Klärschlamm und Spurenelementhaushalt von Wiederkäuer und Schwein

Autor(en): **Kessler, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **125 (1983)**

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-593426

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweiz. Arch. Tierheilk. *125,* 673–683, 1983

Klärschlamm und Spurenelementhaushalt von Wiederkäuer und Schwein

J. Kessler

1. Einleitung

Der aus einer chemischen Eigenschaft hervorgehende Begriff Schwermetall, dem heute häufig ein negativer Inhalt zugeordnet wird, findet in der Tierernährung kaum Verwendung. Vielmehr spricht man von den Spurenelementen, wobei unter diesem Begriff anorganische Nahrungsbestandteile zusammengefasst werden, deren mittlere Konzentration in der Körpermasse normalerweise 50 mg nicht übersteigt. Eine Ausnahme bildet dabei das eine höhere Konzentration aufweisende Eisen.

Sechzehn Spurenelemente gelten nach den heutigen Erkenntnissen für den tierischen Organismus als lebensnotwendig (Tabelle 1). Von diesen lassen sich die meisten zusammen mit nichtessentiellen Spurenelementen in unterschiedlichen Mengen auch im Klärschlamm nachweisen.

Je nach Versorgungslage des Tieres und Zusammensetzung des Schlammes können die dem Tier direkt oder indirekt über den Klärschlamm zugeführten Spurenelemente sich fördernd oder hemmend auf den Spurenelementhaushalt auswirken, wie im folgenden darzustellen ist.

2. Spurenelementquelle Klärschlamm

Die Aufnahme der im Klärschlamm enthaltenen Spurenelemente durch das Tier kann erfolgen

a) als mit Klärschlamm kontaminierte Erde,
b) als an Pflanzen anhaftender Klärschlamm,
c) als Pflanze und
d) als direkt verfütterter Klärschlamm.

Tabelle 1: Für den tierischen Organismus essentielle Spurenelemente

*Eisen	Fe	*Chrom	Cr
Jod	J	*Zinn	Sn
*Kupfer	Cu	*Vanadium	V
*Mangan	Mn	*Fluor	F
*Zink	Zn	Silizium	Si
*Kobalt	Co	*Nickel	Ni
*Molybdän	Mo	*Arsen	As
*Selen	Se	*Blei	Pb

*Allgemein im Klärschlamm vorkommende essentielle Spurenelemente; daneben nichtessentielle Elemente wie Ag, B, Ba, Be, Bi, Cd, Hg und Sb.

Nach neuseeländischen Untersuchungen (*Healy,* 1972) nimmt ein Rind pro Jahr bis 600 kg, ein Schaf bis zu 75 kg Erde mit dem Futter auf. Etwas tiefere Werte finden sich in der Arbeit von *Miller et al.* (1978). Die mit der Erde zugeführte, aus Klärschlamm herstammende Spurenelementmenge ist nur schwer zu quantifizieren. Eine Überschlagsrechnung, basierend auf den für Böden festgelegten Grenzwerten an Schwermetallen und einer unter Praxisbedingungen möglichen jährlichen Aufnahme an Erde durch das Rind von 350 kg TS, verdeutlicht, dass diese Spurenelementquelle nicht zu unterschätzen ist.

Je nach Ausbringungszeitpunkt und Kultur bleibt ein mehr oder weniger hoher Anteil des versprühten Klärschlammes an den Pflanzen haften. Nach Untersuchungen von *Chaney und Lloyd* (1979) an Rohrschwingel *(Festuca arundinacea)* blieben am Ausbringungstag zwischen 22% und 32% des ausgebrachten Klärschlammes auf den Gräsern liegen. Nachher war eine kontinuierliche, vom Pflanzenwachstum stark und vom Regen kaum beeinflusste Abnahme an abgelagertem Klärschlamm zu beobachten.

Die Pflanze stellt für das Tier die wichtigste Quelle für zahlreiche, aus dem Klärschlamm herstammende Spurenelemente wie beispielsweise Fe, Cu, Zn, Se, Ni, Cd usw. dar. Nur schwer fassbar sind dabei all die Grössen, die die Spurenelementaufnahme durch die Pflanze beeinflussen. Diese Grössen erstrecken sich auf den Klärschlamm, den Boden und nicht zuletzt auf die Pflanze selbst.

Direkt verfütterter Klärschlamm bildet eine weitere, wenn auch in der Schweiz nicht gebräuchliche Form der Spurenelementzufuhr aus Klärschlamm. Im allgemeinen liegt die auf die Trockensubstanz bezogene Menge an Klärschlamm in der Ration bei etwa 10%. Einsatzgebiet stellen vorab Rinder- und Schweinemastfutter dar.

3. Spurenelementfilter: Mensch, Boden, Pflanze und Tier

Zahlreiche Filter bewirken, dass die im Klärschlamm enthaltenen Spurenelemente in abgeschwächter Konzentration zum Tier gelangen oder dass deren Verfügbarkeit reduziert wird. Zu nennen sind:

a) der Mensch (über die Ausbringungsvorschriften),
b) der Boden,
c) die Pflanze und
d) das Tier.

Was die Ausbringungsvorschriften betrifft, sei auf die entsprechenden Artikel in der Klärschlammverordnung und im Schweizerischen Milchlieferungsregulativ verwiesen. Ziel dieser Vorschriften ist es, eine gesundheitliche Gefährdung von Mensch und Tier durch Spurenelemente aus Klärschlamm zu verhindern.

Neben diesem, vom Menschen aufgestellten und beeinflussbaren Filter stellt der Boden eine wichtige Schranke in bezug auf den Übergang von Spurenelementen in die Pflanze dar. Bodenspezifische Grössen wie das pH, die Ionenaustauschkapazität, der Gehalt an organischer Substanz, an Phosphor usw. entscheiden dabei über die Pflanzenverfügbarkeit der einzelnen Elemente. Verallgemeinert gelten die Elemente Cu, Co, Cr, Pb, Hg als eher schlecht, Mn, Zn, Mo, Ni und Cd als eher gut verfügbar.

Tabelle 2: Grenzbereiche für toxische Spurenelementwirkungen in Pflanzen (nach *Sauerbeck*, 1982, modifiziert)

	Grenzbereich Pflanze mg/kg TS	Verträglichkeitsschwelle Wiederkäuer mg/kg TS	Schwein mg/kg TS
Cu	15– 20	20[1]–100	250
Zn	150–200	500	1000
Co	10– 20	10– 25	10
Ni	20– 30	50	?
Cd	5– 10	5– 30	5–30

[1] Untere Grenze gilt für das Schaf

Tabelle 3: Wege des homöostatischen Ausgleichs variierender Spurenelementzufuhr beim Wiederkäuer (nach *Pallauf*, 1982)

Element	Absorption	endogene fäkale Exkretion	renale Exkretion	Einlagerung in Gewebe	Exkretion via Milch
Eisen	+++	–	–	+++	0
Zink	+++	+	0	+	++
Kupfer	–(+ ?)	–	0	+++	+
Jod	0	++	+++	++	+++
Kobalt	–	–	–	+	+
Mangan	+++	+++	0	++	+
Molybdän	0 bis +	–	–	+++	+++
Selen	+	0	+++	+	++
Fluor	–	–	+++	+++	0 bis +
Nickel	–	–	+	0 bis +	0
Cadmium	0	0	+	++	0 (+)

+++ = sehr bedeutsam / ++ = bedeutsam / + = geringe Bedeutung / 0 = sehr geringe oder keine Bedeutung / – = fehlende Information.

Da für die Pflanze verschiedene Spurenelemente toxisch sind, findet auch auf dieser Stufe eine qualitative und quantitative Selektion der dem Tier zugeführten Spurenelemente statt (Tabelle 2).

Durch eine unterschiedliche Einlagerung der einzelnen Spurenelemente in Wurzel, Stengel, Blätter und Samen kann ebenfalls das Spurenelementangebot für das Tier verändert werden. Für die Elemente Cu, Zn und Cd stellte *Sommers* (1980) folgende Beziehung auf:

Cu-Gehalt: Blätter > Samen > Stengel
Zn-Gehalt: Blätter > Samen > Stengel
Cd-Gehalt: Blätter > Stengel > Samen

Neben Mensch, Boden und Pflanze weist auch der tierische Organismus spezifische Filtermechanismen auf. Erwähnt seien die homöostatischen Regulationsmecha-

nismen und die Interaktionen zwischen einzelnen Spurenelementen sowie zwischen Spurenelementen und anderen Futterinhaltsstoffen. So besitzt zum Beispiel das Tier die Fähigkeit, bei einem Überangebot an Fe, Zn oder Mn die Absorption dieser Elemente im Magen-Darm-Trakt einzuschränken und damit den Körper vor einem Überschuss zu bewahren (Tabelle 3). Zu einem analogen Ergebnis führen die Erhöhung der endogenen Ausscheidung oder die Einlagerung der überschüssigen Spurenelemente ins Gewebe. Eine andere bedeutende Filterwirkung geht von den Interaktionen zwischen einzelnen Spurenelementen sowie zwischen einzelnen Spurenelementen und bestimmten Futterinhaltsstoffen aus. Einige dieser Wechselwirkungen sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Dank der Wechselwirkungen kann ein Überschuss an bestimmten Spurenelementen vermindert werden (z. B. Cd-Überschuss durch erhöhte Zn-Vorlage). Anderseits kann aber auch ein im Überschuss aufgenommenes Element zu einem Defizit bei einem anderen Element führen (z. B. hohe Mo-Zufuhr bei marginaler Cu-Versorgung führt zu Cu-Mangel). Obwohl in ausgewählten Fällen sowohl die homöostatischen Regulationsmechanismen als auch die Wechselwirkungen gezielt genutzt werden können, steht einer allgemeinen praktischen Anwendung die Komplexizität der verschiedenen Stoffwechselprozesse entgegen.

Tabelle 4: Wechselwirkungen zwischen einzelnen Spurenelementen sowie zwischen Spurenelementen und anderen Futterinhaltsstoffen (nach *Mills,* 1979; ergänzt)

Element	Antagonist (bedarfssteigernd, d.h. überschussmildernd)
Fe	Ca, Phosphat, Zn, Co, Cd, Phytat
J	Co
Cu	Ca, Sulfat, Sulfid, Zn, Mo, Cd, Hg, Phytat
Mn	Ca, Phosphat, Fe, Phytat
Zn	Ca, Cu, Cr, Cd, Phytat
Co	J, Fe
Mo	Cu, Sulfat, As, Cd, Hg
Cr	Zn
V	Cr
F	Ca, Al
Ni	–
Pb	Ca, Phosphat, Sulfat, Fe
Cd	Ca, Cu, Zn, Se

4. Kritische Spurenelemente aus Klärschlamm

Ausgehend von einer «durchschnittlichen» Klärschlammzusammensetzung und unter Berücksichtigung der verschiedenen Filter werden zur Zeit die Spurenelemente Cu, Zn, Mo, Ni und Cd im Hinblick auf ihren Einfluss auf den tierischen Organismus diskutiert.

4.1 *Kupfer*

Cu zählt zu den für das Tier essentiellen Spurenelementen, wie 1928 an Ratten nachgewiesen werden konnte. Die Ausnutzung des zugeführten Cu ist mit 10% beim adulten Tier relativ bescheiden. Hauptabsorptionsort bildet der Magen und der Dünndarm, wobei beim Schaf auch eine Absorption am Dickdarm gezeigt werden konnte. Wie bereits dargestellt, wird die Cu-Absorption durch zahlreiche Nahrungsinhaltsstoffe positiv oder negativ beeinflusst. Gewisse Ergebnisse deuten im weiteren darauf hin, dass vorab bei geringem Cu-Angebot die Absorptionsrate auch vom Bedarf des Tieres bestimmt wird. Die Cu-Exkretion erfolgt zur Hauptsache über den Kot. Ein Mangel an Cu führt unter anderem zu Anämie, gestörtem Knochen- und Gesamtwachstum, kardiovaskulären Läsionen, Enzootischer Ataxie: Swayback (Lamm), Fruchtbarkeitsstörungen (Aborte) usw.

Das notwendige tägliche Cu-Angebot für die Milchkuh beträgt 10–15 mg Cu/kg Futter-TS bzw. 5–10 mg Cu/kg Futter-TS für das Schaf. Beim Mastschwein gilt ein Angebot von 4–10 mg Cu/kg Futter-TS als ausreichend. Mengen bis zu 250 mg Cu/kg Futter werden jedoch als Wachstumsförderer in Schweinemastfutter eingesetzt. Im allgemeinen weisen die bei uns üblichen Futtermittel für Wiederkäuer einen geringen Cu-Gehalt auf, weshalb praktisch alle Rationen mit einer Cu-haltigen Mineralstoffmischung ergänzt werden.

Bei anhaltender Cu-Aufnahme im Überschuss kann es zu einem Verzehrsrückgang, vermindertem täglichem Zuwachs, Anämie, Krämpfen, Gelbverfärbung der Schleimhäute usw. kommen. Stets ist eine hohe Cu-Akkumulation in der Leber zu beobachten. Während das Schwein bei adäquater Zn- und Fe-Versorgung Cu-Gehalte von bis zu 250 mg/kg Futter ohne Störungen verträgt, führen länger dauernde Gaben von über 20 mg Cu/kg Futter-TS beim Schaf und rund 100 mg Cu/kg Futter-TS beim Rind zu Stoffwechselstörungen.

Wie sowohl aus Gefäss- als auch aus Feldversuchen hervorgeht, kann sich der Cu-Gehalt der Pflanzen durch Klärschlammdüngung erhöhen. Einige beobachtete Cu-Werte bei Klärschlammdüngung sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Beim Grosswiederkäuer und beim Schwein dürften infolge Klärschlamm erhöhte Cu-Gehalte in Rauh- und Kraftfutter kaum Stoffwechselstörungen hervorrufen. Beim Schaf und eventuell auch bei der Ziege wäre hingegen eine negative Auswirkung auf den Stoffwechsel beim Zusammentreffen ungünstiger Faktoren (Cu-empfindliche Tiere, Verfütterung von Cu-haltigen Mineralstoffmischungen usw.) denkbar.

Tabelle 5: Cu-Gehalte ausgewählter Futtermittel bei Klärschlammdüngung

	Cu-Gehalt in mg/kg TS		
	KS-Düngung	Kontrolle	
Ital. Raygras	15,9	10,4	*Schnetzer,* 1977
Sommergerste (Körner)	5,2	2,9	*Diez u. Rosopulo,* 1976
Kartoffel	19,0	8,6	*Sommers,* 1980

KS: Klärschlamm

4.2 *Zink*

Das lebensnotwendige Spurenelement Zink ist einer der wichtigsten Antagonisten von Cd. Seine Ausnutzung in üblichen Rationen liegt zwischen 20 und 30%. Absorbiert wird Zn vorab im Dünndarm, wobei ein Zusammenhang zwischen Absorptionsrate und Bedarf gegeben scheint. Der grösste Teil des nicht retinierten Zn verlässt den Körper über den Kot. Ein Mangel an Zn äussert sich unter anderem in Wachstumsstörungen, verminderter Proteinsynthese, Hautläsionen, Fruchtbarkeitsstörungen (Hodenentwicklung, Spermatogenese) usw.

Das notwendige Zn-Angebot für Wiederkäuer und Schwein beträgt 40–50 mg/kg Futter-TS. In der Regel enthalten die Futtermittel nicht dem notwendigen Angebot entsprechende Mengen an Zn, weshalb eine Ergänzung in Form von Mineralstoffmischungen üblich ist.

Störungen bedingt durch eine unangepasste Zn-Zufuhr wurden beim Rind bei Gaben von 900 mg/kg TS beobachtet (*Ott et al.,* 1966). Beim Schwein, das weniger empfindlich zu sein scheint, führen Gehalte von über 2000 mg Zn/kg TS zu Beeinträchtigungen im Zn-Stoffwechsel. Symptome des Zn-Überschusses sind Durchfall, Anämie, Hämorrhagie usw.

Obwohl der Zn-Gehalt der Futterpflanzen durch den relativ hohen Zn-Gehalt von Klärschlamm auf über 80 mg/kg TS ansteigen kann (*Geering und Künzli,* 1967; *Schaaf und Boguslawski,* 1982), lassen diese Gehalte bei der relativ geringen Zn-Empfindlichkeit von Wiederkäuer und Schwein und der meist defizitären Zn-Versorgung keine Störungen im Zn-Haushalt erwarten.

4.3 *Molybdän*

Wie Cu und Zn zählt auch Mo zu den essentiellen Spurenelementen. Seine Ausnutzung liegt in der Grössenordnung von 50% mit Hauptabsorption im Dünndarm. Während beim Rind nicht retiniertes Mo den Körper über den Kot verlässt, erfolgt beim Schwein dessen Ausscheidung über den Harn. Das notwendige Angebot an Mo bei Rind und Schwein dürfte 0,1 mg Mo/kg Futter-TS betragen. Mo-Mangel bei landwirtschaftlichen Haustieren konnte bis heute in der Praxis nicht beobachtet werden.

Durch Mo-Überschuss bedingte Stoffwechselstörungen (Molybdänosen) sind nach Verfütterung von Mo-reichem Grünfutter (5 mg Mo/kg TS bei Cu-armem Futter) beim Wiederkäuer beschrieben (*Page,* 1974). Neben Durchfall (nur beim Wiederkäuer) sind Appetitlosigkeit, Wachstumsstörungen, Anämie, Knochenschädigungen, Lähmungen usw. weitere Krankheitsanzeichen. Die Empfindlichkeit der Haustiere gegenüber einem Mo-Überangebot hängt vorab vom Cu-Gehalt der Ration ab (Cu : Mo nicht $< 4:1$; *Alloway,* 1973). Im allgemeinen reagiert der Wiederkäuer empfindlicher auf einen Mo-Überschuss als das Schwein. Die kritische Grenze beim Wiederkäuer dürfte bei 5–20 mg Mo/kg Futter-TS liegen bzw. bei 1000 mg Mo/kg Futter-TS beim Schwein.

Da die Mo-Toleranz der Pflanzen sehr gross ist, kann durch Klärschlamm deren Gehalt deutlich angehoben werden. Werte um 7 mg/kg Futter-TS gegenüber 2,3 mg/

kg in der Kontrolle fand *Schütz* (1973) für Rotklee in einem 12jährigen Düngungsversuch. Bei Klärschlamm mit einem hohen Mo-Gehalt liesse sich somit eine Mo-Anreicherung in der Pflanze vorstellen, die für den Wiederkäuer kritisch werden könnte. Da gleichzeitig über den Schlamm reichlich Cu zugeführt wird, darf aber auch beim Wiederkäuer von einer geringen Gefährdung durch Mo ausgegangen werden.

4.4 *Nickel*

Die Essentialität von Ni wurde zum ersten Mal im Jahre 1970 an Küken nachgewiesen. Bedingt durch den geringen Bedarf der Tiere und dem über dem Bedarf liegenden Gehalt der Pflanzen an Ni konnte ein Mangel unter Praxisbedingungen bis heute nicht beobachtet werden.

Wie die meisten Spurenelemente wird auch Ni nur schlecht absorbiert. Die Ausnutzung beträgt in etwa 1–10%. Hauptausscheidungsweg für oral aufgenommenes Ni bildet der Kot. In geringerem Umfange verlässt Ni den Körper auch über Harn und Schweiss. Ein Überangebot an Ni führt zu einem Versagen der homöostatischen Regulationsmechanismen verbunden mit einer erhöhten Ni-Retention in Niere und Milz (Tabelle 6).

Über den Ni-Bedarf von Wiederkäuer und Schwein fehlen Angaben. Auch die Hinweise über die Toxizität von Ni sind recht spärlich. Nach *O'Dell et al.* (1970) wurden Allgemeinzustand, Futteraufnahme und Milchleistung von Milchkühen durch eine tägliche Ni-Zulage in Form von $NiCO_3$ in Mengen von 365 mg bzw. 1835 mg nicht beeinflusst. Beim Kalb wirkten sich demgegenüber 1600 mg Ni/Tag negativ auf die Futteraufnahme und den Tageszuwachs aus (*O'Dell et al.,* 1971).

Allgemein werden als Symptome eines Ni-Überschusses vermindertes Wachstum, herabgesetzte Ni-Retention sowie Veränderungen im roten Blutbild beschrieben. Für das Rind wird die tolerierbare Höchstmenge an Ni mit 50 mg/kg Futter angegeben. Für das Schwein fehlen Daten.

Der Ni-Gehalt von Wiesenfutter und Getreide bewegt sich zwischen 0,3 und 4,0 mg/kg TS (*Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim,* 1976; *Underwood,*

Tabelle 6: Einfluss der Ni-Aufnahme auf den Ni-Gehalt von Geweben beim Kalb (*O'Dell et al.,* 1971)

Gewebe	Tägliche Ni[1]-Aufnahme in g			
	0	0,4	1,3	1,6
	Ni-Gehalt der Gewebe in mg/kg TS			
Niere	2,08[a/2]	1,85[a]	2.26[a]	22,83[b]
Lunge	2,94	2,51	13,64	5,88
Milz	0[a]	0[a]	0[a]	1,85[b]
Leber	0,76	0,88	0,37	0,53
Herz	1,11	0	0,32	0,50

[1] in Form von $NiCO_3$
[2] Werte der gleichen Zeile mit unterschiedlichen Indices sind signifikant verschieden.

1981). Infolge Düngung mit Klärschlamm können jedoch nach *Baxter et al.* (1980) die Ni-Werte in Grünfutter von 0,56 mg/kg TS auf 15,5 mg/kg TS ansteigen (Durchschnitt 2,8 mg/kg TS). Bei mit Klärschlamm gedüngtem Mais wurden Ni-Gehalte von 2,4 mg/kg TS gegenüber 0,46 mg/kg TS bei der Kontrolle gemessen.

Angesichts der relativ hohen Ni-Verträglichkeit der untersuchten landwirtschaftlichen Nutztiere und der im Vergleich dazu eher tiefen Ni-Gehalte von auf mit Klärschlamm gedüngten Feldern geernteten Futtermitteln ist bei diesem Element kaum mit Stoffwechselstörungen zu rechnen.

4.5 *Cadmium*

Cadmium zählt zu den Spurenelementen, für welche noch keine Essentialität für das Tier nachgewiesen werden konnte. Das über das Futter zugeführte Cd wird in der Regel nur in geringem Umfange absorbiert (Ausnutzung 10%). Über 90% des aufgenommenen Cd verlassen den tierischen Organismus über den Kot, der Rest über Harn und Schweiss. Bis heute liessen sich für Cd keine effizienten homöostatischen Regulationsmechanismen nachweisen. Das retinierte Cd findet sich vorab in Nieren und Leber, in geringerem Ausmasse im Muskel. Dabei scheint eine enge Beziehung zwischen dem Alter des Tieres und den in diesen Organen abgelagerten Cd-Mengen zu bestehen. Nach *Boehncke* (1977) führt zudem eine Cd-Belastung zu erhöhten Cd-Gehalten in der Milch.

Die Symptome einer überhöhten Cd-Zufuhr sind vielfältig. Genannt werden Wachstumsdepression (z.B. beim Schwein bei 50 mg Cd/kg Futter; *Boehncke,* 1977), Anämie, Nieren- und Leberschäden, Fruchtbarkeitsstörungen wie Aborte, Atrophie der Eierstöcke usw. (*Neathery und Miller,* 1975; *NRC,* 1980). *Kienholz* (1980) vermutet auch Störungen im Vitamin-A-Stoffwechsel. Wie aufgezeigt, bestehen zwischen Cd und den Spurenelementen Fe, Cu, Zn und Se Wechselbeziehungen, deren Wirkungsweisen noch wenig geklärt sind. Diese Interaktionen, zusammen mit Grössen wie Tierart, chemische Form, Expositionsdauer usw., erschweren eine Angabe über die vom Tier tolerierte Cd-Menge. Nach *NRC* (1980) muss bei Cd-Gehalten > 5 mg/kg Futter mit Stoffwechselstörungen gerechnet werden. Aus anderen Untersuchungen kann ein Grenzwert für Wiederkäuer und Schwein von 30 mg/kg Futter-TS abgeleitet werden.

Auf mit Klärschlamm gedüngten Feldern gewachsenes Grünfutter wies nach Untersuchungen von *Fitzgerald* (1980) rund 16 mg Cd/kg TS gegenüber 3 mg Cd/kg TS in der Kontrolle auf. Beim Getreide liegen entsprechende Werte etwas tiefer. Über Cd- und PCB-bedingte Stoffwechselstörungen infolge Klärschlammdüngung berichtet *Kienholz* (1980) für das Schaf (Leberschäden bei 1,7 mg Cd/kg Futter). Daneben weisen zahlreiche Arbeiten auf das Problem erhöhter Cd-Werte in Niere und Leber hin (*Lisk et al.,* 1982; *Marsh,* 1983: Mastschwein; *Heffron et al.,* 1980: Schaf; *Fitzgerald,* 1978: Milchkuh).

Die diskutierten Ergebnisse lassen klar erkennen, dass durch Klärschlamm ausgelöste, Cd-bedingte Stoffwechselstörungen bei landwirtschaftlichen Haustieren nicht ausgeschlossen werden können. Dabei ist jedoch das vom erhöhten Cd-Gehalt

des tierischen Produktes Fleisch ausgehende Gesundheitsrisiko für den Menschen eindeutig höher einzustufen.

5. Schlussfolgerung

Aus den verschiedenen Befunden lässt sich zusammenfassend ableiten, dass die Gefahr von Störungen im Spurenelementstoffwechsel von Wiederkäuer und Schwein infolge Klärschlammverwendung eher gering einzustufen ist. Diese Feststellung wird auch durch die Information bestätigt, dass bis heute an den beiden schweizerischen Veterinärmedizinischen Universitätskliniken noch keine durch Klärschlamm bedingte Entgleisungen im Spurenelementstoffwechsel von Nutztieren diagnostiziert wurden (*Berchtold,* 1983; *Martig,* 1983). Dieses Resultat bedeutet jedoch keineswegs, dass die indirekte oder direkte Zufuhr von Spurenelementen über den Klärschlamm nicht laufend überwacht und wo gegeben, wie beispielsweise im Falle des Cd, korrigierend an der Quelle eingegriffen werden muss. Es gilt stets zu bedenken, dass der Klärschlamm nur eine der zahlreichen erwünschten und unerwünschten Spurenelementquellen für das Tier darstellt. Über betriebseigene Düngemittel, Industrieimmissionen, Abgase von Verbrennungsmotoren, bei der Fabrikation kontaminierte Futtermittel usw. können dem Tier ebenfalls grössere Mengen an Spurenelementen zugeführt werden. Diese Kumulation von teilweise unerwünschten Stoffen an einer Stelle, an der eine genaue Kontrolle kaum möglich ist, unterstreicht die Notwendigkeit einer möglichst ganzheitlichen Beurteilung der verantwortbaren Gehalte der einzelnen Spurenelementlieferanten. Im weiteren muss man sich auch bewusst sein, dass sich die Auswahl der eventuell bedenklichen Spurenelemente auf den heutigen, noch lükkenhaften Wissensstand abstützt. Es ist nicht auszuschliessen, dass schon in nächster Zukunft neue Erkenntnisse und neue Elemente dazustossen werden.

Zusammenfassung

Direkt oder indirekt werden dem Tier über den Klärschlamm essentielle und nichtessentielle Spurenelemente zugeführt. Dabei kann die Zufuhr als mit Klärschlamm kontaminierte Erde, als an Pflanzen anhaftender Klärschlamm, als Pflanze oder als direkt verfütterter Klärschlamm erfolgen. Verschiedene Filter wie die Aktivität des Menschen, der Boden, die Pflanze und das Tier bewirken jedoch, dass die im Klärschlamm enthaltenen Spurenelemente in abgeschwächter Konzentration zum Tier gelangen oder dass deren Verfügbarkeit reduziert wird. Dennoch lassen sich bestimmte, durch ein Überangebot an einzelnen Spurenelementen ausgelöste Stoffwechselstörungen nicht von vornherein ausschliessen. So könnte es beim Schaf beim Zusammentreffen ungünstiger Faktoren zu Cu bedingten Stoffwechselstörungen kommen. Auch beim Mo liesse sich ein negativer Einfluss auf den Stoffwechsel denken. Cd ist vorab wegen der möglichen Anreicherung in Niere und Leber und der damit verbundenen Gefährdung des Menschen zu beachten. Zn und Ni stellen hingegen aufgrund der relativ geringen Empfindlichkeit landwirtschaftlicher Nutztiere auf ein Überangebot an diesen Elementen kaum eine Gefahrenquelle für das Tier dar.

Résumé

Les boues d'épuration fournissent à l'animal de manière directe ou indirecte des oligoéléments essentiels et non essentiels. Cet apport peut se faire par la terre contaminée par des boues, par des boues collées aux plantes, par les plantes ou par les boues distribuées comme aliments. Différents

filtres comme l'activité de l'homme, le sol, la plante et l'animal ont pour conséquence que la concentration des boues en oligoéléments est diminuée ou leur utilisation réduite. Toutefois, il n'est pas possible d'éliminer d'office des dérangements du métabolisme pouvant être provoqués par un apport trop important de certains oligoéléments. Ainsi, chez le mouton des dérangements provoqués par le Cu pourraient apparaître suite à la conjonction de facteurs défavorables sur le métabolisme du ruminant. Pour le Cd, il faut surtout retenir l'enrichissement possible dans les reins et le foie et les risques qui en découlent pour l'homme. Le Zn et le Ni, par contre, ne représentent pour ainsi dire aucun risque pour l'animal, étant donné la sensibilité relativement restreinte des animaux de rente à une concentration élevée de ces deux éléments.

Literatur

Alloway B.J.: Copper and molybdenum in swayback pastures. J. Agric. Sci. Camb. *80,* 521–524 (1973). – *Baxter J.C., Johnson D.E. and Kienholz E.W.:* Uptake of trace metals and persistent organics into bovine tissues from sewage sludge. In: Bitton G., Damron B.L., Edds G.T., Davidson J.M. Sludge–health risks of land application. Ann Arbor (1980). – *Berchtold M.:* Persönliche Mitteilung (1983). – *Boehncke E.:* Die Bedeutung von Cadmium-Emissionen für die landwirtschaftliche Tierproduktion. Landw. Forschung *34,* 44–61 (1977). – *Chaney R.L. and Lloyd C.A.:* Adherence of spray-applied liquid digested sewage sludge to tall fescue. J. Environ. Qual. *8* (3), 407–411 (1979). – *Diez Th. und Rosopulo A.:* Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen nach extrem hohen Klärschlammgaben. Landw. Forschung *33,* 236–248 (1976). – *Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim:* Daten und Dokumente zum Umweltschutz. Nr. 11. Spurenelemente mit toxischer Wirkung. Stuttgart (1976). – *Fitzgerald P.R.:* Toxicology of heavy metals in sludges applied to the land. Proc. 5th National Conference Acceptance Sludge Disposal Techniques. 106–116, Orlando (1978). – *Geering J. und Künzli W.:* Wirkungsvergleich von Gülle und Klärschlamm als Wiesendünger. Schweiz. landw. Forschung *6,* 301–331 (1967). – *Healy W.B.:* Ingested soil and animal nutrition. Proc. of the New Zealand Grassland Association *34,* 84–90 (1972). – *Heffron C.L., Reid J.Th., Elfing D.C., Stoewsand G.S., Haschek W.M., Telford J.N., Furr A.K., Parkinson Th.F., Bache C.A., Gutenmann W.H., Wszolek P.C. and Lisk D.J.:* Cadmium and zinc in growing sheep fed silage corn grown on municipal sludge amended soil. J. Agric. Food Chem. *28,* 58–61 (1980). – *Kienholz E.W.:* Effect of toxic chemicals present in sewage sludge on animal health. In: Bitton G., Damron B.L., Edds G.T., Davidson J.M. Sludge–health risks of land application. Ann Arbor (1980). – *Lisk D.J., Boyd R.D., Telford J.N., Babish J.G., Stoewsand G.S., Bache C.A. and Gutenmann W.H.:* Toxicologic studies with swine fed corn grown on municipal sewage sludge-amended soil. J. Anim. Sci. *55* (3), 613–619 (1982). – *Marsh B.:* Ni, Cd travel from sludge to corn to pigs' organs. Feedstuffs *55,* (14), 14–16 (1983). – *Martig J.:* Persönliche Mitteilung (1983). – *Mills C.F.:* Trace element deficiency and excess in animals. Chemistry in Britain *15* (10), 512, 514, 516, 518–520 (1979). – *Miller J.K., Swanson E.W. and Madsen F.C.:* Moderate soil eating by livestock shown to be nutritionally beneficial. Feedstuffs *50* (43), 31, 32, 55 (1978). – *Neathery M.W. and Miller W.J.:* Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. A review: J. Dairy Sci. *58* (12), 1767–1781 (1975). – *NRC:* Mineral tolerance of domestic animals. National Academy Press, Washington (1980). – *O'Dell G.D., Miller W.J., King W.A., Ellers J.C. and Jurecek H.:* Effect of nickel supplementation on production and composition of milk. J. Dairy Sci. *53,* 1545–1548 (1970). – *O'Dell G.D., Miller W.J., Moore S.L., King W.A., Ellers J.C. and Jurecek H.:* Effect of dietary nickel level on excretion and nickel content of tissues in male calves. J. Anim. Sci. *32* (4), 769–773 (1971). – *Ott E.A., Smith W.H., Harrington R.B. and Beeson W.M.:* Zinc toxicity in ruminants. II Effect of high levels of dietary zinc on gains, feed consumption and feed efficiency of beef cattle. J. Anim. Sci. *25,* 419–423 (1966). – *Page A.L.:* Fate and effects of trace elements in sewage sludge when applied to agricultural lands. University of California, California (1974). – *Pallauf J.:* Zum Einfluss der Ernährung mit Spurenelementen auf die Qualität von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Übers. Tierernährg. *10,* 163–188 (1982). – *Sauerbeck D.:* Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? Landwirtsch. Forsch., Sonderh. *39,* 108–129 (1982). – *Schaaf H. und Boguslawski von E.:* Schwermetallanreicherung in Bo-

den und Pflanze bei langjähriger Anwendung von Klärschlamm. Landwirtsch. Forsch., Sonderh. *39,* 224–237 (1982). – *Schnetzer L.:* Einfluss von Klärschlamm auf wertgebende Inhaltsstoffe in Futterpflanzen. Informationstagung Klärschlamm in der Landwirtschaft, Zollikofen (1977). – *Schütz E.:* Über den Einfluss einiger Düngungsverfahren auf den Gehalt an Mikronährelementen von Pflanzenarten einer Naturwiese. Schweiz. Landw. Forschung *12,* 323–339 (1973). – *Sommers L.E.:* Toxic metals in agricultural crops. In: Bitton G., Damron B.L., Edds G.T., Davidson J.M. Sludge – health risks of land application. Ann Arbor (1980). – *Underwood E.J.:* The mineral nutrition of livestock. CAB, London (1981).

REFERATE

Erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und chemischer Industrie auf dem Gebiet der Abwasserreinigung *(Fortsetzung von Seite 672)*

Ein wichtiger Faktor in diesem Projekt ist die strikte Beachtung des Verursacherprinzips. Jeder, der Abwässer produziert, muss für deren Reinigung auch selber aufkommen. Die chemische Industrie kommt also für Bau, Unterhalt und Betrieb der ihr allein dienenden Zuleitungen und Kläranlagen auch selber auf. Bei den kommunalen Anlagen sollen Bau und Betrieb langfristig durch eine Abwassergebühr gedeckt werden. Diese Gebühr wird auf das Trinkwasser erhoben und ist somit ebenfalls verbrauchsabhängig.

Modernste Techniken

Zur Bewältigung des Problems der Abwasserreinigung werden jeweils die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen von Wissenschaft und Technik angewendet. Mit einem Totalaufwand von über 600 Mio Franken wurden innerhalb weniger Jahre die notwendigen Kanalisationen und Kläranlagen erstellt. Bereits im Jahre 1977 konnte die ARA Birs II in Betrieb genommen werden. Im Jahre 1981 wurden die ARA Hüningen sowie die ARA Ciba-Geigy/Hoffmann-La Roche und die Schlammbehandlungsanlage fertiggestellt; 1982 schliesslich konnte auch die ARA Basel ihren Betrieb aufnehmen.

Die Wahl der technischen Verfahren zur Abwasserreinigung erfolgte aufgrund umfangreicher Pilotversuche. Für die Reinigung der kommunalen Abwässer erwies sich eine biologische Reinigung mit Reinsauerstoff-Eintrag als zweckmässigste Lösung. Diese Technik erlaubt es, äusserst platzsparende Anlagen zu erstellen; zudem können so auch die Geruchsprobleme am besten gelöst werden. Die Versuche zeigten hingegen, dass die Chemieanlage am zweckmässigsten mit einer konventionellen Luftbiologie auszustatten ist.

Das Risiko eines Betriebsunterbruchs wird durch mehrstrassige Auslegung aller Anlagen reduziert. Zahlreiche aufwendige Massnahmen zum Schutz des Grundwassers und der Luft sowie gegen Lärm und Geruch garantieren einen immissionsarmen Betrieb der gesamten Anlagen. Bei allen Anlagen wurde der Abwärmeverwertung und der möglichst effizienten Energieanwendung grösste Beachtung beigemessen und entsprechende Massnahmen getroffen.

Die Zusammenarbeit geht weiter

Das erfolgreiche Zusammenwirken von Staat und Privatwirtschaft, dank welchem die Realisierung dieses umfangreichen Projektes möglich war, wird nun in der Pro Rheno Betriebs AG fortgesetzt. Diese übernimmt die Verantwortung für den gemeinsamen Betrieb der Kläranlagen in Kleinhüningen sowie für die Schlammverbrennung.

Das Basler Stimmvolk hat im Jahre 1980 dieser sachlich, rechtlich und politisch überzeugenden Lösung mit grosser Mehrheit zugestimmt und damit auch den Wunsch ausgedrückt, dass die bewährte Pro-Rheno-Formel in Zukunft aufrechterhalten werden sollte. *B. G.*

Infochemie Nr. 8/9, 14.9.1983