



Was Sie schon immer über Nährstoff-Analytik wissen wollten!



Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem Bedarf an Nährstoffen

Esther Humann-Ziehank & Sylvia Kratz

Klinik für kleine Klauentiere (TiHo, Hannover)
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde (FAL)



*Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen*



Gliederung

- Spurenelementbedarf von Pflanzen und Wiederkäuern
- Einflussfaktoren auf den Spurenelementgehalt der Futterpflanzen
- Stoffwechselfunktionen der Spurenelemente beim Wiederkäuer
- Klinische Anzeichen von Spurenelementimbilanzen beim Tier
- Möglichkeiten der Düngung und Supplementation



Essenzielle Spurenelemente für Wiederkäuer = Essenzielle Spurenelemente für Pflanzen ?

- für Tiere 16 essenzielle Spurenelemente (MacPherson, 2000):
As, Co, Cr, Cu, F, Fe, J, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, V, Zn
- von praktischer Bedeutung (hinsichtlich auftretender Mangelercheinungen)
nur 8: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co, Se, J
- nur teilweise identisch mit für Pflanzen essenziellen Spurenelementen:
Fe, Mn, Zn, Cu, (Cl), B, Mo, (Co)
- Spurenelementbedarf von Pflanzen nicht in jedem Fall identisch mit dem
von Tieren, d.h. trotz optimaler Versorgung der Pflanzen können
Mangelercheinungen bei Tieren auftreten



Essenzielle Spurenelemente für Ziegen und Schafe = Essenzielle Spurenelemente für Pflanzen ?



	Spurenelementgehalt in mg/kg (TM)								
	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Mo	Se	J	B
Ertragsgrenzwert für Gräser bei Blühbeginn ¹	50 - 60	40 - 50	20 - 50	5 - 10	--	0,3 - 0,5	--	--	5 - 6
Kritische Gehalte in der Weidereife ² :									
<i>Lolium perenne</i> (Deutsches Weidelgras)	60	30	13	5		0,2			
<i>Trifolium repens</i> (Weißklee)	60	30	13	5		0,1			
Empfohlene Konzentration im Futter (TM) für									
Schafe ³	30 - 50	20 - 40	20 - 33	4 - 11	0,1 - 0,2	0,025 - 0,35	0,05 - 0,1	0,12 - 0,6	
Ziegen ⁴	40 - 50	60 - 80	50 - 80	10 - 15	0,15 - 0,2	0,025 - 0,35	0,1 - 0,2	0,3 - 0,8	
Milchkühe und Aufzuchttrinder ⁵	50	40-50	40-50	10	0,2	0,1	0,15-0,2	0,25-0,5	
1, 2 Voigtländer und Jacob, 1987									
3 NRC, 1985; Australian Agricultural Council, 1990; Whitehead, 2000; 4 GfE, 2003; Whitehead, 2000; 5 GfE, 2001									



Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem Bedarf an Nährstoffen

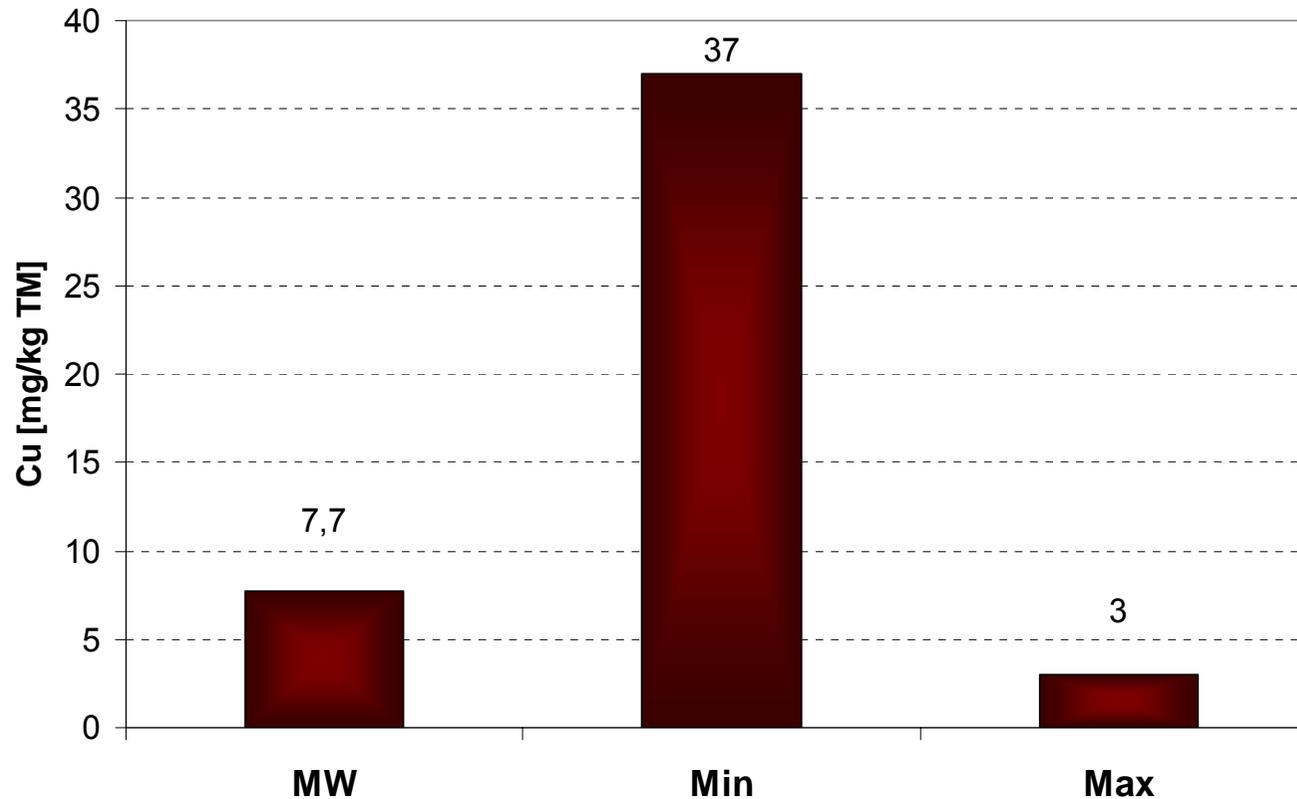


Spurenelementgehalte (mg/kg TM) im Grundfutter für Wiederkäuer

	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Mo	Se	J
Grundfutter frisch: Leguminosen und Gräser								
Leguminosen								
Ackerbohne (in der Blüte)	169	38	70	11,3	0,31			
Futtererbse (in der Blüte)	212	25	28	9,0	0,18			
<i>Onobrychis viciifolia</i> (Esparsette)	114	51	26	7,0	0,12	0,18		
<i>Medicago sativa</i> (Luzerne)	175	41	27	9,1	0,18	0,34	0,12	0,22
<i>Trifolium pratense</i> (Rotklee)	147	50	43	9,6	0,13	0,59	0,11	0,24
<i>Trifolium repens</i> (Weißklee)	186	51	25	8,6	0,15	0,64		0,32
<i>Vicia sativa</i> (Sommerwicke)	299	43						
Gräser								
<i>Dactylis glomerata</i> (Knaulgras)	102	109	26	9,2	0,14			0,23
<i>Lolium perenne</i> (Deutsches Weidelgras)	97	46	32	6,8	0,15	0,44		0,21
<i>Lolium multiflorum</i> (Welsches Weidelgras)	126	109	25	6,8	0,05			0,30
<i>Phleum pratense</i> (Wiesenlieschgras)	42	34	19	6,1	0,15	0,50		0,20
<i>Festuca pratensis</i> (Wiesenschwingel)	156	60	25	8,1	0,20			0,15
<i>Agrostis alba</i> (Weißes Straußgras)	80	740	59	4,2				
Grundfutter getrocknet: Heu								
Rotklee-Grasgemenge, 1. Schnitt (in der Blüte)	90	97	36	11,4	0,02			
Wiese, 1. Schnitt (in der Blüte)	200	108	28	6,4	0,12		0,09	0,27
Wiese, 2. Schnitt (in der Blüte)		94		7,0				
Grundfutter siliert								
Rotklee-Grasgemenge, 1. Schnitt (in der Knospe)		119		14,1				
Wiese, 1. Schnitt (in der Blüte)		81		7,2				
Grünland- und Kleegrassilage aus ökol. Anbau	436	88	33	7,0			0,13	
Empfohlene Konzentrationen im Futter (TM) für								
Schafe	30 - 50	20 - 40	20 - 33	4 - 11	0,1 - 0,2	0,025 - 0,35	0,05 - 0,1	0,12 - 0,6
Ziegen	40 - 50	60 - 80	50 - 80	10 - 15	0,15 - 0,2	0,025 - 0,35	0,1 - 0,2	0,3 - 0,8
Milchkühe und Aufzuchttrinder	50	40 - 50	40 - 50	10	0,2	0,1	0,15 - 0,2	0,25 - 0,5

Datenquellen: Jeroch et al. 1993, Whitehead 2000, Kabata-Pendias 2000, Anke 2004, Empfehlungen: NRC, 1985, Australian Agricultural Council, 1990, Whitehead, 2000 GfE, 2001, 2003

Variabilität von Kupfergehalten in Grassilage (LUFA Nordwest, 2006)



Egert, M., Land & Forst, 42, 2006

Spurenelementgehalte in Futterpflanzen zeigen hohe Spannweiten.
Zur Abschätzung des tatsächlichen Spurenelementgehaltes verabreichter
Futtermischungen ist daher die **Pflanzenanalyse** unabdingbar.



Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen



Spurenelementgehalte (mg/kg TM) verschiedener Kraft- und Saftfuttermittel für Wiederkäuer

	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Mo	Se	J
Kraftfutter: Körner und Samen								
Ackerbohne	86	33	46	12,3	0,03			
Erbse	64	17	24	7,5	0,21	0,79	0,27	0,15
Sommergerste	44	18	32	6,1	0,10	0,49	0,17	0,28
Wintergerste						0,49	0,08	0,28
Hafer	65	48	36	4,7	0,07	0,80	0,22	0,11
Mais	32	9	31	3,8	0,13	0,63	0,10	0,38
Sojabohne	15	23	37	7,7	0,22	2,30	0,21	0,50
Winterweizen	45	35	65	7,0	0,10	0,41	0,12	0,36
Saftfutter: Wurzeln und Knollen								
Futterrübe (gehaltvoll)	131	83	32	7,2	0,16		0,03	0,36
Futterrübe (Massenrübe)	264	80	28	7,8	0,18			
Kartoffel	45	7	24	5,4	0,09	0,17	0,07	0,22
Kohlrübe	117	40	14	7,3	0,07			
Mohrrübe	60	23	33	6,3	0,16	0,68	0,03	0,33
Zuckerrübe	215	61	36	5,1	0,09			
Rote Beete	66	18	26	6,1	0,11		0,05	0,03
Empfohlene Konzentration im Futter (TM) für								
Schafe	30 - 50	20 - 40	20 - 33	4 - 11	0,1 - 0,2	0,025 - 0,35	0,05 - 0,1	0,12 - 0,6
Ziegen	40 - 50	60 - 80	50 - 80	10 - 15	0,15 - 0,2	0,025 - 0,35	0,1 - 0,2	0,3 - 0,8
Milchkühe und Aufzuchtrinder	50	40 - 50	40 - 50	10	0,2	0,1	0,15 - 0,2	0,25 - 0,5

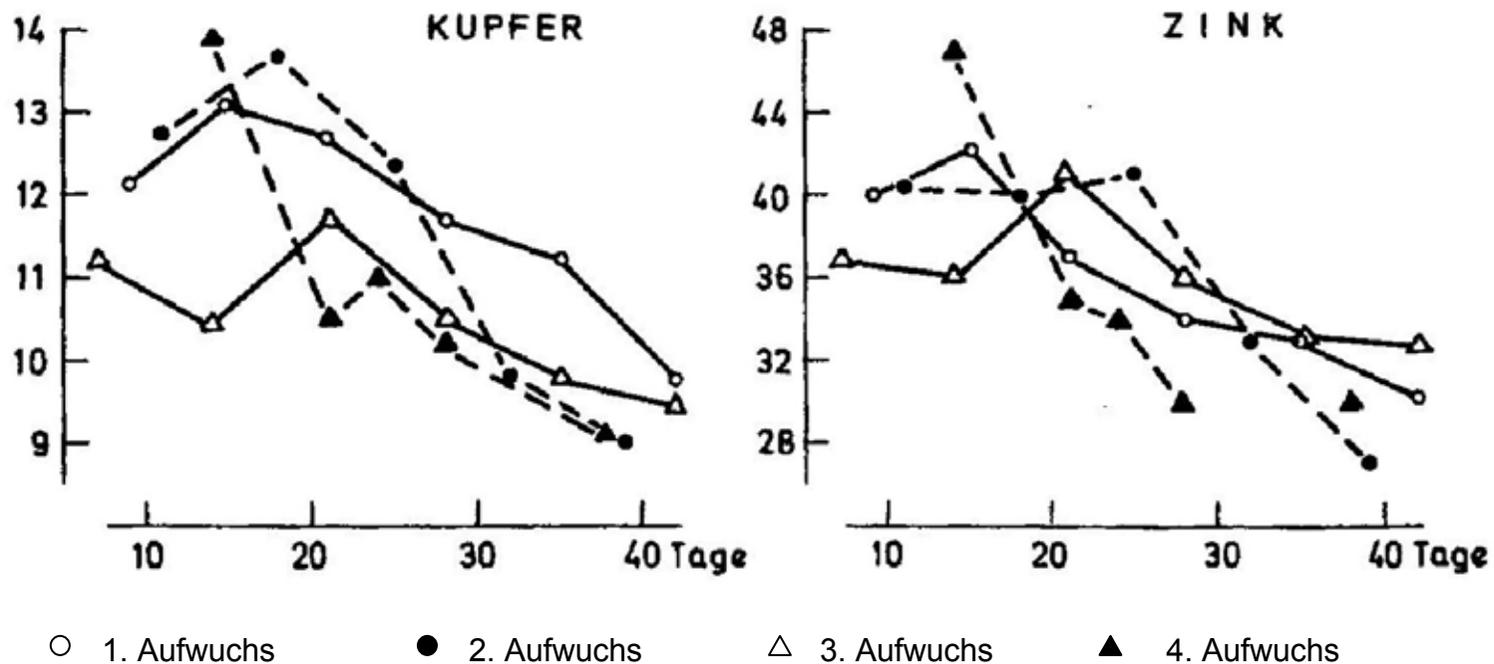
Datenquellen: Jeroch et al. 1993, Souci et al. 2000, Empfehlungen: NRC, 1985, Australian Agricultural Council, 1990, Whitehead, 2000; GfE, 2001, 2003



Einflussfaktoren auf Spurenelementgehalte von Pflanzen

- **Bodengehalt / Ausgangsgestein**
- **Atmosphärischer Input (v.a. Jod)**
- **Verfügbarkeit der Spurenelemente im Boden
(bodenchemische Parameter und Witterung)**
- **Jahreszeitliche Schwankungen (Vegetationsperiode)**
- **Entwicklungsstadium der Pflanzen**
- **Pflanzenart und –genotyp**
- **Düngung**

Zeitliche Schwankungen von Spurenelementgehalten in Pflanzen



Kupfer- und Zinkgehalte von Weidelgras (in mg/kg TM) im Verlauf des Wachstums und der Vegetationsperiode (Kirchgessner et al., 1971 in Voigtländer und Jacob, 1987)



Einfluss von Entwicklungsstadium, Pflanzenart und Genotyp auf Spurenelementgehalte von Pflanzen

- Tendenz zu **abnehmenden Gehalten im Verlauf der individuellen Pflanzenentwicklung**, Gründe: a) Verdünnungseffekt (Biomassezuwachs relativ höher als Spurenelementaufnahme), b) Veränderungen im Blatt-Stängel-Verhältnis (höhere Gehalte in den Blättern, deren Anteil mit zunehmender Entwicklung abnimmt) (MacPherson, 2000; Voigtländer und Jacob, 1987)
- Deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der **Pflanzenart**, allerdings auch starke Schwankungen der Gehalte innerhalb einer Art, daher keine eindeutigen Tendenzen (z.B. „Leguminosen haben höhere Gehalte an Fe, Zn, Cu und Co als Gräser“) feststellbar
- Variabilität innerhalb einer Art oft in Abhängigkeit vom **Genotyp** (v.a. bei Zn und Cu, z.B. bei *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* und *Dactylis glomerata*, MacPherson, 2000)



*Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen*



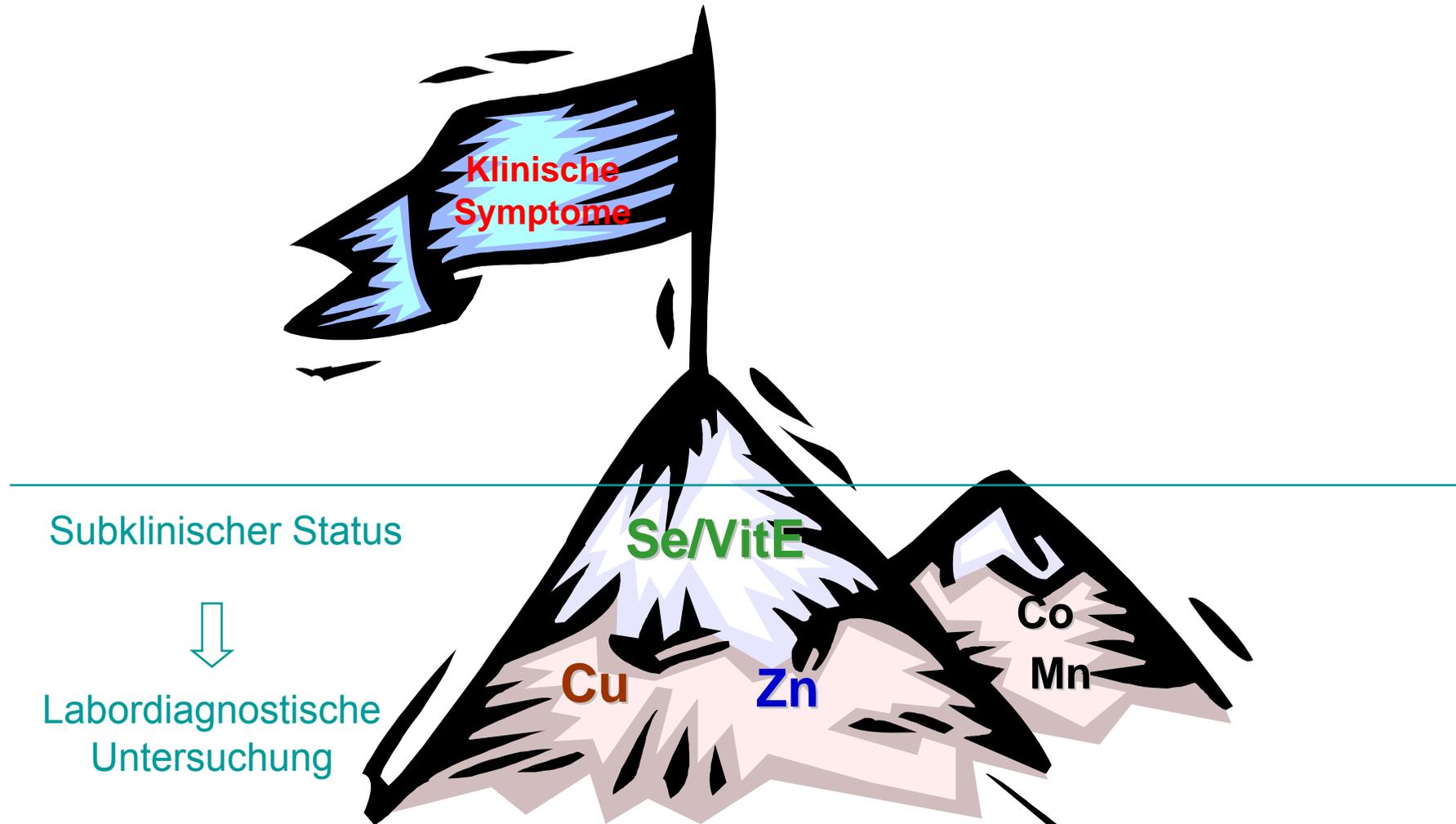
**Stoffwechselfunktionen der Spurenelemente
beim Wiederkäuer**



Beispiele für Funktionen von Spurenelementen im tierischen Stoffwechsel

Kupfer:	Cytochromoxidase Lysyl Oxidase Ceruloplasmin	Zellatmung Vernetzung von Kollagen Kupfertransport (Leber>Organe)
Zink:	Carboanhydrase Alkoholdehydrogenase Karbopeptidase Kollagenase	CO ₂ Bildung Alkoholstoffwechsel Proteinstoffwechsel Hautbildung
Selen:	Glutathionperoxidase Deiodase	Abbau von Radikalen Schilddrüsenstoffwechsel

Spurenelementimbilanzen beim Tier Vom „unsichtbaren“ Mangel zum Symptom



Klinische Auffälligkeiten z.B. Nachzügler in der Herde



Klinische Auffälligkeiten z.B. Unterschiede im Größenwachstum



Spurenelementimbancen beim Tier: Kupfer

Mangel:

a. primär:

Cu-Gehalt im Futter zu gering (< 5 mg/ kg TS)

b. sekundär:

Cu-Gehalt im Futter ausreichend,
aber: Antagonisten behindern die Absorption



Zink, Cadmium, Molybdän, Schwefel, Eisen u.a.

Bsp: Zink induziert vermehrte Bildung eines Proteins (MT) in der Darmschleimhaut

→ bindet Cu-Ionen

→ keine weitere Absorption



Antagonismen bei der Spurenelementaufnahme am Beispiel Kupfer

Auswirkung verschiedener Cu-Mo-S-Mengenverhältnisse beim Schaf nach 16 Wochen Fütterung bei einer initialen Leber-Cu-Konzentration von durchschnittlich 105 mg/kg FS (nach Moshtaghi-Nia et al. 1989)

Fütterungsgruppe Cu – Mo – S (mg/kg TS – mg/kg TS – g/kg TS)	Cu : Mo	Veränderung des Leber-Cu-Gehaltes pro Woche (mg/kg FS)	Leber-Cu-Gehalt nach 16 Wochen (mg/kg FS)
I: 11,5 – 2,8 – 1,8	5,0 : 1	+ 7,1	210
II: 7,6 – 11,2 – 3,3	0,7 : 1	- 5,0	25



Kupfermangel – Klinische Symptome und Pathologie

Klinische Symptome

allgemein: Kümmern, spröde Wolle, Depigmentierung, Blutarmut

Jungtiere: Festliegen, Lähmungen, schwankender Gang

Adulte: meist ohne Symptome

Pathologie

Degenerationen der Gehirn- und Nervensubstanz



Spurenelementimbilanzen beim Tier: Selen/Vit E (Nutritive Muskeldystrophie /Weißmuskelkrankheit)

Selen

Ursache: zu geringe Aufnahme über das Futter (v.a. Selenomethionin)

Absorption: wenig Details bekannt

Bsp: Selenate: ähnliche Absorptionsmechanismen
wie Molybdate und Sulfate → Antagonismus

Vitamin E

Ursache: zu geringe Aufnahme über das Futter
(Konservierung /Lagerbedingungen bedeutsam)

je nach Situation (Lammung, Stress u.a.) auch erhöhter Bedarf



Selen/Vit E – Mangel: Klinische Symptome und Pathologie

Klinische Symptome: Totgeburten/ lebensschwache Lämmer
häufiges Liegen, aufgekrümmte Haltung
Schluckbeschwerden
Kümmern

früher: perakute Erkrankung gut bemuskelter Lämmer mit Festliegen,
schmerzhafter Muskulatur, Krämpfe, Abmagerung

Pathologie: hochgradige Degeneration der Skelettmuskulatur

Labor: hochgradiger Anstieg der muskelspezifischen
Enzyme



Spurenelementimbilanzen beim Tier: Zink

Funktion:

- Genexpression
- Regulation des Appetits (Mechanismus unklar)
- Vitamin A Stoffwechsel
- Hautbildung
- etc.

Diagnostik:

problematisch! Bedeutung des Plasma-Zn-Gehaltes
begrenzt

denn: Konzentration kann kurzfristig schwanken bei
Stress, Infektionen, Fieber, Trauma u.a.



Zinkmangel: Klinische Symptome und Pathologie

Klinische Symptome

- Verminderte Fresslust
- Kümmerern
- verstärkter Speichelfluss (zäh)
- Wollausfall
- Schorf- und Krustenbildung (Nase, Oberlippe, Augen)
- Störungen im Hornwachstum
- Fruchtbarkeitsstörungen (Böcke)

Pathologie

v.a. Parakeratose der Haut

Zinkmangel



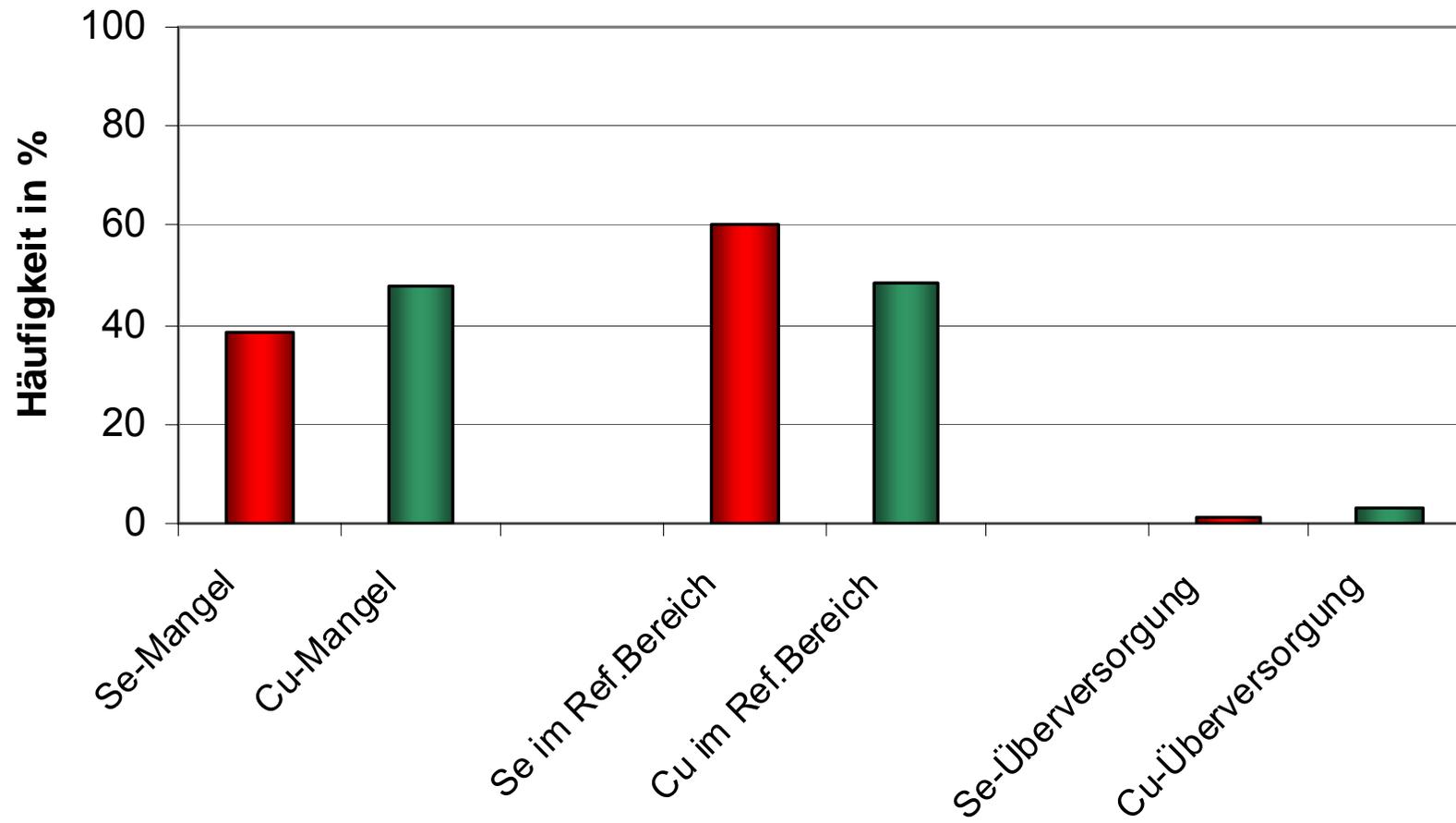
Zinkmangel



Zinkmangel



Kupfer- und Selen- Imbalancen bei Patienten (Schafe) der TiHo-Hannover





*Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen*



Diskrepanzen überwindbar?



Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen



Spurenelementgehalte ökologischer Wirtschaftsdünger

		Spurenelementgehalt in mg/kg TM											
		Fe			Mn			Zn			Cu		
	n	MW	min	max	MW	min	max	MW	min	max	MW	min	max
Schafsmist	25	1470	205	4554	260	49	486	149	38	573	15	10	23
Ziegenmist	5	669	247	1080	317	134	654	124	75	178	13	6,4	17
Rindermist	243	1467	94	15487	235	47	1481	89	25	284	15	3,8	51
Schweinemist	63	2148	163	9546	240	47	549	207	53	516	33	6,7	94
Geflügelmist	44	6775	405	35553	421	105	1193	290	50	727	44	8,1	132
Equidenmist	6	1837	746	5318	177	73	287	63	29	107	12	4,1	21
Rindergülle	54	3200	224	50077	273	26	684	131	27	330	24	5,9	82
Schweinegülle	1	1197			454			743			209		
Mindestgehalt zur Deklaration als organischer Dünger mit Spurennährstoffen:													
		100			100			20			30		
		Co			Mo			Se					
	n	MW	min	max	MW	min	max	MW	min	max			
Schafsmist	25	0,74	0,27	1,7	2,3	0,66	4,4	0,67	0,30	1,4			
Ziegenmist	5	0,61	0,47	0,85	2,9	0,95	8,0	0,73	0,41	1,3			
Rindermist	243	0,74	0,11	7,2	2,1	0,32	13	0,61	0,25	1,9			
Schweinemist	63	1,42	0,14	5,9	2,3	0,63	6,0	0,75	0,04	1,7			
Geflügelmist	44	3,1	0,31	10	2,5	1,0	7,4	0,96	0,38	2,2			
Equidenmist	6	0,78	0,27	1,7	1,6	1,1	2,1	0,60	0,42	0,80			
Rindergülle	54	1,8	0,32	29	4,0	0,80	11	0,92	0,55	1,5			
Schweinegülle	1	3,7			12			2,2					
Mindestgehalt zur Deklaration als organischer Dünger mit Spurennährstoffen (Mindestgehalt für Co nur bei Mineräldüngern festgesetzt):													
		(20)			10			--					

Daten aus einer Praxiserhebung von FAL-PB und FAL-OEL (2004, unveröffentlicht)



Zu berücksichtigende Faktoren beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern

- Spurenelemente in Wirtschaftsdüngern **nicht direkt pflanzenverfügbar**, da in der Regel **organisch komplexiert**
- **Alkalischer pH** im Dung macht Spurenelemente **unlöslich**
- Allerdings: Freisetzung der Spurenelemente wird möglich durch Förderung der **mikrobiellen Aktivität** des Bodens
- Mikrobielle Aktivität hoch in **warmen, feuchten, gut durchlüfteten Böden** mit **schwach saurem bis neutralem pH**



Spurenelementdüngung mit Mineraldüngern

Bodendünger

- Granulat

Stellt die Grundversorgung der Pflanzen über die Wurzel sicher

Zur langfristigen Behebung eines Mangels im Boden

Blattdünger

- Wasserlösliches Pulver / Mikrogranulat
- Lösung
- Suspension

Dient der Ergänzung in speziellen Situationen, z.B.

- Wachstumsphasen mit besonders hohem Bedarf
- unerwartete Mängel
- Stresssituationen (Trockenheit, Kälte)
- Festlegung von Spurenelementen im Boden

Alternative: Mobilisierung der Bodenreserven an Spurenelementen durch Absenkung des Boden-pH über physiologisch saure Düngung



Düngung mit Mineraldüngern?

- Bsp. **Selen**, essenziell für Tiere, aber nicht für Pflanzen
 - **Empfehlungswert** für Wiederkäuer **0,05-0,2 mg/kg Futter-TM**
 - Typische **Konzentrationen in Futterpflanzen** in ähnlicher Größenordnung, in Se-armen Gebieten aber **oft zu niedrig**
 - **Selendüngung?** Möglich z.B. über Mehrnährstoffdünger (NPK) mit Selenat
 - **Phytotoxizität** je nach Art (und Boden-pH) erst bei Pflanzenkonzentrationen in Größenordnungen **>15-20 mg/kg TM (Weizen)** bzw. **>75 mg/kg TM (Mais)**, in Se-sensitiven Arten wie Klee auch schon bei **>5 mg/kg TM (Rani et al., 2005)**
 - **Toxizität für Tiere** ab **>2-5 mg/kg Futter-TM**
- ⇒ **genaue zeitliche Steuerung und Dosierung** unter Beachtung vorhandener Bodenvorräte erforderlich, da sonst schnell **Risiko einer Überversorgung** der Tiere (Lorenz et al., www.DLR-Eifel.rlp.de)



Spurenelemente düngen oder zufüttern ?

- Spurenelementmängel werden sehr häufig nicht durch unzureichende Bodengehalte, sondern durch **begrenzte Verfügbarkeit** der Spurenelemente im Boden verursacht.
- Nur **eindeutig erkannte Spurenelementmängel** im Boden sollten durch Bodendüngung behoben werden (Alternative: physiologisch saure Düngung zur Erhöhung der Spurenelementverfügbarkeit).
- Anreicherung von Pflanzen auf ein tierphysiologisch erwünschtes Niveau am effizientesten durch Blattdüngung. Dies ist jedoch oftmals fragwürdig, da
 - bei der Spurenelementaufnahme durch Pflanzen unerwünschte **Antagonismen** ausgelöst werden können (typisch z.B. zwischen Fe, Mn, Zn, Cu, Mo und Se) und
 - **schädliche Wirkungen auf Pflanzen** möglich sind (Toxizitätsschwelle für Pflanzen beachten!)
- Wo Anreicherung von Spurenelementen durch Düngung unsicher erscheint, ist gezielte **Supplementation** bspw. durch Gabe eines Mineralfutters angebracht.



Supplementation mit Mineralfuttermitteln

- Auswahl des geeigneten Mineralfutters erfordert Kenntnisse über die Gehalte des Grundfutters (Pflanzenanalyse!)
- Gewährung der Aufnahme kann problematisch sein, z.B. bei
 - a) Wanderschafthaltung oder
 - b) Gruppen mit starker Rangordnung (Ziegen)
- Akzeptanz durch die Tiere abhängig von Schmackhaftigkeit
- Monitoring des Versorgungsstatus der Tiere notwendig (Blut, Leber)
- bei unzuverlässiger Mineralfutter-Aufnahme:
 - Supplementation durch Injektion (Selen, Kobalt, Eisen; nicht Kupfer)
 - Eingabe von Langzeit-Boli in den Pansen (Rind)



Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem Bedarf an Nährstoffen



Fazit

Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem Bedarf an Spurenelementen sind grundsätzlich überwindbar. Die sehr variablen Bedingungen in landwirtschaftlichen Betrieben (Böden, Klima, Pflanzenarten, Anbausystem bzw. Tierarten, Haltungsform, Leistungsanspruch) erfordern aber eine betriebsspezifische Analyse und Auswahl der geeigneten Maßnahmen.



*Überwindbar? Diskrepanzen zwischen pflanzlichem und tierischem
Bedarf an Nährstoffen*



Vielen Dank!