59	13	0,03
MW	Rindergülle	9,3	303	386	902	1,64
	Rindergülle	9,1	310	398	932	1,74
NOL	Rindergülle	23,5	212	254	85	0,84
	Rindermist	29,0	167	80	14	0,12
	Schweinegülle	10,4	564	576	377	2,10

4 Zusammenfassung

Für alle vier untersuchten Spurenelemente wurde ein deutlich positiver betrieblicher Saldo ermittelt. Damit wird ersichtlich, dass schon bei Tierbesatzdichten von 0,8 bis 1,6 ein erheblicher Überschuss über den Zukauf von Futtermitteln provoziert werden kann. Dies hängt wesentlich damit zusammen, dass tierische Rohprodukte kaum nennenswerte Spurenelementträger sind und ihr Verkauf nur unbedeutend zur Entlastung der betrieblichen Bilanzen beitragen kann (Abbildung 14).

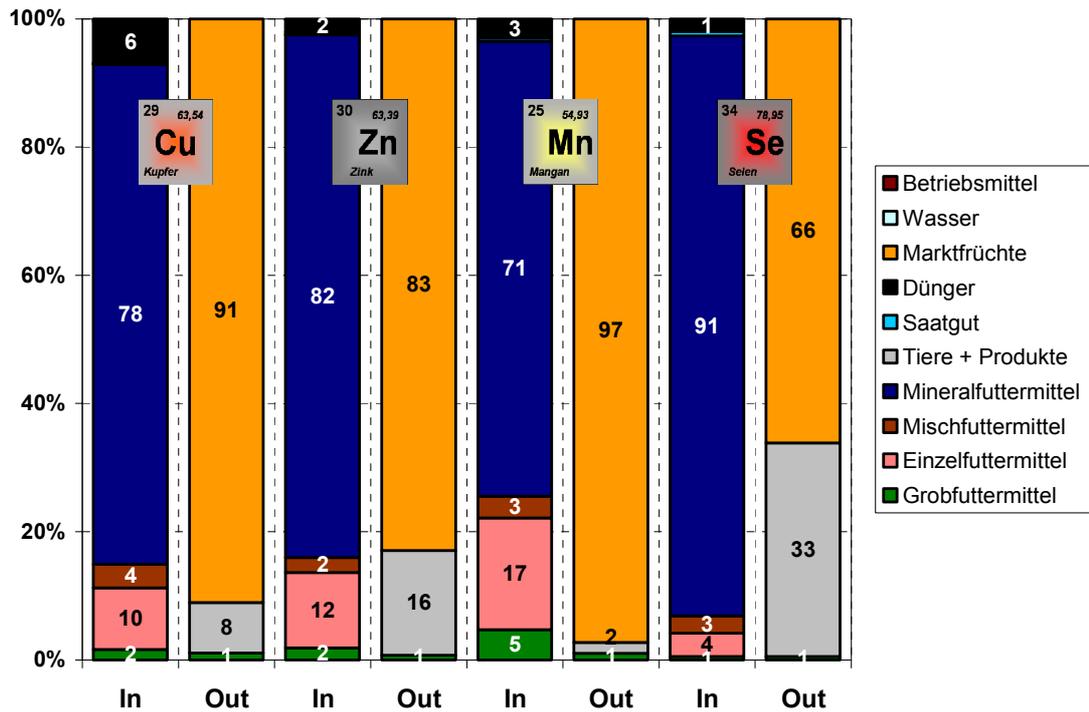


Abbildung 14: Mittlere Zukauf-(In) und Verkauf-(Out)-Quellen aller Betriebe für die Spurenelemente Mangan, Kupfer, Zink und Selen (in Prozent)

Unterstellt man eine gleichmäßige Verteilung von Wirtschaftsdüngern im Betrieb, dann ergeben sich aus den Rechnungen nur zwei mögliche Schlussfolgerungen:

- Um eine ausgeglichene Spurenelementbilanz zu realisieren, muss der Mineralinput um im Mittel 80 Prozent gesenkt werden. Dies kann nur über eine Reduzierung des Futterzukaufs realisiert werden.
- Bei gleich bleibender Fütterungspraxis müsste der Nutztierbesatz um ca. 0,4 GV je Hektar abgesenkt werden.

Bei bedarfsgerechter Spurenelementversorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere werden ca. 400 g Mangan, 400 g Zink und 80 g Kupfer je GV aufgenommen. Unterstellt man eine ca. 90-prozentige Wiederausscheidung der aufgenommenen Mengen und einen mittleren Entzug von 600 g Mangan, 90 g Kupfer und 300 g Zink je ha Marktfruchtfläche, ergäbe sich ein rechnerischer Mindestbesatz für Mangan von 1,7 , für Kupfer von 1,3 und für Zink von 0,9 GV je Hektar, um ausgeglichene Bilanzen zu ermöglichen. Das Element Zink wirkt am stärksten limitierend. Je 10 Prozent Anteil an Grünland und Leguminosenanbau an der landwirtschaftlichen Nutzfläche eines Betriebes könnte der Viehbesatz um weitere 0,1 bis 0,2 GV je Hektar angehoben werden.

Ein viehloser Marktfruchtbetrieb müsste aber zwangsläufig entzugsabhängig Mikronährstoffdünger aufwenden. Geht man mit dem Einsatz von Spurenelementen an die Grenzen des futtermittelrechtlich Erlaubten, dürften - bei Zink als limitierender Größe - maximal 0,2 bis 0,3 GV je Hektar Marktfruchtfläche gehalten werden. Damit entscheidet auch die aktuelle Fütterungspraxis über die umweltgerechte Tierbesatzdichte in den Futterbaubetrieben.

Während die Gehaltswerte an Spurenelementen in den Futtermitteln sehr indifferent und eher niedriger als in Futterwerttabellen waren, zeigt sich in den Futterrationen nahezu in allen Betrieben und für alle untersuchten Mikronährstoffe eine deutliche Luxusausstattung mit Mangan, Zink, Kupfer und Selen. Unberücksichtigt bleiben bei der genannten Problemlage die Ursachen für das Verhalten mit Spurenelementen. Grundsätzlich ergeben sich zwei mögliche Gründe:

- Rein rechnerisch kann die These postuliert werden, dass die Gehaltswerte in den Einzel Futtermitteln der Rationen bei der Rationsoptimierung unberücksichtigt bleiben. In der Fütterungspraxis wird die Spurenelementversorgung oft nur über die supplementierten industriell hergestellten Misch- und Mineralstoffgemische gerechnet. Dies muss aus Sicht der Mineralfutterkosten und der Bioverfügbarkeit von Spurenelementen kritisch hinterfragt werden, zumal die Untersuchungskosten für eine Spurenelementanalyse gegenwärtig nur 20 bis 40 € für Kupfer, Zink, Mangan und Eisen und 30 bis 40 € für Selen betragen.
- Die vielfältigen antagonistischen Wirkungen zwischen den Spurenelementen und zwischen dem Element und anderen Nährstoffen, pH-Werten oder Passagezeiten behindert das Wirksamwerden der Mikronährstoffe im Stoffwechsel. Damit entsteht ein Mangel trotz Überversorgung. Die diagnostizierten Mangelercheinungen führen häufig zur Konse-

quenz einer weiteren Steigerung der Spurenelementzulage. Diese Zulage kann aus Sicht der gegenseitigen Behinderung eher kontraproduktive Reaktionen beim Tier provozieren. Sowohl die Versorgungseinstufung der Böden als auch die Gehaltswerte in den untersuchten Wirtschaftsdüngern bestätigen die Ergebnisse der gesamtbetrieblichen Bilanz und der suboptimalen Fütterungspraxis. Standortspezifische Differenzen waren nicht erkennbar. Im Widerspruch dazu standen einige Pflanzenanalysen, welche Zink- bzw. Kupfermangel anzeigten. Hier wird eine antagonistische Wechselwirkung dieser beiden Elemente in der Pflanzenernährung nicht ausgeschlossen.

Bei den Indikatoren, die die Versorgungssituation der Nutztiere anzeigen sollten, war eher eine Unterversorgung der Milchrinder angezeigt. Auch hier ist zu vermuten, dass die komplexen Antagonismen und Wechselwirkungen trotz einer rechnerischen Überversorgung über das Futter die Verwertung der Spurenelemente mehr oder weniger stark behindern.

5 Literatur

- ANKE M, RISCH M.:** Haaranalyse und Spurenelementstatus. Jena: Fischer-Verlag (1979)
- ANKE, M.:** Der Mengen- und Spurenelementgehalt des Rinderhaares als Indikator der Calcium-, Magnesium-, Phosphor-, Kalium-, natrium-, Eisen-, Zink-, Mangan-, Kupfer-, Molybdän-, und Kobaltversorgung. Habilitationsschrift Jena, landw. Fakultät (1965)
- ANKE, M.; GROPP, B. UND ANGELOW, L.:** Der Einfluss des Mangan-, Zink-, Kupfer-, Jod- und Selenmangels auf die Fortpflanzungsleistung des Wiederkäuers, REKASA-Journal, 1(1994), 23 -28
- BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlasten vom 12. Juli 1999, BGBl I 1999, 1554
- BFU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT):** Erfassung von Schwermetallströmen in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben und Erarbeitung einer Konzeption zur Verringerung der Schwermetalleinträge durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in Agrarökosysteme, Forschungsbericht 299 72 104 / UBA-FB 000580, (2004)
- DLG:** Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, DLG-Band 199, DLG-Verlag, (2005), 69 Seiten
- DLG:** Futterwerttabelle Mineralstoffgehalte in Futtermitteln, DLG-Verlag Band 62, (1973)
- DLG:** Futterwerttabelle Schweine, DLG-Verlag (1991)
- DLG:** Futterwerttabelle Wiederkäuer, DLG-Verlag (1997)
- DVT:** Mineralfutter in der Tierernährung, Broschüre des Deutschen Verbandes Tiernahrung e.V. (DVT), (2006), 67 Seiten
- FMV:** Deutsche Futtermittelverordnung vom 23. November 2000 (zuletzt geändert durch Artikel 2 Abs. 1 der Verordnung vom 21. Januar 2002, BGBl I S.437; BGBl I S. 1605 (2000)
- FÜRL, M.: Haaranalysen und Spurenelementversorgung, unveröffentlichtes Buchmanuskript (2006)
- GFE:** Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung Nr.4 Schweine, DLG-Verlag (1987)
- GFE:** Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung Nr.8 Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag (2001)
- JAKOBS, G.:** Umstellung der Bodenuntersuchung auf die CAT-Methode 2005, Internet LWK NRW <http://www.landwirtschaftskammer.de/>, 25.05.2005

- KERSCHBERGER UND MARKS: Nicht pauschal düngen, Z. Bauernzeitung 18 (2006), 16 - 17
- MÜLLER, A.; FREUDE, B. UND WEISS, M.:** Spurenelementkonzentrationen im Rinderserum: ein aktuelle Überblick, Vortragsmanuskript, Berlin (2006), S. 14
- NRC** (National Research Council): Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy Press, Washington, D.C., pp.5-7 (1980)
- PÖBNECK, J.:** Nährstoff- und Spurenelemente in Gräsern und Leguminosen, Vortrag zum DLG-Ausschuss Gräser, Klee und Zwischenfrüchte, Sonderdruck der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2001)
- RICHTLINIE 70/524/EWG** über Zusatzstoffe in der Tierernährung des Rates vom 23. November 1970, ABl. L 270 vom 14.12.1970, S. 1–17 (1970)
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN:** Ordnungsgemäßer Einsatz von Düngern entsprechend der Düngeverordnung, Broschüre (1997)
- STEINHÖFEL, O.: Mangel trotz Überversorgung, Z. Elite, 4 (2006), 32-35
- TLL:** Merkblatt zu Richtwerten zur Einstufung der Mikronährstoffgehalte in Böden bei Anwendung der CAT-Methode, www.tll.de/ainfo (2003)
- UNDERWOOD, E.J. AND SUTTLE, N.F.:** The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd Ed. Cabi Publishing, New York (1999)
- VDLUFA** - Methodenbuch Band I „Die Untersuchung von Böden“, ISBN 3-922712-42-8 und ISBN 3-922712-71-1, (1991, 2001)
- VDLUFA** – Methodenbuch, Band VII „Umweltanalytik“ (2. Auflage 2003)
- VERORDNUNG (EG) NR. 1334/2003** der Kommission vom 25. Juli 2003 zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelemente zählenden Futtermittelzusatzstoffen, Amtsblatt der EU L187/11 - 15 vom 26.07.2003
- WINDISCH, W. UND ROTH, F.X.:** Tier- und Umwelteffekte excessiver Dosierungen von Zink und Kupfer in der Schweinefütterung, In. 6. Tagung „Schweine- und Geflügelernährung“; Fachverlag Köhler, Gießen, ISBN 3-934229-76-X, (2001), 84 - 89
- WINDISCH, W.:** 3. BOKU-Symposium Tierernährung - Fütterungsstrategien und Produktqualität. , 187; Eigenverlag, Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie, Universität für Bodenkultur Wien; ISBN 3-900962-54-5. (2004)
- WINDISCH, W.:** Organische contra anorganische Zink- und Kupferverbindungen in der Schweinefütterung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL (Hrsg.), Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern (KTBL-Schrift), 410, 89-97; Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, D. (2002)
- WINDISCH, W.:** Spurenelementversorgung von Milchkühen, Vortragsveranstaltung, Kaunas (Litauen) 25.03.2004 (2004)

6 Anhangstabellen

Anhangstabelle 1: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes BZ (2004 und 2005)
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf		Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
			dt/Jahr	Verkauf	Cu	Zn	Mn	Se
Grobfutter / Einstreu	Maissilage	29	34.851,4	0,0	4,9	23,0	20,5	0,0
	Grassilage	25	13.696,0	0,0	7,5	40,2	84,2	0,1
	Stroh	88	384,0	0,0	3,8	6,0	8,9	0,0
	Einstreu	85	384,0	0,0	2,0	11,7	23,9	0,0
Marktfrüchte	Kartoffeln	20	0,0	206.500,0	4,4	14,3	16,5	0,1
	Raps	88	0,0	8.600,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Triticale	83	0,0	8.260,0	3,3	27,1	37,2	0,0
	Weizen	84	0,0	45.825,0	2,8	40,4	32,4	0,1
	Zuckerrüben	23	0,0	52.000,0	5,1	36,0	61,0	0,1
Futtermittel	Biertreber	19	38.062,6	0,0	11,3	107,2	44,1	0,1
	Gerste	84	5.939,5	0,0	4,3	33,0	17,1	0,0
	Maisschrot	84	2.625,3	0,0	4,8	41,2	13,7	0,1
	Pressschnitzel	22	8.768,8	0,0	5,4	31,2	78,8	0,0
	Rapsextraktionsschrot	84	10.064,8	0,0	8,2	71,2	67,6	0,1
	Rapskuchen	84	2.371,6	0,0	6,0	66,4	64,5	0,0
	Sojaextraktionsschrot	83	9.029,2	0,0	16,1	72,9	54,4	0,1
	Zuckerrübenmelasse	80	6.326,2	0,0	10,8	31,0	36,0	0,1
Kälberaufzuchtfutter	88	4.090,6	0,0	15,0	50,0	50,0	0,4	
Mineral-futter *	Mineralfutter 1	90	897,1	0,0	1.000	10.000	4.000	30
	Mineralfutter 2	90	1.204,0	0,0	1.000	8.000	4.000	30
	Mineralfutter 3	90	264,3	0,0	500	3.000	2.000	15
H ₂ O	Wasser (in l)	0	154.675.765,0	0,0	5,8	11,0	14,8	0,3
Dünger	Rindergülle	18	0,0	0,0	166,0	302,0	232,0	1,0
	Kalk	90	6.006,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mineraldünger	90	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tiere	Milchkühe (680 kg)	20	0,0	5.760,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Kälber (60 kg)	20	0,0	82,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Jungrinder (300 kg)	20	0,0	28,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Milch (in l)	10	0,0	16.439.000,0	43,7	2788,0	55,7	20,1
Saatgut	Mais	90	72,9	0,0	1,8	20,1	7,2	0,1
	Weidelgras	90	40,0	0,0	2,8	40,4	32,4	0,1
	Gerste	90	396,0	0,0	2,6	28,4	15,9	0,0
	Weizen	90	1.090,0	0,0	2,8	40,4	32,4	0,1
	Raps	90	6,6	0,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Triticale	90	165,2	0,0	3,3	27,1	37,2	0,0
	Zuckerrüben	90	4,1	0,0	2,8	40,4	32,4	0,1
	Kartoffeln	20	1.500,0	0,0	4,4	14,3	16,5	0,1
sonst.	Cu-Sulfat	90	36,0	0,0	398	0	0	0

Legende: schwarze Zahl = Laborbefund, graue Zahl = Tabellenwert, blaue Zahl = Deklarationswert

* Mineralfutter mit gleich deklarierten Gehalt wurden gruppiert

Anhangstabelle 2: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes MEK (2004)
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
Ein- streu	Triticalestroh	88	2.900,0	0,0	3,6	19,0	74,0	0,0
	Gerstenstroh	88	8.500,0	0,0	5,9	43,0	83,0	0,0
	Haferstroh	88	1.500,0	0,0	7,1	81,0	83,0	0,0
Markfrucht	Wintergerste	79	0,0	4.350,0	2,4	24,4	13,8	0,1
	Triticale	81	0,0	2.900,0	3,2	33,3	24,7	0,1
	Hafer	88	0,0	1.500,0	4,7	36,0	48,0	0,2
	Winterraps	88	0,0	3.830,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Sommergerste	88	0,0	4.450,0	6,1	32,0	18,0	0,2
	Kartoffeln	22	0,0	1.000,0	4,4	14,3	16,5	0,1
Einzel- futter	Sojaextraktionsschrot	83	55,0	0,0	13,9	61,2	54,5	0,2
Misch- futter	Milchleistungsfutter 16/3	88	5.692,5	0,0	8,9	76,4	85,5	0,4
	Kälberstarter	88	63,3	0,0	15,0	50,0	50,0	0,4
Mineral- futter *	Mineralfutter Rind 1	90	46,3	0,0	1.500	12.000	7.500	80
	Mineralfutter Rind 2	90	7,6	0,0	1.000	8.000	6.000	40
	Mineralfutter Rind 3	90	46,3	0,0	1.000	7.000	5.000	40
	Mineralfutter Rind 4	90	7,6	0,0	1.000	8.000	5.000	50
H ₂ O	Tränkwasser (in Liter)		29.563.309	0,0	36,2	95,2	21,9	0,2
Tiere / Tierprodukte	Milchkühe (650 kg)	20	0,0	389,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Kälber (70 kg)	20	0,0	76,3	13,0	100,0	23,0	0,1
	Jungrinder (350 kg)	20	0,0	21,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Mastrinder (500 kg)	20	0,0	20,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Ziegen (60 kg)	20	0,0	4,9	13,0	100,0	23,0	0,1
	Schafe (60 kg)	20	0,0	2,4	13,0	100,0	23,0	0,1
	Lämmer (25 kg)	20	0,0	28,8	13,0	100,0	23,0	0,1
	Milch Ziege (in Liter)	12	0,0	65.000,0	140,8	1.854,0	63,2	14,3
	Milch Rind (in Liter)	12	0,0	1.721.000	92,3	3.760,8	20,6	11,5
Saatgut	Winterraps	88	3,5	0,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Wintergerste	88	90,0	0,0	6,1	32,0	18,0	0,2
	Triticale	88	85,0	0,0	5,6	34,0	53,0	0,2
	Sommergerste	88	12,8	0,0	6,1	32,0	18,0	0,2
	Sommergerste	88	24,0	0,0	6,1	32,0	18,0	0,2
	Hafer	88	30,0	0,0	4,7	36,0	48,0	0,2
	Sämerreien Futter	88	10,0	0,0	2,4	25,4	14,1	0,1
	Grassamenvermehrung	88	1,9	0,0	3,2	33,3	25,0	0,1

Legende: schwarze Zahl = Laborbefund, graue Zahl = Tabellenwert, blaue Zahl = Deklarationswert

* Mineralfutter mit gleich deklarierten Gehalt wurden gruppiert

Anhangstabelle 3: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes MW (2004 und 2005)
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
Grobfutter	Grassilage 1. Schnitt	20,1	6.948,1	3.355,0	8,5	53,4	77,7	0,1
	Grassilage 3. Schnitt	21,6	6.948,1	0,0	8,2	38,1	69,0	0,1
	Maissilage	19,5	0,0	4.190,7	5,1	18,5	16,5	0,0
	Stroh	89,6	0,0	227,0	5,0	7,9	20,0	0,0
Getreide	Körnermais	88,8	1.121,8	7.726,7	3,8	18,4	5,2	0,0
	Roggen / Triticale	97,2	0,0	96,2	2,6	36,0	33,2	0,1
	Sommergerste	88,0	0,0	21.839,0	6,5	33,3	14,4	0,0
	Wintergerste	88,5	2.829,0	9.782,9	3,8	23,1	17,7	0,0
	Winterweizen	87,0	4.351,8	57.304,7	3,7	32,3	29,8	0,0
Markfrüchte	Bohnen	88,0	0,0	240,8	12,3	46,0	33,0	0,3
	Erbsen	88,0	0,0	263,7	7,5	24,0	17,0	0,3
	Feldgemüse	20,0	0,0	14.461,8	7,0	32,0	85,0	0,0
	Grassamen	88,0	0,0	867,4	7,0	65,0	35,0	0,1
	Raps Eruca	88,0	0,0	10.161,7	4,3	31,5	28,3	0,0
	Sonnenblumen	88,0	0,0	288,4	17,5	41,5	16,6	0,0
	Winterraps	92,6	0,0	20.258,4	5,1	29,7	23,6	0,1
	Zuckerrüben	23,0	0,0	90.438,3	5,1	36,0	61,0	0,1
Einzeifutter- mittel	Bioprofin	87,8	3.677,9	0,0	6,2	67,5	70,1	0,1
	Melasse		926,7	0,0	10,8	31,0	36,0	0,1
	Pressschnitzel	25,2	49.064,0	0,0	3,5	25,9	93,3	0,1
	Rapsextraktionsschrot	89,1	12.750,0	0,0	6,5	66,6	65,2	0,1
	Sojaextraktionsschrot	86,8	11.788,2	0,0	14,2	56,8	43,4	0,1
Mischfuttermittel	Kälberaufzuchtfutter	88,0	1.652,5	0,0	4,0	40,2	23,5	0,0
	Milchaustauscher Kälber	90,0	517,5	0,0	3,6	56,7	33,2	0,2
	Mischfutter - Ferkel	88,0	30,8	0,0	4,1	56,4	29,0	0,1
	Mischfutter - Schwein 1	88,5	294,8	0,0	17,3	100,9	107,8	0,5
	Mischfutter - Schwein 2	88,3	939,1	0,0	16,4	88,8	101,1	0,7
	Mischfutter - Schwein 3	87,7	196,0	0,0	17,4	88,6	81,9	1,5
	Mischfutter - Schwein 4	87,8	775,1	0,0	16,5	81,3	76,1	0,8
Mineralfutter	Ergänzungsfutter - Rind	90,0	50,0	0,0	75	250	175	1
	Mineralfutter - Rind 1	90,0	1.773,1	0,0	1.500	7.000	4.000	50
	Mineralfutter - Rind 2	90,0	1.773,1	0,0	1.500	6.000	4.000	30
	Mineralfutter - Schwein 1	90,0	97,7	0,0	600	2.500	3.000	13
	Mineralfutter - Schwein 2	90,0	21,7	0,0	600	2.500	2.100	13
	Mineralfutter - Schwein 3	90,0	97,7	0,0	500	2.500	2.100	13
	Mineralfutter - Schwein 4	97,9	130,3	0,0	600	2.607	2.046	13
	Mineralfutter - Schwein 5	97,8	152,0	0,0	600	2.582	3.038	13
	Mineralfutter - Schwein 6	97,8	76,0	0,0	600	3.555	2.604	14
	Mineralfutter - Schwein 7	97,8	65,2	0,0	500	2.860	3.038	11
H₂O	Wasser 1 (in l)		79.790.588	0,0	5,4	16,7	0,4	0,2
	Wasser 2 (in l)		79.790.588	0,0	3,4	18,5	0,0	0,4

Die Tabelle wird fortgesetzt

Anhangstabelle 3: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes MW (2004 und 2005) - Fortsetzung
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
Dünger / Abprodukte	AHL	90,0	2.000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Jauche	10,0	1.666,5	0,0	932,0	398,0	310,0	1,7
	Kalkmergel	90,0	17.643,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	KAS	90,0	11.250,9	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	MG-Kalk 90%	90,0	4.852,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NPK 16/16/16	90,0	2.006,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	T-SuperPhos 46%	90,0	184,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tiere / Tierprodukte	Eber (170 kg)	20,0	0,0	3,4	13,0	100,0	23,0	0,1
	Ferkel (25 kg)	20,0	0,0	460,8	13,0	100,0	23,0	0,1
	Jungrinder (325 kg)	20,0	0,0	243,8	13,0	100,0	23,0	0,1
	Kälber (70 kg)	20,0	0,0	799,4	13,0	100,0	23,0	0,1
	Läufer (50 kg)	20,0	0,0	45,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Mastschweine (115 kg)	20,0	0,0	7.615,3	13,0	100,0	23,0	0,1
	Milch (in l)	10,0	0,0	13.128.533	99,7	3.014,4	18,1	19,1
	Milchkühe (650 kg)	20,0	0,0	5.297,5	13,0	100,0	23,0	0,1
Sauen (170 kg)	20,0	341,7	304,3	13,0	100,0	23,0	0,1	
Saatgut	Bohnen	90,0	105,0	0,0	12,3	46,0	33,0	0,3
	Buchweizen	90,0	100,0	0,0	10,8	15,0	38,0	0,1
	Erbsen	90,0	450,0	0,0	7,5	24,0	17,0	0,3
	Feldgras	90,0	111,4	0,0	7,0	65,0	35,0	0,1
	Gemüse	90,0	10,0	0,0	7,0	32,0	85,0	0,0
	Mais	90,0	148,9	0,0	1,8	20,1	7,2	0,1
	Sommergerste	90,0	870,0	0,0	6,1	32,0	18,0	0,2
	Sonnenblumen	90,0	15,0	0,0	8,8	35,0	22,0	0,2
	Wintergerste	90,0	650,0	0,0	2,3	20,9	21,1	0,5
	Winterweizen	90,0	1.545,0	0,0	2,6	28,0	28,9	0,7
	Winterraps	90,0	19,4	0,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Zuckerrüben	90,0	5,3	0,0	5,1	36,0	61,0	0,1

Legende: schwarze Zahl = Laborbefund, graue Zahl = Tabellenwert, blaue Zahl = Deklarationswert

* Mineralfutter mit gleich deklarierten Gehalt wurden gruppiert

Anhangstabelle 4: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes NOL (2004 und 2005)
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
						Cu	Zn	Mn
Markfrüchte	Wintergerste	86	8.445,6	6.926,8	2,8	28,3	27,2	0,1
	Winterweizen	86	4.222,3	1.335,2	4,7	25,2	27,7	0,0
	Winterroggen	86	9.903,4	6.926,8	2,6	24,4	26,5	0,0
	Triticale	85	7.555,5	0,0	4,9	42,1	18,8	0,0
	Erbsen	88	2.163,2	0,0	6,0	44,8	18,1	0,0
	Hafer	88	133,2	0,0	2,8	28,3	27,2	0,1
	Winterraps	21	6.052,0	6.052,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Kartoffeln	20	17.688,7	0,0	5,8	17,8	15,7	0,0
	Zuckerrüben	25	5.137,7	5.137,7	5,1	36,0	61,0	0,1
Einzelfuttermittel	Biertreber	23	2.428,8	0,0	14,3	102,9	46,1	0,1
	Futterfett	100	137,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Körnermais	85	415,4	0,0	5,0	23,1	7,9	0,0
	Melasseschnitzel	88	20,0	0,0	11,4	36,0	184,0	0,0
	Pressschnitzel	22	1.019,0	0,0	13,9	22,0	74,0	0,2
	Propandiol	90	52,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Rapsextraktionsschrot	86	473,0	0,0	7,8	74,0	68,9	0,1
	Sojaextraktionsschrot	85	1.666,0	0,0	15,6	58,8	45,1	0,1
	SoyPass	84	593,8	0,0	10,8	58,9	52,0	0,1
Zuckerrübenmelasse	90	556,0	0,0	10,8	31,0	36,0	0,1	
Misch- und Spezialfutter	Mischfutter - Schwein 1	85	2.182,4	0,0	19,5	117,3	108,3	0,6
	Mischfutter - Schwein 2	84	3.060,0	0,0	21,5	107,6	88,0	0,6
	Spezialfutter Rind 1	90	70,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0
	Spezialfutter Rind 4	90	11,8	0,0	3,0	0,0	0,0	0,4
	Spezialfutter Rind 5	90	27,5	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
	Spezialfutter Rind 6	88	5,0	0,0	35,0	165,0	120,0	0,4
	Vormischung Schwein 1	88	1.271,0	0,0	150,0	28,3	27,2	0,1
Vormischung Schwein 2	88	24,0	0,0	12,0	28,3	27,2	0,1	
Mineral futterm ittel *	Mineralfutter - Rind 1	90	108,0	0,0	1.500	7.000	4.000	40
	Mineralfutter - Rind 3	90	65,0	0,0	2.000	8.500	3.000	40
	Mineralfutter - Rind 4	90	30,9	0,0	1.000	8.000	5.000	50
H ₂ O	Wasser (in l)		22.402.667	0,0	14,95	197,90	510,67	0,27
Dünger / Abprodukte	Biogasgülle	15	4.131,0	0,0	230,9	415,0	388,0	1,5
	Jauche	10	1.854,0	0,0	230,9	415,0	388,0	1,5
	Mist	70	1.600,0	0,0	230,9	415,0	388,0	1,5
	Rindergülle	24	2.160,0	0,0	84,8	254,0	212,0	0,8
	Schweinegülle	10	816,0	0,0	377,0	576,0	564,0	2,1
Die Tabelle wird fortgesetzt								

Anhangstabelle 4: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes NOL (2004 und 2005) - Fortsetzung
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
Tiere / Tierprodukte	Jungrinder (350 kg)	20	0,0	35,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Kälber (70 kg)	20	0,0	112,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Läufer (27 kg)	20	971,7	0,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Mastschweine (116 kg)	20	0,0	3.860,5	13,0	100,0	23,0	0,1
	Milch(in l)	10	0,0	2.749.125	96,3	3.580,2	43,9	19,9
	Milchrinder (700 kg)	20	3,0	616,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Schweine Verlust (60 kg)	20	0,0	73,2	13,0	100,0	23,0	0,1
	sonst. Rinder (350kg)	20	0,0	3,5	13,0	100,0	23,0	0,1
Saatgut	Wintergerste	90	180,0	0,0	2,8	28,3	27,2	0,1
	Winterweizen	90	130,0	0,0	2,8	28,3	27,2	0,1
	Winterroggen	90	121,0	0,0	2,6	24,4	26,5	0,0
	Mais	90	30,8	0,0	3,8	31,0	9,0	0,1
	Erbsen	90	100,0	0,0	7,5	24,0	17,0	0,3
	Hafer	90	8,0	0,0	4,7	46,0	48,0	0,2
	Winterraps	90	4,8	0,0	4,7	52,5	53,2	0,1
	Kartoffeln	20	1.212,2	0,0	5,4	24,0	7,0	0,0
	Zuckerrüben	90	0,4	0,0	5,1	36,0	61,0	0,1

Legende: schwarze Zahl = Laborbefund, graue Zahl = Tabellenwert, blaue Zahl = Deklarationswert

* Mineralfutter mit gleich deklarierten Gehalt wurden gruppiert

Anhangstabelle 5: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes TO (2005)
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
GF	Grassilage	25,3	0,0	1.540,0	9,5	53,0	52,5	0,1
	Heu	90,9	1.789,6	0,0	5,1	27,9	43,1	0,0
Markfrüchte	Hafer	88,0	0,0	111,6	4,7	36,0	48,0	0,2
	Silomais	88,0	0,0	1.550,0	4,9	20,3	20,7	0,1
	Triticale	89,4	0,0	112,4	5,7	59,8	30,8	0,0
	Winterraps	88,0	0,0	2.226,3	4,7	52,5	53,2	0,1
	Winterroggen	88,0	0,0	1.163,3	5,6	34,0	53,0	0,2
	Winterweizen, Dinkel	88,0	0,0	493,9	7,0	65,0	35,0	0,1
Futtermittel	Bioprofin	89,7	251,0	0,0	8,0	69,0	70,4	0,1
	Körnermais	88,5	443,6	0,0	4,2	22,6	7,2	0,0
	Pressschnitzel	21,6	10.020,8	0,0	8,5	33,5	92,5	0,0
	Rapsextraktionsschrot	90,5	2.921,4	0,0	8,0	78,3	72,9	0,1
	Sojaextraktionsschrot	89,5	3.510,9	0,0	15,3	62,4	29,3	0,0
Mischfuttermittel	Ferkelfutter	88,0	1.050,1	0,0	20,0	70,0	30,0	0,2
	Ferkelstarter	88,0	29,9	0,0	20,0	70,0	30,0	0,2
	Kälberaufzuchtfutter	88,0	96,6	0,0	12,0	50,0	50,0	0,2
	Krafftutter Rinder II	88,0	442,6	0,0	10,0	50,0	50,0	0,2
	Krafftutter Rinder III	88,0	1.039,2	0,0	10,0	50,0	50,0	0,2
	Milchaustauscher	90,0	3,0	0,0	5,0	50,0	50,0	0,2
	Milchleistungsfutter	88,0	152,2	0,0	10,0	50,0	50,0	0,2
	Sauenfutter I	88,0	46,8	0,0	20,0	50,0	50,0	0,5
	Sauenfutter II	88,0	126,5	0,0	20,0	50,0	50,0	0,5
Mineralfutter *	Mineralfutter Ferkel 1	90,0	82,5	0,0	333	2.000	1.250	8
	Mineralfutter Ferkel 2	90,0	5,8	0,0	4.000	2.400	2.000	10
	Mineralfutter Rind 1	90,0	105,2	0,0	1.800	8.000	4.800	40
	Mineralfutter Rind 2	90,0	303,3	0,0	1.500	7.000	4.800	40
	Mineralfutter Rind 3	90,0	15,0	0,0	1.500	10.000	6.000	40
	Mineralfutter Rind 4	90,0	1,0	0,0	600	3.900	2.500	15
	Mineralfutter Sau 1	90,0	10,5	0,0	500	3.000	1.500	10
	Mineralfutter Sau 2	90,0	58,0	0,0	600	4.000	2.000	15
	Mineralfutter Sau 3	90,0	18,8	0,0	600	4.000	3.000	15
	Mineralfutter Sau 4	90,0	18,8	0,0	375	2.400	3.000	10
H ₂ O	Wasser (in l)	0,0	44.861.449	0,0	5,8	11,0	14,8	0,3
Die Tabelle wird fortgesetzt								

Anhangstabelle 5: Mittlere Bilanzdaten des Betriebes TO (2005) - Fortsetzung
(nur Träger von Spurenelementen gelistet)

	Art / Bezeichnung	T.	Zukauf dt/Jahr	Verkauf	Gehalte (mg / kg T., flüssig µg/l)			
					Cu	Zn	Mn	Se
Tiere / Tierprodukte	Eber (200 kg)	20,0	2,0	0,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Jungsauen (120 kg)	20,0	24,0	1,2	13,0	100,0	23,0	0,1
	Kühe (700 kg)	20,0	0,0	1.526,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Läufer (5472 x 25 kg)	20,0	0,0	1.371,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Mastkälber (70 kg)	20,0	0,0	189,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Mastschweine (83 x 105 kg)	20,0	0,0	140,7	13,0	100,0	23,0	0,1
	Milch (in l)	10,0	0,0	3.426.280	43,7	2.788,0	55,7	20,1
	Schlachtsauen (72 x 170 kg)	20,0	0,0	146,2	13,0	100,0	23,0	0,1
	Spanferkel (138 x 25 kg)	20,0	0,0	191,0	13,0	100,0	23,0	0,1
	Zuchtfärsen (450 kg)	20,0	0,0	148,5	13,0	100,0	23,0	0,1
Zuchtkälber (70 kg)	20,0	0,0	20,3	13,0	100,0	23,0	0,1	
Saatgut	Feldgemüse	88,0	131,0	0,0	7,0	65,0	35,0	0,1
	Hafer	88,0	42,5	0,0	4,7	36,0	48,0	0,2
	Triticale	88,0	110,0	0,0	5,7	59,8	30,8	0,0
	Wiesenmischung	88,0	0,5	0,0	7,0	65,0	35,0	0,1
	W-Roggen	88,0	30,0	0,0	5,6	34,0	53,0	0,2
	W-Weizen	88,0	54,0	0,0	7,0	65,0	35,0	0,1

Legende: schwarze Zahl = Laborbefund, graue Zahl = Tabellenwert, blaue Zahl = Deklarationswert

* Mineralfutter mit gleich deklarierten Gehalt wurden gruppiert

Anhangstabelle 6: Kalkulation des Wasserverbrauchs der Referenzbetriebe

	Kennzahlen der Betriebe					Kalkulations- grundlage Verbrauch * <i>in Liter je ...</i>			Errechneter Wasserverbrauch auf Grundlage Kalkulation					
									<i>in m³ je Gesamtbetrieb und je Jahr</i>					
	MEK	BZ	NOL	MW	TO	GV+T	T+T	ha	MEK	BZ	NOL	MW	TO	
Wiederkäuer	GV													
Kälber bis 6. Monat	6	84	7	69	17	120			270	3.679	313	3.005	748	
Jung-/Mastrinder ab 6. M.	257	845	68	929	236	120			11.274	37.011	2.989	40.684	10.335	
Milchrinder	329	2600	355	2344	628	120			14.406	113.880	15.545	102.663	27.502	
Mutterkühe	42	0	0	0	0	120			1.831	0	0	0	0	
Schafe / Ziegen	33	0	0	0	0	120			1.441	0	0	0	0	
Lämmer	7	0	0	0	0	120			310	0	0	0	0	
Schweine	Tiere								0	0	0	0	0	
Ferkel	0	0	0	1627	543		2		0	0	0	1.188	396	
Läufer	0	0	0	640	832		8		0	0	0	1.869	2.429	
Mastschweine	0	0	1200	1887	40		8		0	0	3.504	5.510	117	
Sauen	0	0	0	407	301		30		0	0	0	4.457	3.296	
Feldbau	ha								0	0	0	0	0	
Ackerland (ha)	545	2048	964	4103	709			50	27	102	48	205	35	
Grünland (ha)	319	211	251	113	179			15	5	3	4	2	3	
Gesamtverbrauch									29.563	154.676	22.403	159.581	44.861	

* inkl. Reinigungswasser

Impressum

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden
Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen
- Autor:** Dr. Olaf Steinhöfel
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
04886 Köllitsch
Telefon: 034222/46-172
Telefax: 034222/46-109
E-Mail: olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de
- Redaktion:** siehe Autor
- Endredaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Birgit Seeber, Ramona Scheinert, Matthias Löwig
Telefon: 0351/2612-345
Telefax: 0351/2612-151
E-Mail: birgit.seeber@smul.sachsen.de
- ISSN:** 1861-5988
- Redaktionsschluss:** Februar 2007

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.