

# Schwermetalle und Tierarzneimittel in Wirtschaftsdüngern



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	9
<b>2</b>	<b>Rechtliche Regelungen</b> .....	10
2.1	Futtermittel .....	10
2.1.1	Spurenelemente/Schwermetalle .....	10
2.1.2	Pharmakologisch wirksame Futterzusatzstoffe .....	11
2.2	Tierarzneimittel .....	12
2.3	Wirtschaftsdünger .....	13
2.4	Boden .....	14
<b>3</b>	<b>Schwermetalle und Spurenelemente</b> .....	15
3.1	Spurenelemente in der Tierernährung - Versorgungsempfehlungen .....	15
3.2	Schwermetalleinträge .....	16
3.2.1	Geogene Bodengehalte .....	16
3.2.2	Atmosphärische Deposition .....	17
3.2.3	Futtermittel .....	18
3.2.4	Sonstige Quellen .....	22
3.3	Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern .....	23
3.4	Datenverfügbarkeit .....	24
3.5	Schwermetallflüsse und Stallbilanzen .....	25
3.5.1	Literaturdaten .....	25
3.5.2	Milchviehhaltung .....	25
3.5.3	Schweinehaltung .....	26
3.5.4	Bilanz .....	27
3.6	Maßnahmen zur Minderung des Schwermetalleintrags in Wirtschaftsdünger .....	29
3.6.1	Tierhaltung .....	29
3.6.2	Düngung .....	33
3.6.3	Rechenmodell .....	34
3.6.3.1	Verringerung der Cu- und Zn-Supplementierung .....	35
3.6.3.2	Verzicht auf Klauendesinfektionsmittel .....	37
3.6.4	Umsetzung von Minderungsmaßnahmen .....	38
<b>4</b>	<b>Tierarzneimittel</b> .....	39
4.1	Einsatzmengen von Antibiotika und anderen pharmakologisch wirksamen Substanzen .....	39
4.1.1	Einsatz auf europäischer Ebene .....	40
4.1.2	Einsatz auf Bundesebene .....	41
4.1.3	Einsatz auf regionaler Ebene .....	42
4.2	Stand der Forschung .....	47
4.2.1	Nationale und internationale Aktivitäten .....	47
4.2.2	Gehalte in Wirtschaftsdüngern .....	48
4.2.3	Gehalte in Böden .....	51

4.2.4	Gehalte im Grundwasser	52
4.2.5	Auswirkungen auf Bodenmikroorganismen	53
4.2.6	Ökotoxikologische Risikoabschätzung	55
4.3	Möglichkeiten zur Reduzierung pharmakologisch wirksamer Substanzen in Wirtschaftsdüngern	57
4.3.1	Maßnahmenvorschläge in der Tierernährung	57
4.3.1.1	Futterqualität und Rationsgestaltung	57
4.3.1.2	Futterzusatzstoffe	59
4.3.1.3	Alternativen zu antibiotisch wirksamen Leistungsförderern	60
4.3.2	Maßnahmenvorschläge im Bereich der Tierhaltung einschließlich Management	61
4.3.3	Maßnahmenvorschläge in der Tiermedizin	62
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>65</b>
5.1	Schwermetalle	65
5.2	Tierarzneimittel	66
<b>6</b>	<b>Handlungsbedarf</b>	<b>68</b>
6.1	Schwermetalle	68
6.2	Tierarzneimittel	69
6.2.1	Administration und Beratung	69
6.2.2	Forschung	69
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>71</b>

## 1 Einleitung

Die Verwertung von Wirtschaftsdüngern in der Landwirtschaft wird vor dem Hintergrund möglicher Schadstoffbelastungen kontrovers diskutiert; dies betrifft neben Schwermetallen auch Rückstände von Tierarzneimitteln. Sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene gibt es Bestrebungen, Regelungen zur Begrenzung von Schadstoffeinträgen in Böden einzuführen bzw. zu verschärfen.

Während bei Schwermetallen, denen auch die essenziellen Spurenelemente Kupfer und Zink zuzuordnen sind, die wesentlichen Eintragspfade und -mengen in den Stall von landwirtschaftlichen Tierhaltungsbetrieben bekannt sind, ist der derzeitige Kenntnisstand über die Anwendung von Antibiotika und anderer pharmakologisch wirksamer Substanzen in der Tierhaltung lückenhaft. In Wirtschaftsdüngern wurden bisher Veterinärpharmaka, insbesondere Antibiotika, in relevanten Konzentrationen nachgewiesen. Auch in Böden und Gewässern finden sich Wirkstoffe oder Abbauprodukte der verabreichten Präparate. Ein Einfluss auf die Bodenmikroflora kann derzeit nicht ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf einen vorbeugenden Boden- und Gewässerschutz ist eine Reduzierung der Einträge von Schwermetallen und pharmakologisch wirksamen Substanzen anzustreben.

Die vorliegende Schrift fasst den Stand des Wissens zum Themenbereich „Schwermetalle und Tierarzneimittel in Wirtschaftsdüngern“ zusammen. Hierzu erfolgt zunächst eine Dokumentation der rechtlichen Regelungen für Futtermittel, Arzneimittel, Wirtschaftsdünger und zum Schutz des Bodens auf EU- und bundesdeutscher Ebene.

Für den Themenbereich Schwermetalle und Spurenelemente werden Versorgungsempfehlungen für einzelne Tierarten dargestellt, Elementkonzentrationen für Futtermittel,

sonstige Betriebsmittel und Wirtschaftsdünger für den konventionellen und ökologischen Landbau aufgezeigt sowie Schwermetallflüsse und Stallbilanzen für die Milchvieh- und die Schweinehaltung dargestellt. Die derzeit diskutierten Möglichkeiten zur Reduzierung von Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern werden zunächst hinsichtlich Potenzial und Praxisreife evaluiert, im Weiteren die Ergebnisse von Modellberechnungen beschrieben, um die Wirkung von Optionen mit hohem Potenzial zu quantifizieren.

Für den Themenbereich Tierarzneimittel werden Einsatzmengen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene dokumentiert, Gehalte in Wirtschaftsdüngern, Böden und Grundwasser aufgezeigt sowie die Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen dargestellt und Hinweise auf eine ökotoxikologische Risikoabschätzung gegeben. Möglichkeiten zur Reduzierung pharmakologisch wirksamer Substanzen in Wirtschaftsdüngern sind für die Bereiche Tierernährung und Tiermedizin dargestellt.

Abschließend wird eine Einschätzung zum Handlungsbedarf für Verwaltung, Beratung und Forschung aufgezeigt, um die Einträge an Schwermetallen und Tierarzneimitteln in die Wirtschaftsdünger weiter zu senken.

## 2 Rechtliche Regelungen

### 2.1 Futtermittel

#### 2.1.1 Spurenelemente/Schwermetalle

Spurenelemente werden dem Futter zugesetzt, um eine bedarfsgerechte Versorgung des Tieres sicherzustellen. Vom Tier nicht verwertete Spurenelemente werden über die Exkremente ausgeschieden. Für die Spurenelemente Eisen, Jod, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Selen und Zink liegen EG-einheitliche Höchstgehalte für den Fall der Ergänzung in Form von Zusatzstoffen bei Mischfuttermitteln vor. Bei der Supplementierung von Spurenelementen bis zum zulässigen Höchstgehalt sind die nativen Gehalte der Futtermittel einzubeziehen. Die Tabelle 2.1 beinhaltet Höchstgehalte für Kupfer und

Zink, die im Juli 2003 von der EU-Kommission beschlossen wurden (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2003), und Werte, die vom Ständigen Futtermittelausschuss (deutsche Delegation) in die Diskussion um die Herabsetzung der Höchstgehalte von Spurenelemente in Brüssel eingebracht wurden (PETERSEN 2002).

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den ökologischen Landbau sind in der Verordnung EWG 2092/91 (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1991) und deren Nachfolgeverordnungen, die der ökologischen Tierhaltung mit der Verordnung (EG) 1804/1999 91 (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1999) geregelt. Auch in der ökologischen Tierhaltung können Spurenelemente zur Deckung des physiologischen Bedarfs der Tiere supplementiert werden; als Orientierung werden

Tab. 2.1: Höchstgehalte für Kupfer und Zink in Alleinfuttermitteln (88 % TM) nach EG-Verordnung 1334/2003 (Europäische Kommission 2003) und Vorschlag des Ständigen Futtermittelausschusses (deutsche Delegation, in: PETERSEN 2002)

Schwermetall/Tierart	EG-Verordnung (1334/2003)	Ständiger Futtermittelausschuss (2000)
	mg kg <sup>-1</sup>	
<b>KUPFER</b>		
Schweine	170 / 25 (< / > 12 Wo.)	30 / 20 (< / > 2 Mo.)
Rinder	35	30
Kälber <sup>1)</sup>		
Milchaustauscher	15	10
sonstige Alleinfuttermittel		15
Schafe	15	15 <sup>2)</sup>
andere Nutztiere	25	20
<b>ZINK</b>		
Schweine	150	100
Rinder	150 (Milchaustauscher 200)	100 (Kühe 120)
andere Nutztiere	150	120 (Pferde 80)

<sup>1)</sup> Kupferchelat und Kupferlysin nicht für Kälber zugelassen.

<sup>2)</sup> Bei mehr als 10 ppm Hinweis auf empfindliche Schafassen vorgesehen.

die Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) herangezogen (vgl. Tab. 3.1).

Auch für nicht essenzielle Elemente stellen Futtermittel einen bedeutenden Eintragspfad in Wirtschaftsdünger dar (ÖBORN et al. 2003, UBA 2004). Futtermittelrechtliche Ansätze zur Reduzierung anderer Schwermetalle bieten die Vorschriften über unerwünschte Stoffe, z.B. für Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen (FuttMV 2000), die für Alleinfuttermittel und auch für bestimmte Einzel- bzw. Ergänzungsfuttermittel Höchstgehalte festlegen (PETERSEN 2002). Zudem ermöglicht § 3 des Futtermittelgesetzes (FuttMG 2000) das Verbot für Schadstoffe in Futtermitteln, in dessen Rechtsbereich u.a. Konzentrationen für Chrom begrenzt werden können. Nickel dagegen ist derzeit futtermittelrechtlich nicht geregelt. Von der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft wurde eine Richtlinie zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere erstellt, in der maximale Immissionsdosen für Nickel im Futter festgelegt wurden (VDI 1991).

Mittlerweile wurde ein generelles Verschneidungsverbot in das EU-Futtermittelrecht aufgenommen. Futtermittel oder Futtermittelausgangsstoffe, die eine Überschreitung von Höchstgehalten für ein Element aufweisen, dürfen nicht zu Verdünnungszwecken mit gleichen oder anderen Futtermitteln gemischt werden (Verschneidungsregelung; ANONYM 2002). Die Höchstgehalte der Futtermittelverordnung gelten zukünftig neben Mischfuttermitteln für alle Futterausgangsstoffe und somit auch für wirtschaftseigene Futtermittel.

#### 2.1.2 Pharmakologisch wirksame Futterzusatzstoffe

In Bezug auf pharmakologisch wirksame Futterzusatzstoffe ist die EU-Gesetzgebung (Tab. 2.2) vollständig in deutsche Gesetzgebung überführt worden.

Voraussetzung für die Zulassung von Futterzusatzstoffen ist, dass

Tab. 2.2: EU-Richtlinien bzw. -verordnungen und ihr Regelungsbezug für Futterzusatzstoffe

Richtlinie/Verordnung	Inkrafttreten	Regelungsbezug
Richtlinie 70/524/EWG	23.11.1970	Zulassung, Kennzeichnung und Inverkehrbringung von Zusatzstoffen in der Tierernährung
Richtlinie 96/51/EG	23.07.1996	Fortschreibung der Zulassung: neue Regelungen für die Gruppe der Kokzidiostatika und anderer medizinischer Substanzen, der Antibiotika und Wachstumsförderer
Richtlinie 87/153/EWG	16.02.1987	Festlegung von Leitlinien zur Beurteilung von Zusatzstoffen in der Tierernährung : Dossier muss Daten zur Identität, Charakterisierung, zum Anwendungsbereich, zu den Kontrollmethoden, zur Wirksamkeit und Sicherheit enthalten
Richtlinie 2001/79/EG	06.10.2001	Ergänzungen wurden aufgenommen: u. a. Aspekt der zunehmenden Verbreitung antibiotikaresistenter Bakterien, Risikobewertung bezüglich des Verzehr von Lebensmitteln (Festlegung von Höchstmengen für Rückstände), der Anwendersicherheit und den Umweltauswirkungen beim Einsatz der Zusatzstoffe
Verordnung 1831/2003 EG	22.11.2003	Verordnung über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung, regelt die Beantragung zur Zulassung

- der Zusatzstoff die beanspruchte Wirkung aufweist,
- die Verwendung des Zusatzstoffes keine Beeinträchtigung der menschlichen oder tierischen Gesundheit oder der Belastung der Umwelt zur Folge hat und
- für den Verbraucher keine Nachteile durch Veränderung der tierischen Erzeugnisse entstehen.

Die Zulassung eines Zusatzstoffes wird für bestimmte Tierkategorien ausgesprochen. Eine antragstellende Firma reicht über einen Mitgliedstaat, den sie als Berichterstatter ausgewählt hat, einen Zulassungsantrag mit einem wissenschaftlichen Dossier bei der Europäischen Kommission ein. Das Dossier wird in den Sitzungen des Ständigen Ausschusses für Tierernährung von den Mitgliedstaaten und der Kommission evaluiert. Für spezielle Fragestellungen wurde bisher der Wissenschaftliche Futtermittelausschuss der EU (SCAN) konsultiert. Diese Aufgabe ist auf die neu gegründete Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) übergegangen.

In der Anlage 3 der deutschen Futtermittelverordnung (FuttMV 2000) sind die zugelassenen Futterzusatzstoffe insgesamt 15 verschiedenen Gruppen zugeteilt. Im November 2003 ist die Verordnung 1831/2003 EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung in Kraft getreten, die ab Oktober 2004 anzuwenden ist. Darin ist eine erneute Überprüfung aller bisher zugelassenen Zusatzstoffe vorgesehen sowie das Zulassungsverfahren für Zusatzstoffe neu geregelt (VO 1831/2003 EG). Die EFSA spielt somit eine zentrale Rolle bei der Zulassung neuer Zusatzstoffe, die immer befristet auf zehn Jahre per EG-Verordnung erteilt wird. Gruppenzulassungen, bisher z.B. für Aromastoffe und bestimmte Vitamine üblich, wird es nicht mehr geben. Außerdem fallen Silierrmittel und bestimmte

Aminosäuren und Harnstoff in den Anwendungsbereich der Verordnung und sind als Zusatzstoffe zulassungspflichtig. Die derzeit noch zugelassenen antibiotischen Stoffe zur Leistungsförderung – Monensin-Natrium, Salinomycin-Natrium, Flavophospholipol und Avilamycin – werden ab 01.01.2006 verboten, andere Antibiotika als Kokzidiostatika oder Histomonostatika werden als Futterzusatzstoffe nicht mehr zugelassen (Artikel 6 (4) und 11 (2) der VO (EG) Nr. 1831/2003).

## 2.2 Tierarzneimittel

Die Rechtsvorschriften der EG für Tierarzneimittel (Tab. 2.3) werden in erster Linie durch das Arzneimittelgesetz (AMG) in nationales Recht umgesetzt.

Zur Beurteilung der Qualität, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit eines Tierarzneimittels sind dem Zulassungsantrag die Ergebnisse von physikalisch-chemischen, biologischen oder mikrobiologischen, toxikologischen, pharmakologischen und klinischen Versuchen beizufügen. Aus den Versuchen müssen auch die potenziellen Risiken für die behandelten Tiere, den Menschen und die Umwelt hervorgehen.

In einer Umweltprüfung sind die potenziell schädlichen Wirkungen, die sich durch die Anwendung des Tierarzneimittels für die Umwelt ergeben können, zu beurteilen und gegebenenfalls erforderliche Vorsichtsmaßnahmen zur Herabsetzung solcher Risiken festzulegen (siehe Kap. 4.2.6).

Bei Arzneimitteln, die zur Verhütung oder Behandlung von Infektionskrankheiten oder Parasitenbefall bei Tieren Anwendung finden, werden auch Angaben für das Auftreten resistenter Organismen gefordert. Die entsprechenden Prüfanforderungen an Antibiotika für Lebensmittel liefernde Tiere sind in den Leitlinien EMEA/CVMP/244/01 (mit Wirkung vom 15.12.2004 durch

Tab. 2.3: Rechtsvorschriften und ihr Regelungsbezug für Tierarzneimittel

Richtlinie/Verordnung	EU/nationale Ebene	Regelungsbezug
Richtlinie 2001/82/EG (zur Schaffung eines Gemeinschaftskodex für Tierarzneimittel)	Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Tierarzneimittel; Tierarzneimittelprüfrichtlinien	Zulassung von Tierarzneimitteln; diese dürfen erst dann in Verkehr gebracht werden, wenn das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) eine Zulassung nach dieser VO oder nach AMG in Verbindung mit der Richtlinie erteilt hat
VO 2309/93/EWG (Gemeinschaftsverfahren für die Genehmigung und Überwachung von Human- und Tierarzneimitteln; Schaffung einer europäischen Agentur für die Beurteilung von Arzneimitteln) bzw. VO 726/2004 EG	EU-zentrales Zulassungsverfahren	
Arzneimittelgesetz (AMG)	nationales Gesetz hinsichtlich Zulassung und Verkehr mit Arzneimitteln	

CVMP/VICH/644/01 ersetzt) beschrieben. Sie basieren auf der Annahme, dass eine Übertragung von Resistenzen in der Darmflora der behandelten Tiere über die Nahrungskette auf den Menschen möglich ist.

Das Arzneimittelgesetz verpflichtet den Tierarzt explizit, die Behandlung am Stand der tierärztlichen Wissenschaft auszurichten und setzt damit auch wichtige Forderungen der von der Bundestierärztekammer (BTK) und der Arbeitsgemeinschaft der leitenden Veterinärbeamten (Arge VET) formulierten „Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antimikrobiell wirksamen Tierarzneimitteln“ um (Bundestierärztekammer BTK 1999).

Durch das Gesetz zur Neuorganisation des gesundheitlichen Verbraucherschutzes und der Lebensmittelsicherheit vom 06.08.2002 ist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) die zuständige Bundesbehörde für die Zulassung von Tierarzneimitteln.

Die Zulassung kann mit Auflagen verbunden werden (auch nachträglich). Dabei sind auch Auflagen zum Schutz der Umwelt genannt, die vom BVL im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt festgelegt werden. Das Auftreten von Antibiotikaresistenzen

kann z.B. über ein Stufenplanverfahren zu Änderungen des Zulassungsstatus führen.

Bisher wird eine Umweltbewertung nur bei der Zulassung neuer Wirkstoffe oder bei Ausweitung der Zulassung (z.B. EU-weit) durchgeführt. Weiterhin ist es sinnvoll, auch Altmedikamente einer Überprüfung ihrer Umweltauswirkungen zu unterziehen.

Neben dem Arzneimittelgesetz gibt es weitere Regelungen zur Anwendung von Tierarzneimitteln, wie z.B. die Verordnung über Stoffe mit pharmakologischer Wirkung (Richtlinie 96/22/EWG, zuletzt geändert 1998), die Einschränkungen und Verbote für bestimmte Stoffe (z.B. Stoffe mit hormonaler Wirkung) enthält.

## 2.3 Wirtschaftsdünger

Zur Begrenzung von Schadstoffeinträgen in Böden im Falle der Aufbringung von Wirtschaftsdüngern liegen keine gesetzlichen Regelungen vor. Dies gilt sowohl für Schwermetalle als auch für organische Schadstoffe. Es sind lediglich die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999; siehe

Kap. 2.4) für die beaufschlagten Böden zu berücksichtigen.

Die Konferenz der Agrar- und Umweltminister (AMK/UMK) hat allerdings im Juni 2001 gefordert, dass aus Vorsorgegründen sicherzustellen ist, dass es durch die Aufbringung von Klärschlamm, Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern, mineralischem Dünger und Kompost zu keiner Anreicherung von Schadstoffen im Boden kommt. Daraufhin wurden vier Konzepte zur Ableitung von Schwermetallgrenzwerten für organische Düngemittel erstellt (BMU und BMVEL 2002, VDLUFA/ATV-DVWK 2003, MUNLV NRW 2003, LANU SH 2003). Organische Schadstoffe werden in diesen Konzepten bisher nicht berücksichtigt. Eine gesetzliche Regelung ist aus diesen Konzepten bisher nicht entstanden.

In der Düngeverordnung (DüngeV 1996) wird die im Düngemittelgesetz (DüngMG 1977) festgeschriebene „Gute fachliche Praxis der Düngemittelanwendung“ weiter differenziert. Sie bezieht sich auch auf die Wirtschaftsdüngeranwendung. Die Düngemittelverordnung (DüMV 2003) regelt weiterhin das gewerbsmäßige Inverkehrbringen von Düngemitteln. Für Wirtschaftsdünger gilt sie daher nur für den Fall, dass diese an Dritte abgegeben werden (z.B. bei Ausbringung auf betriebsfremden Flächen oder Verwertung von Wirtschaftsdünger aus Güllegemeinschaftsanlagen). In der Mehrzahl der Fälle wird Wirtschaftsdünger auf betriebseigenen Flächen ausgebracht. Die Düngemittelverordnung sieht vor, dass nur seuchen- und phytohygienisch unbedenkliche Düngemittel in den Verkehr gebracht werden dürfen.

Das Abfallrecht (z.B. Bioabfallverordnung, BioAbfV 1998) gilt für tierische Ausscheidungen nur, wenn deren Abfalleigenschaft im Sinne des § 3 KrW-/AbfG (1994) gegeben ist. Zur Düngung zweckbestimmte und sachgerecht verwertete Wirtschaftsdünger unterliegen daher in der Regel nicht dem

Abfallrecht (Ausnahme: Kofermente aus Gülle und pflanzlichen Abfallstoffen) und damit auch nicht der Bioabfallverordnung. Die BioAbfV gilt für die Aufbringung auf land- und forstwirtschaftlichen sowie gärtnerischen Flächen, nennt Schwermetallgrenzwerte und enthält genaue Vorgaben zur hygienischen Unbedenklichkeit landbaulich verwerteter Abfälle. Diese Verordnung beinhaltet keine speziellen Vorschriften zu Arzneimittelrückständen.

## 2.4 Boden

Die Begrenzung des Eintrags von Schwermetallen wie auch organischen Schadstoffen (Dioxine, AOX etc.) in landwirtschaftlich genutzte Böden ist über die Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992) und die Bioabfallverordnung (1998) geregelt.

Zweck des Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Die Vorsorgepflichten, die sich aus § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes ergeben, sind bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung durch die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis“ (BML 1999) gewährleistet.

Die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlasten-Verordnung (BBodSchV 1999) sollen langfristig die vielfältige Nutzbarkeit der Böden gewährleisten. Vorsorgewerte wurden für Schwermetalle und einige organische Schadstoffe festgelegt. Eine Begrenzung der Zufuhr erfolgt erst nach Erreichen der Vorsorgewerte.

Die Regelungen des Bodenschutzrechts zur Vorsorge vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Gefahrenabwehr gelten bei landwirtschaftlicher Bodennutzung nur, wenn durch die Missachtung der „guten fachlichen Praxis“ bereits ein Schaden aufgetreten ist (HENDLER 2000).

## 3 Schwermetalle und Spurenelemente

### 3.1 Spurenelemente in der Tierernährung – Versorgungsempfehlungen

Empfehlungen zur Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere sind Tabelle 3.1 zu entnehmen. Die vom Ständigen Futtermittelausschuss als Höchstgehalt vorgeschlagenen Werte sowie die mit der EG-Verordnung (2003) verabschiedeten Werte (vgl. Tab. 2.1) liegen in der Regel oberhalb dieser Versorgungsempfehlungen, so dass ausreichend Raum für die Gestaltung der Gesamtration gegeben ist (SCHENKEL und FLACHOWSKY 2002).

Die Empfehlungen beinhalten sowohl bekannte also auch noch nicht erforschte Wechselwirkungen/Antagonismen (z.B.  $Fe \leftrightarrow Zn$ ). Bei marginaler Spurenelementzufuhr können primär unspezifische und bei ausgeprägter Unterzufuhr spezifische Mangelsymptome auftreten (FLACHOWSKY 2002). Andererseits werden in einigen Fällen Spurenelemente auch über die üblichen Versorgungsempfehlungen hinaus supplementiert, um ergotrope Effekte zu nutzen (SCHENKEL 2002a). Insbesondere in der Ferkelfütterung werden Dosierungen von Kupfer über die Versorgungsempfehlungen hinaus zur Leistungsförderung eingesetzt (WINDISCH und

ROTH 2000, 2002). Die leistungsfördernde Wirkung beginnt bei Dosierungen nahe dem zulässigen Höchstgehalt gemäß Futtermittelrecht (Tab. 2.1). Demgegenüber werden für Zink ergotrope Wirkungen in der Regel erst in einem wesentlich höheren Dosierungsbereich (z.B. Zinkoxid: 1000 bis 3000 mg kg<sup>-1</sup>, kurzzeitiger Einsatz bis zu drei Wochen) erzielt. Diese Mengen liegen allerdings deutlich oberhalb des futtermittelrechtlich geregelten Höchstgehaltes und kommen nur dann zum Tragen, wenn entsprechende Fütterungsarzneimittel zur Behandlung von Durchfallerkrankungen oder im Rahmen der Einstallungsprophylaxe zum Einsatz kommen (SCHENKEL und BREUER 2002). Die Nutzung ergotroper Effekte ist im ökologischen Landbau durch die EU-Öko-Verordnung (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1991), die eine Supplementierung lediglich zur Bedarfsdeckung erlaubt, ausgeschlossen.

### Anorganische und organische Spurenelementverbindungen

Die zur Supplementierung eingesetzten Spurenelementverbindungen müssen grundsätzlich futtermittelrechtlich zugelassen sein. Zu unterscheiden ist zwischen organischen und anorganischen Spurenelementverbindungen.

Tab. 3.1: Empfehlungen zur Spurenelementversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere (nach Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) und National Research Council (NRC), dargestellt für Cu und Zn; in: FLACHOWSKY (2002))

Spurenelement	Wiederkäuer	Schwein mg kg <sup>-1</sup> TM	Geflügel
Cu	4–16 <sup>1)</sup>	4–10 <sup>2)</sup>	6–8
Zn	20–65	40–100	30–70

<sup>1)</sup> Die unterschiedlichen Bandbreiten ergeben sich daraus, dass einerseits verschiedene Tierkategorien (beim Schwein z.B. Ferkel, Mastschweine, Zuchtsauen, Eber) zusammengefasst sind und andererseits unterschiedliche Verfahren zur Herleitung der Versorgungsempfehlung zugrunde gelegt werden.

<sup>2)</sup> Ergotroper Effekt: 150–250 mg Cu kg<sup>-1</sup> TM