

# Chemische Verunreinigungen in Lebensmitteln tierischer Herkunft als Folge der Klärschlammanwendung

Autor(en): **Hapke, H.-J.**

Objektyp: **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: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593427>

## **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.

### III. Gesundheitliche Gefährdung

#### Chemische Verunreinigungen in Lebensmitteln tierischer Herkunft als Folge der Klärschlammanwendung

*H.-J. Hapke*

##### 1. Ursachen der Schwermetall-Kontamination

Klärschlamm enthält regelmässig zahlreiche Fremdstoffe, die bei wiederholtem Eintrag die landwirtschaftlichen Nutzflächen auch mit Schadstoffen anreichern. Wegen der sehr unterschiedlichen Zusammensetzung des Klärschlammes muss jeder Fall je nach Analyseergebnis hinsichtlich der Bedenklichkeit und der möglichen Beeinträchtigung des Nutzungswertes gesondert betrachtet werden. Die grösste Rolle unter den Chemikalien scheinen Schwermetalle zu spielen. Infolge der langsamen Bewegung durch biologische Systeme und der Kumulation im Boden kann es zu einer Ansammlung dieser Elemente in der dort wachsenden Vegetation kommen, vor allem von Cadmium.

Die über Klärschlamm eingetragenen Schwermetalle sind das Ergebnis einer technisch-industriellen oder sonstigen Benutzung und stellen somit einen Teil der Ursachen der Verunreinigung von Lebensmitteln dar. Verunreinigungen (Nr. 3 und 4 der Abbildung 1) sind gegenüber den Rückständen im engeren Sinne (Nr. 1 und 2 der Abbildung 1) abzugrenzen, da erstere im allgemeinen nicht durch Anwendungsvorschriften ohne weiteres manipulierbar sind.

Haus-, Nutz- und Wildtiere nehmen Schwermetalle zum allergrössten Teil mit der Nahrung auf. Die Einatmung schwermetallhaltiger Luft oder der Verzehr von entsprechend kontaminiertem Tränkwasser haben nur in industriell belasteten Gebieten (0,2% der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland) eine gewisse Bedeutung als zusätzliche Aufnahmequellen. Dem Schwermetallgehalt des Futters der Nutztiere bzw. der Vegetation, wie sie dem Wild zur Verfügung steht, ist daher grösste Aufmerksamkeit zu widmen. Eine Quantifizierung dieser Flüsse kann für Blei vorgenommen werden (Abb. 2), wonach im Normalfall rund 98% der aufgenommenen Menge über den Darm das Körperinnere erreicht.

Schwermetalle sind ubiquitär und insofern Bestandteil des Bodens, der Pflanzen, Tiere und der von Pflanzen und Tieren stammenden Lebensmittel. Zwischen den einzelnen biologischen Kompartimenten stellt sich normalerweise im Verlauf einer längeren Zeit ein Konzentrationsgleichgewicht ein, da die Schwermetalle im allgemeinen reaktionsträge sind und biologische Systeme nur langsam durchlaufen. Eine Einstellung des Konzentrationsgleichgewichts erfolgt nur, wenn eine statische Situation vorherrscht. Da aber biologische Systeme Wachstum (= Verdünnung + Aufnahme) zeigen, besteht tatsächlich ein Fliessgleichgewicht.

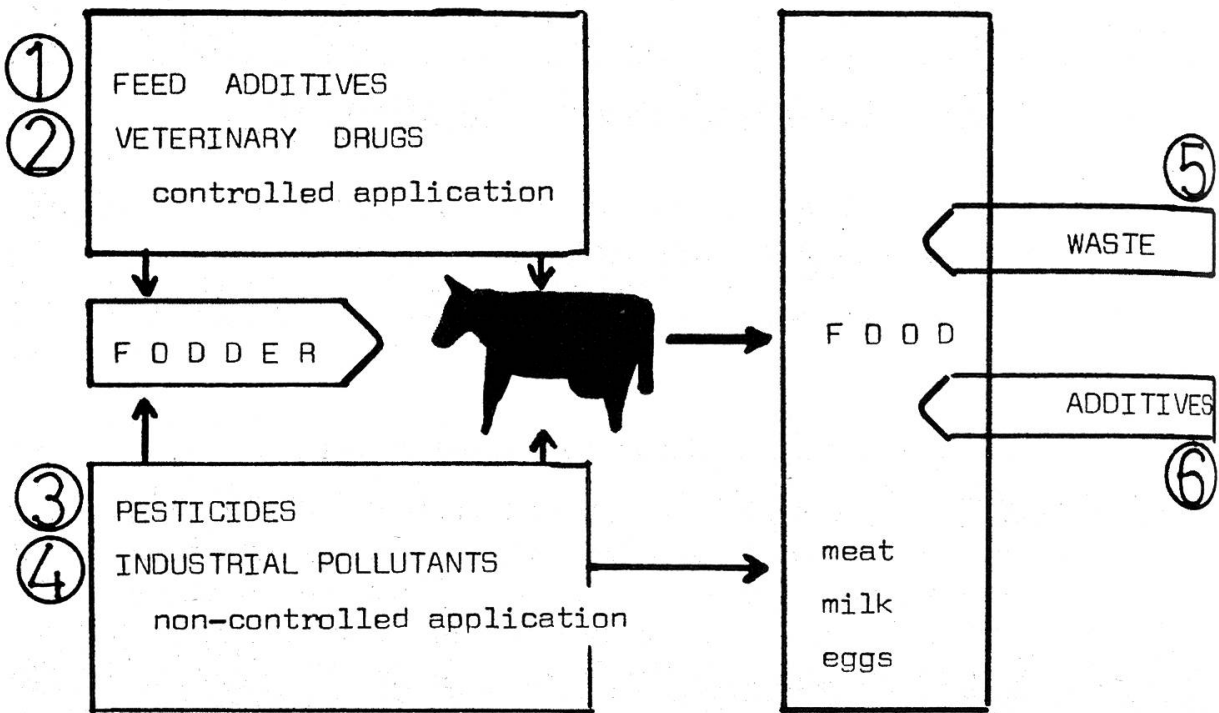


Abb. 1 Ursachen und Wege für die Ansammlung von Fremdstoffen in von Tieren stammenden Lebensmitteln:

1 = Futterzusatzstoffe, 2 = Tierarzneimittel (1 und 2 führen zu Rückständen); 3 = Pestizid-Rückstände im Futter, 4 = technisch-industriell bedingte Immission (3 und 4 führen zu Verunreinigungen). Hinzu kommen Verderbnisprodukte (z. B. Mykotoxine) und Lebensmittelzusätze.

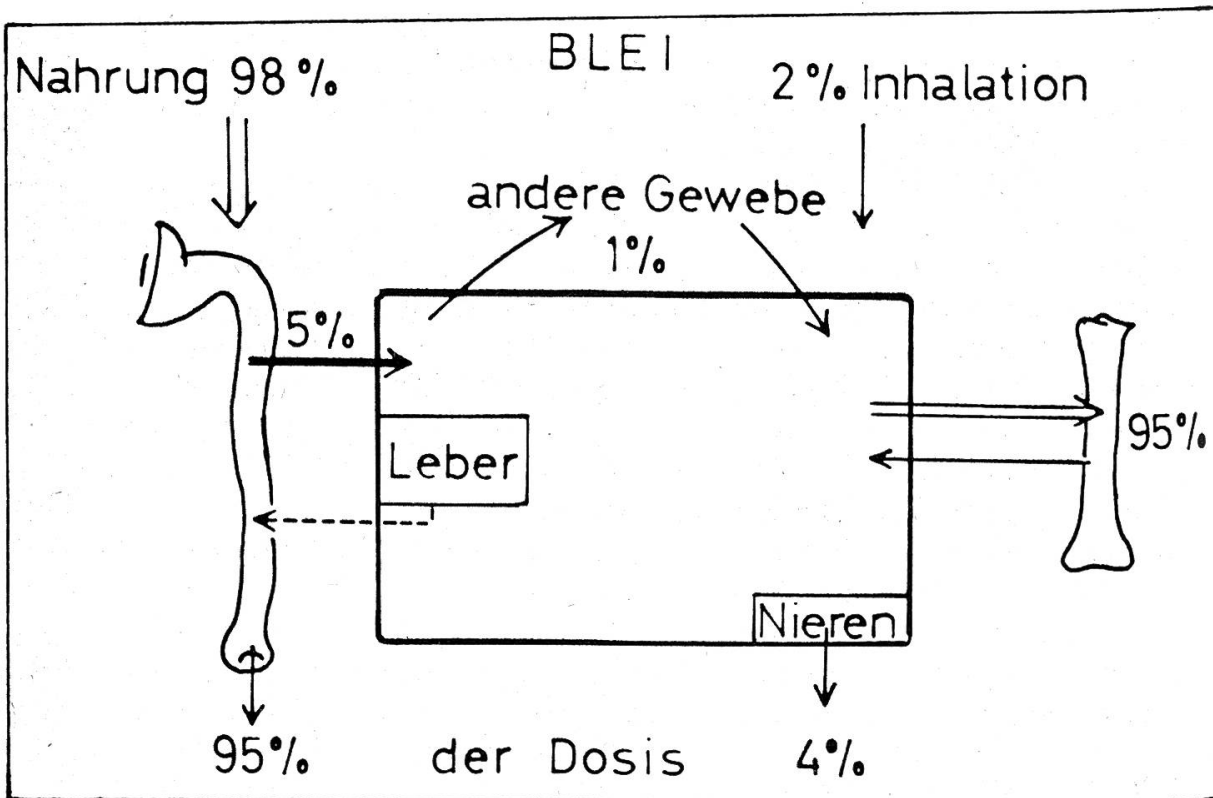


Abb. 2 Quantifizierung des Blei-Flusses durch den tierischen Organismus.

Die Übergänge der Schwermetalle aus dem Boden in die Pflanze, von hier in das Tier und schliesslich auch aus den Lebensmitteln in den Menschen unterliegen bestimmten Gesetzmässigkeiten (*Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, 1981), die mit den Begriffen *Bioverfügbarkeit*, *carry-over-Rate* oder *Lösungsvermögen* in bestimmten Verteilungsvolumina zu umschreiben sind (*Anke et al.*, 1976).

Die *Bioverfügbarkeit* hängt erheblich von den physiko-chemischen Eigenschaften (Polarität, Löslichkeiten) der Schwermetalle ab und ist die Ursache für die unterschiedliche Resorbierbarkeit oder auch für die *carry-over-Rate*. Schwermetalle durchlaufen den tierischen und menschlichen Organismus. Sie werden wieder ausgeschieden oder teilweise (vorübergehend) gespeichert. Eine nachhaltige Wirkung findet noch nicht statt. Sowohl die Ausscheidungs- wie die Speicherkapazitäten für Schwermetalle sind bei Tieren aber begrenzt, wodurch das Verfahren der Adaptation des lebenden Organismus an bestimmte kleine Schwermetallmengen limitiert ist und die toxische Wirkung dieser Verbindungen beginnt. Die Adaptation führt zur Toleranz kleiner Mengen, was aber eine *Wirkung* darstellt. Elimination und Reparatur bedeuten eine Belastung. Aufnahme, Speicherung und Ausscheidung der Schwermetallverbindungen hängen aber erheblich von den physiko-chemischen Eigenschaften dieser Stoffe und deren verschiedenen Verbindungen ab, so dass eine einheitliche Aussage über den Zeitpunkt der Erschöpfung der Anpassungsfähigkeit lebender Organismen nicht möglich ist. Der Übergang von der «nochnicht-Wirkung» zur «schon-Wirkung» ist fliessend. Da in den seltensten Fällen die Bindungsformen der einzelnen Schwermetalle unter praktischen Bedingungen bekannt sind, beschränkt sich die Aussage über Vorgänge der biologischen Verfügbarkeit und Wirkung meist auf experimentell erhaltene Daten unter Verwendung von wasserlöslichen anorganischen Schwermetall-Verbindungen mit hoher biologischer Verfügbarkeit.

Wie eingangs erwähnt, führt die Verwendung von Klärschlämmen auch zu einer Steigerung des Eintrags verschiedener Schwermetalle in die Böden. Es ist damit zu rechnen, dass unter bestimmten Bedingungen (Typ des Bodens, pH) die auf diesen Böden wachsende Vegetation dadurch eine höhere Schwermetallmenge aufweist. Ob solche Pflanzen dann für Nutztiere direkt als Futter oder für die Herstellung von Futtermitteln verwendet werden können, hängt erheblich von den tatsächlich in der Pflanze auftretenden Schwermetallen ab. Die den Nutztieren zumutbaren Dosen der Schwermetalle, auf die hier näher eingegangen werden soll, müssen die Schwermetallgehalte in diesen Pflanzen, die dann als Futter verwendet werden sollen, begrenzen. Damit diese Höchstmengen in Pflanzen nicht überschritten werden, ist es nötig, die Schwermetallgehalte im Boden neben der Begrenzung des Staubbiederschlags bei der direkten Kontamination zu limitieren. Ausgangspunkt muss also in jedem Fall die Belastungsgrenze der Nutztiere sein, soweit hier die Futterpflanzen betroffen sind. Am Ende der Nahrungskette steht der Konsument der von diesen Tieren stammenden Lebensmittel. Dieser bestimmt schliesslich alle Vorgänge in den einzelnen Gliedern der Nahrungskette Boden–Pflanze–Tier–Lebensmittel.

Zu den beachtenswerten Schwermetallen unter den hier interessierenden Aspekten gehören in dieser Rangfolge:

1. Blei, Cadmium
2. Arsen, Thallium
3. Chrom, Quecksilber
4. Zink, Nickel, Molybdän
5. Eisen, Kupfer, Selen

Für andere potentiell bedenkliche Metalle liegen keine ausreichenden Erfahrungen vor:

6. Vanadium, Aluminium, Zinn, Beryllium, Wismut, Antimon, Cobalt (*Hapke*, 1980, 1983)

## 2. Bedeutung der Schwermetalle für Nutztiere

Zahlreiche Metalle, die mit Klärschlamm in Böden eingebracht werden, sind für Nutztiere essentiell. Sie werden für bestimmte Funktionen benötigt und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Tatsächlich sind Mangelerscheinungen in vielen Fällen eher zu erwarten als Vergiftungen durch diese als Spurenelemente zu deklarierenden Stoffe: Eisen, Kupfer, Selen, Zink, Chrom, Nickel, Molybdän usw. Aus der Reihe der Spurenelemente nimmt lediglich Kupfer eine Sonderstellung ein, da es bei Schafen häufiger zu Vergiftungen als zu Mangelerscheinungen führt.

Die nachteiligen Wirkungen von Schwermetallen sind aus veterinärmedizinischer Sicht in zwei Kategorien zu teilen, die verschiedene Ansatzpunkte für eine Beurteilung erforderlich machen:

a) *Toxische Wirkungen* auf die Tiere bestehen in einer Beeinträchtigung der speziellen Leistungsfähigkeit der Nutztiere, wie Verminderung des Fleisch- und Fettansatzes, der Milch- oder Eierlegeleistung oder allgemeine Reduktion der Fruchtbarkeit. Sie sind zu erwarten, wenn bestimmte Mengen an Schwermetallen in der Nahrung der Tiere langfristig überschritten werden. Diese Effekte stellen subklinische, also ohne direkte Vergiftungserscheinungen einhergehende Wirkungen dar. Bei entsprechender Dosissteigerung oder Ausdehnung der Expositionszeit kommen auch klinische und tödlich endende akute oder chronische Vergiftungen vor.

b) *Lebensmittelhygienische Auswirkungen* entfalten die meisten Schwermetalle durch ihr träges Verhalten im tierischen Organismus (mit Ausnahme von Zink und Nickel) und durch die dadurch bedingte Ansammlung in einigen, als Lebensmittel verwendbaren tierischen Geweben. Hierbei werden allerdings bestimmte Organe, Systeme oder Gewebe bevorzugt, die in den Eliminationsvorgang funktionell eingeschaltet sind: Leber und Niere. Eine Ansammlung in anderen Geweben findet im allgemeinen zunächst nicht statt. Im Knochen werden zusätzlich einige Schwermetalle gespeichert, was nur eine Bedeutung bei der Verwendung von Knochen als Lebens- oder Futtermittel erlangen könnte. Es kommt also zu einer ungleichmässigen Verteilung im tierischen Organismus. Durch die Anwesenheit von Schwermetallen in den Lebensmitteln werden diese verunreinigt und somit in ihrer Qualität beeinträchtigt. Bei grösseren Konzentrationen sind sie als Lebensmittel für den menschlichen Verzehr aus gesundheitlichen Gründen nicht mehr geeignet.

Die Begrenzung der Schwermetallgehalte in verzehrbaren tierischen Geweben ist also durch die gesundheitliche Bedenklichkeit dieser Lebensmittel für den Menschen

gegeben. Insofern bestimmt das Endglied der Nahrungskette, der Mensch, die Höhe der Schwermetall-Übergänge vom Boden in Pflanze und Tier.

Beide Kriterien der veterinärmedizinischen Toxikologie, die direkte toxische Wirkung auf das Nutztier und die Verunreinigung der von Tieren stammenden Lebensmittel, müssen bei der Beschreibung von Belastungsgrenzen von Schwermetallen für Nutztiere herangezogen werden. Für die meisten Schwermetalle liegen allerdings für diese Aussage noch keine ausreichenden Kenntnisse vor. Wir gehen oft von Schätzungen oder gar Vermutungen aus.

Die Festlegung von Belastungsgrenzen für Tiere und Menschen wird erheblich auch dadurch erschwert, dass Schwermetallwirkungen von der gleichzeitigen Anwesenheit essentieller oder anderer nicht-essentieller Metalle abhängen. Schon die enterale Resorption des Bleis wird durch Calcium variiert. Die tatsächlichen Cadmiumwirkungen können durch gleichzeitig anwesendes Zink, Kupfer, Eisen oder Selen vermindert werden. Bei Vorschlägen für die Festsetzung von Belastungsgrenzen sind solche Wechselbeziehungen bisher nicht berücksichtigt worden (*Hapke*, 1980).

*Blei* steht an erster Stelle der Bedeutung der Schwermetalle für Tiere und Menschen. Beide veterinärmedizinischen Wirkungsparameter, der toxikologische und der lebensmittelhygienische, werden bei der Festlegung der Belastungsgrenze für Tiere herangezogen. Sie kommen im Falle des Bleis zu identischen Werten.

Unter den Nutztieren sind Wiederkäuer die empfindlichsten Tierarten, sie reagieren wie der Mensch. Besonders das Rind spielt eine praktische Rolle.

Wenn die tägliche Bleidosis weniger als 150 mg für ein Rind beträgt, sind keine Wirkungen zu erwarten. Es kommt nicht zur Leistungseinbusse und nicht zu Ansammlungen in Leber und Niere.

Der normale gesunde Organismus ist in der Lage, diese Menge voll zu kompensieren, d.h. eine Wirkung zu verhindern.

Bei einer durchschnittlichen Bleikonzentration von etwa 10 mg Blei pro 1 kg Futter (mit 88% Trockensubstanz) wird diese Dosis verzehrt. Wenn die tägliche Bleidosis 1 mg/kg Körpergewicht bzw. etwa 500 mg Blei pro erwachsenes Rind überschreitet, sind Wirkungen bei Rindern, der empfindlichsten Tierart, zu erwarten. Das geschieht bei Bleikonzentrationen im Futter von rund 35 mg/kg. Diese Futterkonzentration stellt somit einen errechneten Grenzwert dar. Wegen der Schwankungen der biologischen Variabilität der Empfindlichkeit können auch 30 oder 40 mg/kg angenommen werden (*Hapke*, 1983).

Eine weitere Unterteilung des Blei-Grenzwertes nach Löslichkeit und Art der Bleiverbindung wäre wünschenswert, ist aber praktisch ohne Bedeutung, da vom Chemiker nur der gesamte Bleigehalt des Futters gemessen werden kann. Wir beziehen die Aussage über Grenzwerte auf eine Konzentration von Bleiverbindungen mit hoher biologischer Verfügbarkeit.

Blei sammelt sich vor allem in der Leber, in der Niere und in den Knochen der Tiere an. Diese Gewebe enthalten dann die höchsten Konzentrationen nach einer längeren Expositionszeit. In der Muskulatur, die als Fleisch verzehrt wird, erhöht sich die Bleikonzentration nur geringfügig, auch wenn sehr viel höhere Bleimengen durch Rinder aufgenommen werden, die zu Vergiftungen führen. Auch in der Milch wird

hierüber die Bleimenge nur geringfügig erhöht. Diese Gewebe bilden daher nicht die Kriterien für die Grenzwertfindung. Die Konzentration 35 mg Blei/kg Futter (mit 88% TS) erhöht gerade noch nicht den Richtwert in Leber und Niere der zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes.

In unbelasteten Gebieten liegen die Bleikonzentrationen weit unterhalb dieser Werte von 30–40 mg/kg. In Industrienähe oder an stark befahrenen Autostrassen können aber höhere Mengen in der dort wachsenden Vegetation gemessen werden, so dass diese zur Futtermittelherstellung für Tiere aus toxikologischen und aus lebensmittelhygienischen Gründen ungeeignet ist (*Hapke und Prigge, 1973*).

*Cadmium* hat – anders als Blei – in Deutschland noch nie zu einer industriell bedingten Vergiftung von Tieren geführt. Seine Bedeutung ist daher geringer als diejenige des Bleis einzuschätzen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen sind bei Nutztieren erst dann zu erwarten, wenn das Futter langfristig etwa 30 mg/kg Trockensubstanz (TS) enthält. Aber bereits bei viel geringeren Konzentrationen im Futter kommt es zu einer Anreicherung in Niere und Leber: bei Wiederkäuern, wenn die Mengen über 1, und bei Schweinen, wenn sie über 2 mg/kg TS liegen (*Hapke et al., 1977; Crössmann, 1981; Dalgrano, 1980; Doyle, 1977*). Lediglich bei Pferden müssen noch viel geringere Konzentrationen eingehalten werden, wenn von diesen Tieren Lebensmittel gewonnen werden sollen. Möglicherweise liegen hier andere Resorptionen vor.

*Thallium* dürfte nur lokal eng begrenzte, möglicherweise auch eine zeitlich begrenzte Bedeutung haben. Ob durch Klärschlamm eine Problematik entsteht, ist nicht bekannt. Es kam in der Nähe bestimmter Zementfabriken zu einer Kontamination der Vegetation. Durch Experimente an Schafen liess sich eine dosisabhängige Beeinträchtigung der Gesundheit und eine Ansammlung in Leber und Niere nachweisen (*Hapke et al., 1980*). Aufgrund der Ergebnisse dieser Versuche kann angenommen werden, dass Thallium-Konzentrationen unterhalb 1 mg/kg im Futter nicht zu diesen beiden Effekten bei Nutztieren führen. Für Schweine liegen die Grenzen bei etwa 2 mg/kg Futter, wenn eine Ansammlung von Thallium in der Leber der Tiere vermieden werden soll (*Konermann et al., 1982*).

*Molybdän* kann in Ausnahmefällen eine Bedeutung für Nutz- und Wildtiere erreichen. Pflanzen können auf molybdänreichen Böden die 50- bis 100fache der Normalkonzentration aufweisen. In Abhängigkeit von der Kupferversorgung sind Konzentrationen von mehr als 25 mg/kg Futter (mit 88% TS) bereits toxisch. Futter soll daher nicht mehr als 10 mg/kg enthalten (*Parada, 1981*).

*Vanadium* spielt wahrscheinlich zur Zeit keine Rolle als Umweltkontaminante für Tiere. Wenn das Futter nicht mehr als 10 mg/kg enthält, sind Wirkungen nicht zu erwarten. Tatsächlich sind die Konzentrationen viel geringer.

*Arsen* ist hinsichtlich der Festlegung von Grenzdosen schwer zu beurteilen, da die Art der Verbindung, die verschiedene Wertigkeit und die Möglichkeit einer gewissen Gewöhnung dieses Vorhaben erschweren (*Selby et al., 1977; Rivière et al., 1981*). Aufgrund der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften über die Festlegung von Höchstgehalten an unerwünschten Stoffen und Erzeugnissen in Futtermitteln (Amtsblatt der EG Nr. L 38/41 vom 11.2.1974) sollen Futterkonzentrationen

den Wert von 2 mg/kg nicht überschreiten. Das ist ein durch Übereinkommen erzielter Wert ohne jeden Bezug zur Toxikologie. Dieser Wert ist aber leicht einzuhalten.

*Chrom* ist zur Zeit als Schadstoff in Futtermitteln noch nicht zu beurteilen, da sowohl die Wertigkeiten wie die einzelnen Verbindungen ganz unterschiedliche Effekte auslösen. Solange nicht bekannt ist, in welcher Form Chrom tatsächlich im Boden oder in Futterpflanzen vorkommt, ist der Vorschlag eines Grenzwertes nicht möglich.

*Kupfer* ist wie Chrom für Tiere essentiell und hemmt die toxischen Cadmium- und Molybdän-Wirkungen. Eine Zufütterung von Kupfer ist in der Tierernährung nötig. Hierbei werden Konzentrationen von 200 mg/kg Futter von Schweinen vertragen. Abhängig von der Bindungsart des Kupfers kann bei Schafen eine Konzentration von wenig mehr als 10 mg/kg Futter bereits Schäden hervorrufen. Andere Tiere sind weniger empfindlich. Rinder vertragen Konzentrationen bis 50 mg/kg Futter ohne weiteres.

*Nickel* sammelt sich in tierischen Geweben nicht an; es wird offensichtlich als Spurenelement von den Tieren benötigt. Die Toxizität dieses Metalls für Tiere ist so gering, dass Gesundheitsgefahren durch Nickelgehalte in der Nahrung nicht zu erwarten sind. Wiederkäuer vertragen je nach Art der Nickelverbindung (Hill, 1977; O'Dell et al., 1970) Nickelkonzentrationen von 250 mg/kg Futter.

Schliesslich ist *Zink* als Gefahrenquelle für die Gesundheit und den Wert der Nutztiere von untergeordneter Bedeutung. Es ist lebensnotwendig, vermindert auch die toxischen Effekte von Blei und Cadmium und kann in den bisher festgestellten Mengen nicht zu Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit oder der Gesundheit der Tiere führen. Es kumuliert nicht im Organismus und stellt zusammen mit Nickel die beiden harmlosesten der erwähnten Schwermetalle dar (Lantzsch, 1973).

### 3. Massnahmen zur Sicherung der Tiergesundheit

Zur Erhaltung eines leistungsfähigen Nutztierbestandes sind die tierartspezifischen Haltungsbedingungen zu optimieren. Dazu gehört auch die Sicherstellung eines gesundheitlich unbedenklichen Futters. Da im Falle der hier interessierenden Schwermetallbelastungen praktisch nur der Schwermetallgehalt des Tierfutters das Ausmass der Belastung festlegt, dürfen diese Stoffe bestimmte Mengen in der Tagesration der Nutztiere nicht überschreiten.

Zwischen toxischer Wirkung und Stoffkumulation einerseits und der wirksamen Dosis andererseits bestehen feste Beziehungen, die allerdings von zahlreichen Faktoren variiert werden. Es ist daher nicht immer mit einer direkten linearen Abhängigkeit der Effekte von der Dosis zu rechnen. Da Schwermetalle ubiquitär sind und von jedem Individuum kontinuierlich aufgenommen werden, sind stets Wirkungen anzunehmen, die aber infolge einer Homöostase nicht fassbar sind. Eine biologische Unwirksamkeit auch kleinster Mengen ist nicht vorhanden. Die toxischen Wirkungen beginnen bei steigender Schwermetall-Zufuhr, wenn Anpassungen (Ausscheidung, Deponierung) und Korrekturen kleiner Störungen nicht mehr ausreichen. Bei Erschöpfung der Adaptationsmechanismen (Elimination und Reparatur) beginnt die



toxische Wirkung. Die diesen gerade erkennbaren toxischen Effekten zuzuordnenden Dosierungen werden als Grenzwerte definiert. Sie stellen die Menge von Fremdstoffen dar, bei deren Überschreitung die Unwirksamkeit in eine Wirksamkeit übergeht. Da aber auch im «Nichtwirksamkeitsbereich» bereits (Adaptations-)Wirkungen ablaufen, ist die Festlegung von Grenzwerten in erster Linie eine Definitionssache. Die durch Mengen unterhalb der Grenzdosen ablaufenden Eliminations- und Reparaturvorgänge können toleriert werden, solange keine anderen Belastungen das Adaptationsvermögen zusätzlich beanspruchen und somit früher erschöpfen. Insofern sind keine klaren Grenzwerte festzusetzen, sondern lediglich Dosisbereiche abzuschätzen, in denen eine toxische Wirkung wahrscheinlich nicht zu erwarten ist oder eine biologische Wirkung wenigstens keine Bedeutung hat. Es ist aus diesen Gründen immer anzustreben, die Schwermetallgehalte der Vegetation so niedrig wie möglich zu halten.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen müssen die Vorschläge für obere Begrenzungen der Schwermetallzufuhr für Tiere betrachtet werden. Aufgrund der bisher vorliegenden, oft unvollständigen Erfahrungen können die folgenden Grenzwerte vorgeschlagen werden:

Blei	30 bis 40 mg/kg Trockensubstanz
Cadmium	1 bis 2 mg/kg Trockensubstanz
Thallium	1 mg/kg Trockensubstanz
Molybdän	10 mg/kg Trockensubstanz
Vanadium	10 mg/kg Trockensubstanz
Arsen	2 mg/kg Trockensubstanz
Kupfer	50 mg/kg Trockensubstanz (Schafe: 10 mg/kg)
Nickel	250 mg/kg Trockensubstanz
Zink	250 mg/kg Trockensubstanz

Für Blei und Thallium sind sowohl toxikologische wie lebensmittelhygienische, für Cadmium nur lebensmittelhygienische Kriterien für diese Werte herangezogen worden. Wenn Cadmium nur nach toxikologischen Gesichtspunkten beurteilt wird, so ergeben sich die gleichen Werte wie für Blei (30 mg/kg Futter) als tolerierbare Grenzkonzentration, z. B. für Tiere, von denen keine Lebensmittel gewonnen werden sollen.

Wenn dafür Sorge getragen wird, dass die Konzentrationen in der Gesamtration der Tiere die erwähnten Werte nicht überschreiten, ist nicht damit zu rechnen, dass die Gesundheit und das Leistungsvermögen der Nutztiere beeinträchtigt wird.

### Zusammenfassung

Klärschlamm enthält regelmässig Fremdstoffe, die bei wiederholtem Eintrag die landwirtschaftlichen Nutzflächen auch mit Schwermetallen anreichern. Schwermetalle sind allerdings normale Bestandteile aller Lebewesen und somit auch von Nahrungs- und Futtermitteln. Sie unterliegen in biologischen Systemen einem trägen Stoffwechsel und sammeln sich innerhalb der Nahrungskette vom Boden bis zum Nutztier in einzelnen Gliedern oder Geweben bevorzugt an. Tiere nehmen Schwermetalle zum allergrössten Teil mit dem Futter auf, welches äusserlich durch Staub und direkt aus dem Boden durch Aufnahme mit den Wurzeln kontaminiert sein kann.

Blei und Cadmium sind kritisch zu betrachtende Schwermetalle.

Quecksilber und Thallium erlangen nur in Ausnahmefällen eine umwelttoxikologische Bedeutung für Haus-, Nutz- und Wildtiere. Ebenso spielen Arsen und Chrom zur Zeit eine untergeordnete Rolle. Nickel und Zink haben aufgrund ihrer geringen toxischen Potenz und der Unfähigkeit der Akkumulation in Geweben keine Bedeutung. Kupfer und Eisen sind essentielle Metalle. Erkrankungen bei Tieren sind eher durch Mangel als durch Überschuss zu erwarten.

Als Schwermetall-Wirkungen werden die Beeinträchtigung der Gesundheit der Tiere und die Qualitätsminderung der von diesen Tieren stammenden Lebensmittel verstanden.

Nach Überschreiten der als Grenzdosen oder Grenzkonzentrationen zu bezeichnenden oberen tolerierbaren Mengen wird das Leistungsvermögen der Nutztiere beeinträchtigt und die Schwermetalle finden sich in von der Dosis und der Expositionsdauer abhängigen Mengen vorwiegend in der Leber und der Niere. Die Muskulatur, das Herz, das Gehirn und die Lungen sowie auch die Milch und die Eier sind viel weniger betroffen.

### Résumé

Les boues d'épuration contiennent en général des substances indésirables qui, en cas d'application répétée, enrichissent les sols agricoles avec des métaux lourds. Ces métaux lourds font partie de tous les êtres vivants et donc aussi des denrées alimentaires et des aliments pour les animaux. Dans des systèmes biologiques, ils entrent dans le métabolisme et, à l'intérieur du cycle alimentaire sol-animal, ils se déposent avec préférence dans certains organes ou tissus. Les animaux absorbent les métaux lourds surtout avec le fourrage qui peut être contaminé superficiellement (poussière) ou par absorption par l'intermédiaire des racines.

Le plomb et le cadmium sont des métaux lourds qui doivent être considérés avec prudence. Le mercure et le thallium n'ont une importance toxicologique pour les animaux domestiques et sauvages et le bétail de rente que dans des cas exceptionnels. Cela est aussi valable pour l'arsenic et le chrome. Le nickel et le zinc sont sans importance à cause de leur faible toxicité et leur inaptitude à s'accumuler dans les tissus. Le cuivre et le fer sont des métaux essentiels. Les carences sont plus à craindre que les surpluses.

Les effets négatifs des métaux lourds s'expriment dans la détérioration de la santé des animaux et par la diminution de qualité des denrées alimentaires provenant de ces animaux. Si les concentrations tolérables sont dépassées, les performances animales diminuent, et les métaux lourds se retrouveront principalement dans le foie et les reins, la quantité dépendant des doses et de la durée d'exposition. La musculature, le cœur, le cerveau et les poumons, ainsi que le lait et les œufs sont beaucoup moins touchés.

### Ausgewählte Literatur

Hapke H.-J.: Schwermetalle in der Nahrungskette: Belastungsgrenzen für Mensch und Tier. Landw. Forsch. (im Druck) (1983). – Hapke H.-J.: Wirkungen von Metallen auf Tiere. in: Merian E. (Hrsgb.): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim und New York (1983). – Hill C.H.: Studies of a nickel zinc interaction in chickens. Fed. Proc. 36, 1079 (1977). – Konermann H., Crössmann G. und Hoppenbrock K.H.: Untersuchungen über den Einfluss Thallium-kontaminierter Futtermittel auf Leistung, Gesundheit und Rückstandsbildung bei Mastschweinen. Tierärztl. Umschau 37, 8 (1982). – Lantzsch J.-J.: Alimentär bedingte Zink-Toxizität. Übers. Tierernährung. 1, 57 (1973). – O'Dell G.D., Miller W.J., King W.A., Moore S.L. and Blackmon D.M.: Nickel toxicity in the young bovine. J. Nutr. 100, 1447 (1970). – Parada R.: Zinc deficiency in molybdenum poisoned cattle. Vet. Hum. Toxicol. 23, 16 (1981). – Rivière J.E., Boosinger T.R. and Everson R.J.: Inorganic arsenic toxicosis in cattle. A review of selected cases. Mod. Vet. Pract. 3, 209 (1981). – Selby L.A., Case A.A., Osweiler G.D. and Hayes H.M.: Epidemiology and toxicology of arsenic poisoning in domestic animals. Environm. Health Pers. 19, 183 (1977).