



Das Lebensministerium



## Schwermetalle in Düngemitteln

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 3/2008

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Bestimmung und Bewertung von Schwermetallen in Düngemitteln,  
Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten**

Dr. Barbara Dittrich, Dr. Ralf Klose

## Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellung und Projektübersicht.....	1
2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	2
3	Untersuchungsmaterial.....	6
4	Untersuchungsmethodik zur Bestimmung der Schwermetallgehalte.....	8
4.1	Probenahme.....	8
4.2	Probenvorbereitung.....	8
4.3	Analytik.....	8
5	Ergebnisse und Bewertung der Untersuchungen.....	9
5.1	Mineralische Einnährstoffdünger.....	9
5.1.1	Stickstoffdünger.....	9
5.1.2	Phosphatdünger.....	11
5.1.3	Kalidünger.....	15
5.1.4	Magnesiumdünger.....	16
5.1.5	Kalkdünger.....	17
5.2	Mineralische Mehrnährstoffdünger.....	20
5.2.1	NP-Dünger.....	20
5.2.2	PK-Dünger.....	21
5.2.3	NPK-Dünger.....	22
5.3	Organische und organisch-mineralische Düngemittel.....	24
5.3.1	Organische N-Dünger.....	24
5.3.2	Organische NP-Dünger.....	24
5.3.3	Organisch-mineralische NPK-Dünger.....	25
5.3.4	Organische Düngemittel (Sekundärrohstoffdünger).....	27
5.3.4.1	Organische NP-Dünger (Klärschlamm).....	27
5.3.4.2	Organische NPK-Dünger (Klärschlammkomposte).....	28
5.3.4.3	Organische NPK-Dünger (Bioabfallkomposte).....	29
5.3.4.4	Organische NPK-Dünger flüssig (Bioabfall/Gärrückstände).....	31
5.4	Bodenhilfsstoffe.....	33
5.5	Kultursubstrate.....	35
6	Zusammenfassung.....	36
7	Literaturverzeichnis.....	39

## 1 Zielstellung und Projektübersicht

Mineralische und organische Düngemittel sind wichtige Produktionsfaktoren in der Landwirtschaft. Neben Nährstoffen und organischer Substanz können bei der Düngung auch Schwermetalle und organische Schadstoffe in den Boden eingetragen werden. Aus Vorsorgegründen müssen bedenkliche Schadstoffeinträge so begrenzt werden, dass es zu keiner Anreicherung von Schadstoffen kommt.

Die novellierte Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln – Düngemittelverordnung (DüMV) vom 26. November 2003 ist am 5. Dezember 2003 in Kraft getreten. Der Geltungsbereich der Verordnung, der für wesentliche Regelungen bislang auf Düngemittel begrenzt war, wurde nun auch auf Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel ausgedehnt.

Gleichzeitig wurden mit der Novellierung der Düngemittelverordnung die Anforderungen an die Unbedenklichkeit der Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmitteln erhöht. In diesem Zusammenhang wurden erstmals für bestimmte Schadstoffe Schwellenwerte zur Kennzeichnung bzw. Grenzwerte für das Inverkehrbringen dieser Stoffe festgeschrieben. Diese Regelung tritt nach einer Übergangsfrist im August 2008 in Kraft. In dieser sehr langen Übergangszeit haben die Hersteller Gelegenheit, sich an die geänderten düngemittelrechtlichen Vorgaben anzupassen.

Zukünftig wird die Einhaltung dieser Vorschriften einen Arbeitsschwerpunkt im Rahmen der amtlichen Düngemittelverkehrskontrolle bilden. Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ist in Sachsen die zuständige Behörde für die amtliche Düngemittelverkehrskontrolle. Im Rahmen dieser Kontrollaufgabe erfolgt die Überwachung des Vollzuges des Düngemittelgesetzes und der Düngemittelverordnung mit dem Ziel

- den Landwirt vor Übervorteilung (z. B. durch falsche Kennzeichnung)
- die Umwelt vor Belastungen (z. B. durch den Eintrag von Schadstoffen in Grund- oder Oberflächengewässer) und
- den Verbraucher vor Schadstoffen über die Nahrungskette

zu schützen.

Hierzu sind Vor-Ort-Kontrollen bei Düngemittelherstellern und -händlern erforderlich, die Buchprüfungen, amtliche Probenahmen und Kennzeichnungskontrollen einschließen. Neben der Analyse der Nähr- und Spurennährstoffe werden zukünftig Kontrollanalysen auf Schwermetallgehalte in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten durchgeführt.

Neben den eigentlichen Nährstoffen enthalten Düngemittel je nach Ausgangsstoff und Herstellungsverfahren unterschiedlich große Mengen an Schadstoffen, besonders Schwermetalle. Hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen liegen verschiedene Einzeluntersuchungen vor. Das Bun-

desumweltamt hatte 1992 mit seiner Studie „Schwermetalle und andere Schadstoffe in Düngemitteln“ (BOYSEN 1992) erstmals eine Übersicht der verschiedenen Düngemittel bereitgestellt. Bis zu Beginn des Projektes lagen nur wenige neue Studien vor. Der im Juli 2007 vom Umweltbundesamt veröffentlichte Bericht „Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung“ (KORDEL et al. 2007) enthält aktuelle Datensätze zu organischen und anorganischen Schadstoffen in Düngemitteln.

Weil in Sachsen die vorhandene Datenbasis zu Schwermetallgehalten in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten im Jahr 2005 zu gering war, wurde ein Projekt mit dem Vorhabentitel „Bestimmung und Bewertung der Schwermetallgehalte von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten“ durchgeführt, um rechtzeitig Ableitungen für einen sachgerechten und effizienten Hoheitsvollzug in Sachsen treffen zu können.

Das Forschungsprojekt beinhaltet folgende Ziele:

- Bestimmung von anorganischen Schadstoffen in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten
- Bewertung der Analysenergebnisse auf der Grundlage geltender Rechtsverordnungen
- Ableitung von Kontrollschwerpunkten für die Düngemittelverkehrskontrolle auf gesicherter Datenbasis.

Im vorliegenden Heft werden die Ergebnisse dieses Projektes dargestellt.

## **2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Grundsätzlich dürfen Düngemittel gewerbsmäßig in den Verkehr gebracht werden, wenn sie den Vorgaben des Düngemittelgesetzes und der Düngemittelverordnung entsprechen.

Die Düngemittelverordnung regelt die im Düngemittelgesetz festgelegten Vorgaben für die Anwendung, Zulassung, Kennzeichnung und Verpackung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. In der Düngemittelverordnung vom 26. November 2003 wurden erstmals konkrete Kennzeichnungs- und Grenzwerte für bestimmte Elemente beim Inverkehrbringen dieser Stoffe vorgegeben. Die Grenzwerte gelten für Ausgangsstoffe und für das Endprodukt. Diese Grenzwerte gelten nicht für Wirtschaftsdünger, Bioabfälle und Klärschlämme. Für Bioabfall und Gemische daraus gelten weiterhin die Vorgaben der Bioabfallverordnung (BioAbfV) und für Klärschlamm und Gemische die Vorgaben der Klärschlammverordnung (AbfKlärV).

Die Kennzeichnungs- und Grenzwerte in Anlage 2, Tabelle 1 der Düngemittelverordnung gelten nur für nationale Düngemittel und nicht für EG-Düngemittel. Die Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel findet Anwendung auf Düngemittel, die mit der Bezeichnung EG-Düngemittel in den Verkehr gebracht werden und damit im gesamten europäischen Wirtschaftsraum verkehrsfähig sind. Der Anwendungsbereich der Verordnung ist auf mineralische Düngemittel begrenzt, auch Kalke und einige Spezialdünger

(z. B. Dünger mit Langzeitwirkung) bleiben in der EG-Verordnung unberücksichtigt. Diese Düngemittel fallen in den Anwendungsbereich der nationalen Düngemittelverordnung.

In der Tabelle 1 sind die Kennzeichnungs- und Grenzwerte für bestimmte Elemente für Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel gemäß Düngemittelverordnung (Anlage 2, Tabelle 1) vom 26. November 2003 aufgeführt.

**Tabelle 1: Kennzeichnungs- und Grenzwerte für bestimmte Elemente in Düngemitteln<sup>1)</sup>, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln**

	<b>Kennzeichnung ab mg/kg TM</b>	<b>Grenzwert<sup>2)</sup> mg/kg TM</b>
<b>Arsen (As)</b>	20	40
<b>Blei (Pb)</b>	125	150
<b>Cadmium (Cd)</b> <b>Cadmium (Cd) für Düngemittel ab 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> für deren Ausgangsstoff für das Produkt</b>	1,0 20 mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,5 70 mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 50 mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>Chrom (ges.)</b>	300	
<b>Chrom (VI)<sup>3)</sup></b>	1,5	2
<b>Nickel (Ni)</b>	40	80
<b>Quecksilber (Hg)</b>	0,50	1,0
<b>Thallium (Tl)</b>	0,50	1,0
<b>Kupfer (Cu)<sup>4)</sup></b>		70
<b>Zink (Zn)<sup>4)</sup></b>		1000

- 1) Wirtschaftsdünger, Klärschlämme und Bioabfälle sind ausgenommen.
- 2) Feuerraumaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Rohholz sind von den Grenzwerten nach Spalte 3 ausgenommen, wenn durch deutliche Kennzeichnung auf ihre ausschließliche Rückführung auf forstwirtschaftliche Standorte hingewiesen wird.
- 3) Gilt nur für Düngemittel, die aus Verbrennungsprozessen stammen.
- 4) Ausgenommen sind Düngemittel mit Spurennährstoffen.

Auf Grund der erheblichen Änderungen im Düngemittelrecht sieht der Gesetzgeber für die Düngemitteltypen Kohlensaurer Kalk, Branntkalk und Mischkalk längere Übergangsfristen vor. Die Grenzwerte der Anlage 2 Tabelle 1 DüMV gelten für diese Düngemittel bis zum 4. Dezember 2008 nicht. Die Übergangsfrist ermöglicht den Herstellern, die Einhaltung der Grenzwerte ihrer Produkte abzusichern bzw. zu prüfen.

Für die nach EG-Recht zugelassenen Mineraldünger existieren derzeit keine Grenzwerte für Schwermetallgehalte. In der Europäischen Gemeinschaft wird aber schon seit längerem über einen Cadmium-Grenzwert nachgedacht, der höher angesiedelt wäre als der in Deutschland geltende.

Zur weiteren Klärung des Sachverhaltes einschließlich Datensammlung zur derzeitigen Situation in den EU-Mitgliedsstaaten wurden von der Kommission zwei Studien zur Abschätzung des Gesundheitsrisikos und der Umweltwirkungen von Cadmium in Düngemitteln, insbesondere P-Düngemitteln, in Auftrag gegeben (Umweltdaten Deutschland Online 2006). Neun Mitgliedstaaten haben eigene Studien durchführen lassen.

Der Wissenschaftliche Ausschuss „Toxizität, Ökotoxizität und Umwelt“ [Scientific Committee for Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (SCTEE)] kam anhand der vorliegenden Studien zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Bei geringen Cadmium-Konzentrationen in Düngemitteln (1 ... 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ist tendenziell nur eine relativ langsame Anreicherung im Boden zu erwarten oder günstigstenfalls sogar über einen Zeitraum von 100 Jahren gesehen eine Verringerung durch Überwiegen der Austräge gegenüber den Einträgen.
- Bei hohen Cadmium-Konzentrationen in Düngemitteln (> = 60 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ist dagegen mit einer relativ hohen Anreicherung in Ackerböden über einen Zeitraum von 100 Jahren zu rechnen.

Aus den einzelnen Risikoeinschätzungen der Mitgliedsländer wurde folgende Empfehlung des SCTEE gegeben:

- Dünger mit Cadmium-Konzentrationen < = 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> führen zu keiner Langzeitakkumulation von Cadmium im Boden, wenn keine wesentlichen Einträge auf anderem Wege dazu kommen.
- Dünger mit Cadmium-Konzentrationen > = 60 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> führen mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Langzeitakkumulation von Cadmium im Boden.

Für organische und organisch-mineralische Düngemittel, die aus Bioabfällen und/oder Klärschlämmen bestehen, gelten die Schwermetallgrenzwerte der Bioabfallverordnung (BioAbfV) oder der Klärschlammverordnung (AbfKlärV). Beim Inverkehrbringen von Bioabfällen und Klärschlamm sind zusätzlich die Vorgaben der DüMV (zugelassener Düngemitteltyp und Kennzeichnung) zu beachten.

Die BioAbfV regelt die Aufbringung von Bioabfällen – auch in Mischungen mit Wirtschaftsdüngern auf landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen und gärtnerisch genutzten Böden. Anhang 1 der BioAbfV umfasst eine Auflistung aller für die Verwertung auf Flächen grundsätzlich geeigneter Bioabfälle sowie mineralischer Zuschlagstoffe.

In der Bioabfallverordnung sind sowohl Grenzwerte für Schadstoffe in den Bioabfällen als auch für Böden (Tabelle 2) festgelegt. Zugleich werden maximale Aufbringungsmengen vorgegeben. Diese sind in Abhängigkeit vom Schadstoffgehalt in den Bioabfällen auf 20 bzw. 30 t Trockensubstanz (TS) pro Hektar in drei Jahren begrenzt.

**Tabelle 2: Maximal zulässige Schwermetallgehalte in Bioabfällen bei landwirtschaftlicher Verwertung und Aufbringungsmengen (t TS in 3 Jahren)**

Schwermetall	Dimension	20 t TS/ha	30 t TS/ha
Blei (Pb)	mg/kg TM	150	100
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	1,5	1
Chrom (Cr)	mg/kg TM	100	70
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	100	70
Nickel (Ni)	mg/kg TM	50	35
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	1	0,7
Zink (Zn)	mg/kg TM	400	300

Die Klärschlammverordnung regelt die Anwendung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden. In der Landwirtschaft darf kein Klärschlamm verwendet werden, wenn im Klärschlamm einer der in Tabelle 2 aufgeführten Grenzwerte überschritten wird.

**Tabelle 3: Maximal zulässige Gehalte im Klärschlamm bei landwirtschaftlicher Verwertung**

Parameter	Dimension	Klärschlamm
Blei (Pb)	mg/kg TM	900
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	10 (5)*
Chrom (Cr)	mg/kg TM	900
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	800
Nickel (Ni)	mg/kg TM	200
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	8
Zink (Zn)	mg/kg TM	2500 (2000)*

( )\* Bei Böden mit Tongehalt unter 5 % oder pH-Wert von mehr als 5 und weniger als 6

Maßstab für mögliche Anreicherungen im Boden sind aber nicht die Gehalte in den einzelnen Düngemitteln, sondern Schwermetallsalden, ermittelt aus Zufuhr (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, atmosphärische Einträge u. a.) und Abfuhr (Pflanzenentzug, Auswaschung u. a.). Unter Zugrundelegung der Höchstmengen der BioAbfV und der AbfKlärV lassen sich Schwermetallhöchstfrachten (Tabelle 4) für Bioabfälle und Klärschlämme berechnen.



**Tabelle 4: Zulässige jährliche Schwermetallfrachten nach verschiedenen Rechtsvorschriften**

Schwermetall	Zulässige Frachten nach <sup>(1)</sup>		Zulässige Zusatzbelastung gem.
	BioAbfV g/ ha a	AbfKlärV g/ ha a	BBodSchV <sup>(2)</sup> g/ ha a
Blei (Pb)	1000	1500	400
Cadmium (Cd)	10	8,3	6
Chrom (Cr)	667	1500	300
Kupfer (Cu)	667	1333	360
Nickel (Ni)	333	333	100
Quecksilber (Hg)	6,6	13	1,5
Zink (Zn)	2667	3333	1200

(1) Es sind jeweils die sich aus den Vorschriften von AbfKlärV bzw. BioAbfV ergebenden niedrigsten Frachten angegeben.

(2) Gilt nur für Böden, deren Schwermetallgehalte die Vorsorgewerte der BBodSchV überschreiten. Gemäß § 17 Abs. 3 BBodSchG gilt die zulässige Zusatzbelastung nicht für landwirtschaftlich genutzte Böden.

Bei Bioabfällen und Klärschlämmen bestehen, mit Ausnahme von Cadmium und Nickel, erhebliche Unterschiede zwischen den Schwermetallfrachten. Diese Unterschiede schlagen sich entsprechend im Schwermetallsaldo nieder. Im Interesse der Umweltvorsorge ist es erforderlich, die schon 15 Jahre alten Anforderungen der AbfKlärV an das geltende Bodenschutzrecht anzupassen.

### 3 Untersuchungsmaterial

Für die Analyse und Bewertung der Schwermetallgehalte in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten wurden Proben aus der amtlichen Düngemittelverkehrskontrolle der Jahre 2005/2006 in Sachsen herangezogen. Alle kontrollierten Proben waren eindeutig einem Hersteller bzw. Inverkehrbringer zuordenbar. Die Vielfalt an untersuchten Proben präsentiert einen Großteil der angebotenen Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate im Freistaat Sachsen.

Im Rahmen des Projektes wurden die Gehalte an Cadmium, Blei, Arsen, Chrom, Nickel, Quecksilber, Thallium, Kupfer und Zink in folgenden Proben ermittelt:

#### Mineralische Einnährstoffdünger (Abschnitt 1 DüMV)

untersuchte Düngemittel	<b>365</b>
davon	
- N-Dünger	130
- P-Dünger	37
- K-Dünger	35
- Magnesiumdünger	5
- Kalkdünger	158

#### Mineralische Mehrnährstoffdünger (Abschnitt 2 DüMV)

untersuchte Düngemittel	<b>156</b>
davon	
- NP-Dünger	69
- PK-Dünger	26
- NPK-Dünger	61

#### Organische und organisch-mineralische Düngemittel (Abschnitt 3 DüMV)

untersuchte Düngemittel	<b>197</b>
davon	
- Organische N-Dünger	6
- Organische NP-Dünger	10
- Organisch-mineralische Düngemittel	46
- Organische NP/NPK-Dünger (Sekundärrohstoffdünger-Klärschlamm)	30
- Organische NPK-Dünger (Sekundärrohstoffdünger-Bioabfall)	88
- Organische NPK-Dünger flüssig (Sekundärrohstoffdünger-Gärrückstände)	17

#### Bodenhilfsstoffe

untersuchte Proben	<b>32</b>
davon	
- Kompost	10
- Rindenhumus	5
- Rindenmulch	12
- Kompostbeschleuniger	5

#### Kultursubstrate

untersuchte Proben	<b>39</b>
--------------------	-----------

Es ergibt sich eine Gesamtzahl von 789 Proben für die Schwermetallanalyse.

Um einen Überblick über die Gehalte an Uran (U) in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten zu erhalten, wurden in ausgewählten Proben zusätzlich die Urangelhalte ermittelt. Hintergrund dieser Untersuchungen waren Veröffentlichungen (Pressemitteilung FAL Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft 07/2005 - 15.02.2005; Die ZEIT Nr. 23 vom 2. Juni 2005; @grar.de Aktuell - 01.06.05) über erhöhte Urangelhalte in P-Düngemitteln.

Die Extraktion von Uran aus für die Düngemittelherstellung bestimmtem Phosphat wurde vor dem Hintergrund niedriger Weltmarktpreise für Uran vor mehreren Jahren eingestellt. Aktuellen Berichten ist zu entnehmen, dass sich die Uran-Weltpreise inzwischen wieder erholt haben. Es bleibt abzuwarten, ob vor diesem Hintergrund die Uranextraktion aus Rohphosphat wieder aufgenommen wird.

Uran ist ein chemisch und radiologisch toxisches Schwermetall, das natürlicher Bestandteil von Böden ist, aber auch zusätzlich bei der Zufuhr von Nährstoffen auf landwirtschaftlich genutzte Flächen gelangen kann. Einigkeit besteht unter Wissenschaftlern derzeit nur darüber, dass der Transfer aus ansonsten unbelasteten Böden über Pflanzen in die Nahrungskette nach gegenwärtigem Wissen bei Uran mengenmäßig eine untergeordnete Rolle spielt. Über Erosion könnte es aber zu einem Uran-Eintrag in Gewässer kommen.

Bislang gibt es keine Schwellenwerte oder Grenzwerte für Uran in Düngemitteln. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hält die Festlegung von Höchst- oder Kennzeichnungsgrenzwerten für Uran in Phosphatdüngemitteln derzeit nicht für erforderlich.

## **4 Untersuchungsmethodik zur Bestimmung der Schwermetallgehalte**

### **4.1 Probenahme**

Die Entnahme von Proben aus Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten erfolgte durch den Außendienst der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Anwendung der

- Verordnung über Probenahmeverfahren und Analysenmethoden für die amtliche Düngemittelüberwachung (Düngemittel-Probenahme- und Analysenverordnung) vom 27. Juli 2006 (BGBl. I S. 1822)
- Verordnung (EG)Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel (Abl. L 304, Seite 1) und der
- Hinweise zur Entnahme von Proben aus Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Methodenbuch II.2 1. Erg. 2007 VDLUFA-Verlag)

### **4.2 Probenvorbereitung**

Die Probenvorbereitungen für die Schwermetallanalysen erfolgten bei den mineralischen Düngemitteln nach dem VDLUFA-Methodenbuch, Band II, 1995 und bei den Sekundärrohstoffdüngern (Klärschlamm, Biokompost, Gärrückstände) nach dem VDLUFA-Methodenbuch, Band II.2, 2000. Es wurden prinzipiell Mahlwerkzeuge eingesetzt, die keine der bestimmenden Elemente enthielten.

### **4.3 Analytik**

Die Bestimmung der Gesamtgehalte an Schwermetallen erfolgte nach dem Aufschluss mit Königswasser (VDLUFA-Methodenbuch, Band VII, 2003).

Tabelle 5 zeigt die zur Analyse der verschiedenen Elemente eingesetzten Analysenverfahren.

**Tabelle 5: Angewandte Analyseverfahren**

<b>Element</b>	<b>Analyseverfahren</b>
Arsen (As)	ICP-MS nach DIN 38406 E29
Blei (Pb)	ICP-OES nach DIN EN ISO 11885
Cadmium (Cd)	ICP-MS nach DIN 38406 E29
Chrom (Cr)	ICP-OES nach DIN EN ISO 11885
Kupfer (Cu)	ICP-OES nach DIN EN ISO 11885
Nickel (Ni)	ICP-OES nach DIN EN ISO 11885
Quecksilber (Hg)	Kaltdampf-AAS nach DIN EN 1483
Zink (Zn)	ICP-OES nach DIN EN ISO 11885
Thallium (Tl)	ICP-MS nach DIN 38406 E29
Uran (U)	ICP-MS nach DIN 38406 E29

Für die Bestimmung der Schwermetallgehalte wurden folgende Analysengeräte eingesetzt:

- ICP-OES Optima 5300DV der Firma Perkin Elmer
- ICP-MS ELAN 6000 der Firma Perkin Elmer.
- Hg-Analysator FIMS der Firma Perkin Elmer.

Die Phosphatgehalte in den mineralischen Düngemittelproben wurden nach dem VDLUFA-Methodenbuch, Band II, 1995 und bei Sekundärrohstoffdüngern nach dem VDLUFA-Methodenbuch, Band II.2 bestimmt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen entsprechen jeweils Doppelbestimmungen, aus denen der Mittelwert gebildet wurde. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/kg Trockenmasse. Im Falle der Düngemittel mit Phosphatgehalten ab 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wird der Cadmiumgehalt im mg Cd /kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Trockenmasse angegeben.

## **5 Ergebnisse und Bewertung der Untersuchungen**

### **5.1 Mineralische Einnährstoffdünger**

#### **5.1.1 Stickstoffdünger**

Wie das Statistische Bundesamt mitteilt, wurden im Wirtschaftsjahr 2006/2007 (Juli 2006 bis Juni 2007) aus inländischer Produktion oder Einfuhr 1,60 Millionen Tonnen Stickstoffdünger (N) an landwirtschaftliche Absatzorganisationen oder Endverbraucher in Deutschland abgesetzt. Mit 41 Prozent ist Kalkammonsalpeter nach wie vor die absatzstärkste Düngersorte, gefolgt von Harnstoffdünger mit knapp 19 Prozent und Ammonium-Harnstofflösung mit 14 Prozent.

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt 130 Stickstoffdünger auf den Schwermetallgehalt untersucht. In der Tabelle 7 sind die Mittelwerte (MW), die Minimalwerte (Min) und die Maximalwer-

te (Max) der Schwermetalluntersuchungen der am meisten in Sachsen gehandelten Stickstoffdünger dargestellt.

**Tabelle 6: Schwermetallgehalte in Stickstoffdüngern**

N-Dünger		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		mg/kg TM									
Kalkammonsalpeter n = 53	MW	0,35	21,2	0,05	0,88	0,03	0,01	0,02	1,47	40,9	0,36
	Min	0,01	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Max	1,05	38,8	0,21	2,17	0,59	0,02	0,04	11,4	60,9	1,23
Harnstoff n = 23	MW	0,09	0,35	0,01	0,61	0,27	0,01	0,02	0,83	3,67	0,01
	Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Max	0,36	0,91	0,05	1,42	0,67	0,02	0,06	2,19	8,09	0,01
Ammonsulfatsalpeter n = 15	MW	0,3	0,07	0,01	0,99	0,39	0,01	0,11	2,49	4,68	0,02
	Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,3	0,01	0,01
	Max	1,26	0,41	0,01	5,31	1,36	0,01	0,23	11,2	14,1	0,04
Schwefelsaures Ammoniak n = 15	MW	0,15	0,06	0,01	0,82	0,27	0,01	0,02	0,82	0,41	0,03
	Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Max	0,43	0,49	0,01	6,55	1,47	0,04	0,10	6,55	3,51	0,1
Nitrathaltiger Kalkstickstoff 19 n = 3	MW	2,42	0,01	0,03	4,08	32	0,01	0,02	4,08	62,2	0,49
Dicyandiamidhaltiger Harnstoff n = 3	MW	0,30	0,07	0,01	0,99	0,38	0,01	3,11	2,49	4,68	0,02
Ammoniumsulfat-Harnstoff n = 15	MW	0,64	0,36	0,02	0,29	0,68	0,01	0,01	1,38	4,22	0,01
	Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
	Max	3,59	2,34	0,09	0,77	3,98	0,03	0,04	4,14	18,2	0,02
Ammoniumsulfatsalpeter mit S mit Nitrifikationshemmstoff 3,4-Dimethylpyrazolphosphat n = 3	MW	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,21	0,01

Wie bereits von BOYSEN (1992) beschrieben, sind die Schwermetallgehalte in Kalkammonsalpeter (KAS) auf unterschiedliche Gehalte der zugegebenen Kalke zurückzuführen. Für die Herstellung von Kalkammonsalpeter wird oftmals mehr oder weniger verunreinigtes  $\text{CaCO}_3$  verwendet. Die reinen Stickstoffdünger weisen nur sehr geringe Gehalte an Schwermetallen auf. Der Uran-Gehalt ist als sehr gering einzuschätzen.

### 5.1.2 Phosphatdünger

Wie das Statistische Bundesamt mitteilt, wurden im Wirtschaftsjahr 2006/2007 (Juli 2006 bis Juni 2007) aus inländischer Produktion oder Einfuhr 0,26 Millionen Tonnen Phosphatdünger ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) an landwirtschaftliche Absatzorganisationen oder Endverbraucher in Deutschland abgesetzt. Der Aufwand je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche blieb 2005/2006 bei Phosphatdüngern konstant bei 16 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Phosphatdünger werden zu neun Zehnteln als Mehrnährstoffdünger abgegeben; dabei überwiegen mit einem Anteil von 45 Prozent die NP-Dünger.

Die Phosphatdüngerproduktion basiert überwiegend auf Rohphosphaten. Die Vorkommen von Phosphat aus natürlichen Lagerstätten sind grundsätzlich begrenzt wie die anderer Rohstoffe auch. Nach Berechnungen der „Food and Agriculture Organization“ der Vereinten Nationen (FAO) reichen die weltweiten Phosphatvorräte noch für ca. 90 Jahre. Lagerstätten für das derzeit genutzte cadmiumarme Phosphat gehen deutlich schneller zur Neige. Deshalb vertritt die Bundesregierung die Auffassung, einerseits den Einsatz von Phosphat als Düngemittel zu optimieren und andererseits eine Wiederverwertung des Phosphors aus Reststoffen soweit wie möglich anzustreben. Das Schließen von Phosphatkreisläufen ist daher nicht nur wegen des Bodenschutzes, sondern auch wegen der langfristigen Versorgungssicherheit der Landwirtschaft von elementarer Bedeutung.

Bei der Produktion von phosphathaltigen Düngemitteln richtet sich die Beschaffenheit von Ausgangsstoffen nach marktwirtschaftlichen Faktoren wie Verfügbarkeit, Qualität und Preis. Die Bezugsquellen können sich demzufolge auch kurzfristig ändern und damit auch die Gehalte an anorganischen Schadstoffen.

Die Düngemittelindustrie hat folgende Anforderungen an die Qualität und Quantität der Rohphosphate:

- hohe Phosphatgehalte
- geringe Gehalte an Schwermetallen (z. B. Cadmium)
- gleich bleibende chemische und physikalische Eigenschaften (z. B. Phosphatlöslichkeiten) und
- kontinuierliche Verfügbarkeit.

Die mit der heutigen Technologie wirtschaftlich abbaubaren Rohphosphat-Reserven werden auf weltweit 12 Mrd. t geschätzt. Nahezu die Hälfte davon befindet sich in Marokko. Die nächst größeren Lagerstätten befinden sich in Süd- und Mittelfrika sowie in Israel, Nordamerika, Russland und China.

Mineralische P-Düngemittel werden zu 87 Prozent aus sedimentären Rohphosphaten hergestellt. Sedimentäre Rohphosphate weisen generell höhere Schwermetallgehalte auf als Apatite magmatischen Ursprungs, insbesondere sind sie auch reicher an Uran (KRATZ 2004).

Wie aus der Tabelle 7 ersichtlich, sind die Schwermetallgehalte in Rohphosphaten sehr stark von deren Herkunft (KRATZ und SCHNUG 2005) abhängig. Je nach geografischer Herkunft haben Phosphatlagerstätten unterschiedliche Anteile an Schwermetallen (MORTVEDT UND BEATON 1995; VAN KAUWENBERGH 1997; RAVEN UND LOEPPERT 1997; KHARIKOV UND SMETANA 2000; GUPTA UND SINGH 2003).

**Tabelle 7: Schwermetallgehalte von Rohphosphaten in Abhängigkeit von der Herkunft**

	Rohphosphate										Hintergrundwerte für Böden (LABO, 1998)	
	sedimentär					magmatisch					Sand	Löss
mg/kg TM	USA		Marokko		China		Mittlerer Osten		Russland (Kola)			
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis		
<b>As</b>	7	24	9,2	13	9	26	2,1	35	1	10	2	8
<b>Cd</b>	6,1	92	15	38	<2	2,5	1,5	35	0,1	1,3	< 0,3	< 0,3
<b>Cr</b>	60	637	75	279	18	33	25	230	13		17	120
<b>Cu</b>	9,6	23	1	22			5	31	15	30	7	18
<b>Hg</b>	0,05	0,29	0,04	0,86	0,005	0,21	0,002	0,02	0,004	0,01	0,05	0,12
<b>Ni</b>	17	37		26			20	80	2	15	4	28
<b>Pb</b>	4,6	17	7	14	1,5	6	1	33	1,8	33	20	43
<b>Zn</b>	204	382		261			29	630	19	23	25	69
<b>U</b>	65	180	75	155	23	31	40	170	10	28	Böden weltweit 0,8 - 11	

Für das Schwermetall Cadmium wurde mit der Änderung der Düngemittelverordnung vom 23. November 2003 aus Vorsorgegründen eine Begrenzung des zulässigen Gehaltes aufgenommen. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Marktsituation für Rohphosphate, den Qualitätszielen für Nahrungs- und Futtermittel sowie ökotoxikologischen Erfordernissen wurde in der novellierten Düngemittelverordnung für Phosphatdüngemittel ein Cadmium-Höchstwert von 50 mg Cd je kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> festgeschrieben. Die Kennzeichnungspflicht für Cadmium bei phosphathaltigen Düngemitteln beträgt 20 mg je kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Insbesondere aus Gründen der Vereinheitlichung des Binnenmarktes beabsichtigt auch die EU-Kommission, durch Rechtsverordnung den Cadmiumgehalt in EG-Düngemitteln zu begrenzen. In der Diskussion ist für phosphathaltige Mineraldünger ein Cadmiumgrenzwert von 60 mg je kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Im Falle des Urans geht die Bundesregierung (BT-Drs. 16/776) bei der Risikobewertung nicht von einer Situation aus, die eine vergleichbare Regelung wie für Cadmium erforderlich macht.

Phosphathaltige Düngemittel können erhebliche Mengen an Uran enthalten, wobei die Konzentrationen zwischen 10 und 200 mg/kg liegen. Wie viel Uran sich in den Düngemitteln befindet, hängt vom Urangehalt des Rohphosphates, der Aufschlussmethode und dem Phosphatgehalt des Düngemittels ab. Uran gelangt nach der Düngung durch Bewässerung oder den Einfluss des Niederschlages in die Bodenlösung. Unter oxidierenden Bedingungen liegt das Uran in sechswertiger Form als Uranyl-Ion in der wässrigen Phase vor. Aus der Bodenlösung kann es von den Pflanzen aufgenommen und im pflanzlichen Gewebe akkumuliert werden. Zusätzlich finden im Boden Immobilisierungsprozesse statt, wobei besonders die Bindung an Tonminerale und die organische Substanz eine Rolle spielen. Unter reduzierenden Bedingungen liegt das Uran als Uran (IV) vor, welches weniger mobil ist als das Uran (VI). Uran (IV) bildet relativ schwer lösliche Minerale und kann deshalb besser zurückgehalten werden (süß, E. 2005).

Der Urangehalt hängt stark von der Entstehung und Herkunft des Rohphosphates ab. Bei magmatischen Apatiten, die vulkanischen Ursprungs sind, ist der Urangehalt deutlich niedriger als in Lagerstätten, die durch Ablagerungen am Meeresboden entstanden sind. Weltweit überwiegen die sedimentären Phosphatvorkommen, mit großen Lagerstätten in Nord-, West- und Südafrika, im nahen Osten, China und Nordamerika. Magmatische Apatite sind nur begrenzt verfügbar (INDUSTRIEVERBAND AGRAR 2006).

Insgesamt wurden 37 Phosphatdüngemittel auf die Schwermetallgehalte analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 8 zusammengefasst. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei Cadmium mit einem Phosphatgehalt > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ein Grenzwert festgelegt wurde, der sich auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat Trockenmasse bezieht.



**Tabelle 8: Schwermetallgehalte in Phosphatdüngern**

P-Dünger	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	%	mg/kg TM					mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM				
Teilaufgeschlossenes Rohphosphat											
n = 21 MW	39,8	9,81	4,01	64,0	152	36,9	0,03	0,51	31,7	448	177
Min	39,3	6,2	0,01	26,6	116	23,1	0,01	0,12	15,7	82,1	131
Max	41,0	22,2	50,3	79,2	204	50,2	0,05	0,83	48,2	680	200
Triple Superphosphat											
n = 11 MW	45,5	6,24	14,7	62,1	229	20,9	0,02	0,35	15,3	354	104
Min	45,3	3,06	0,01	36,7	124	5,88	0,01	0,15	2,4	204	42,7
Max	46,3	12,4	57,9	73,1	478	48,4	0,03	0,45	34,2	527	173
Rohphosphat mit kohlensaurem Kalk aus Meeresalgen, mit Mg											
n = 5 MW	17,8	3,96	3,82	65,7	118	3,81	0,02	1,2	5,37	154	22,5
Min	17,7	3,88	0,63	53,6	117	3,24	0,01	1,17	4,99	149	19,1
Max	18,2	4,12	5,41	71,7	120	4,09	0,02	1,21	5,56	158	31,3

Die analysierten Phosphatdünger zeichnen sich im Vergleich zu anderen Düngemitteln durch hohe Cadmiumgehalte aus. Von insgesamt 37 untersuchten Proben übersteigen 22 (59,4 %) Phosphatdünger den Cadmium-Grenzwert von 50 mg Cd/kg TM und 5 Phosphatdünger den Thallium-Grenzwert von 1,0 mg Tl/kg TM nach der Anlage 2 Tabelle 1 der DüMV.

Unter Zugrundelegung der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte der Anlage 2, Tabelle 1 DüMV ergeben sich folgende Bewertungen:

Von 21 untersuchten Teilaufgeschlossenen Rohphosphaten lagen

- 10 Proben (47,6 %) > 50 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
- 1 Probe > 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)
- 3 Proben > 40 mg Ni/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
- 11 Proben > 0,5 mg Tl/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Von 11 untersuchten Triple Superphosphaten lagen

- 9 Proben (81,8 %) > 50 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
- 1 Probe > 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)
- 1 Probe > 40 mg Ni/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Von 5 untersuchten Rohphosphaten mit kohlensaurem Kalk aus Meeresalgen lagen

3 Proben (60 %)	> 50 mg Cd/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
5 Proben (100 %)	> 1,0 mg Tl/kg TM (Grenzwertüberschreitung)

Die analysierten Gehalte in den Phosphatdüngemitteln zeigen eine große Spannweite. Es ist bekannt, dass auch innerhalb einer Lagerstätte die Konzentration von Elementen auch auf engstem Raum variiert. Ursache sind z. B. geologische Formationen in Phosphatlagerstätten. Für die Produktion bedeutet das, dass selbst bei der Verwendung von Rohstoffen aus einer Lagerstätte erhebliche Konzentrationsschwankungen bei den Elementen nach Anhang 2, Tabelle 1 DüMV auftreten können.

Weil es sich bei den analysierten Phosphatdüngern überwiegend um EG-Düngemittel handelt, greift die Kennzeichnungs- und Grenzwertregelung der nationalen Düngemittelverordnung für diese Düngemittel nicht. Die Hersteller von mineralischen Düngemitteln können wählen, nach welchem Düngemittelrecht sie ihren Dünger einstufen und deklarieren. Weil der als EG-Düngemittel gekennzeichnete Dünger keine Schwermetallgrenzwerte beachten muss, wird diese Vorgehensweise bei Einhaltung der Vorgaben der EG-Düngemittelverordnung von vielen Herstellern vorgezogen. Das EG-Düngemittel ist innerhalb der Europäischen Union frei handelbar.

Wird der in Diskussion befindliche EG-Grenzwert von 60 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> zu Grunde gelegt, überschreiten von 21 Phosphatdüngern, die als EG-Düngemitteln deklariert waren, 11 (52 %) diesen Wert. In der Mineraldüngerproduktion werden häufig Mischungen aus sedimentären und magmatischen Rohphosphaten eingesetzt. Die Urangehalte in den untersuchten Teilaufgeschlossenen Rohphosphaten und in den Triple Superphosphaten sind wie die Cadmiumgehalte als sehr hoch einzuschätzen, was auf einen hohen Anteil von sedimentären Rohphosphaten in den genannten Phosphatdüngemitteln schließen lässt.

### 5.1.3 Kalidünger

Wie das Statistische Bundesamt mitteilt, wurden im Wirtschaftsjahr 2006/2007 (Juli 2006 bis Juni 2007) aus inländischer Produktion oder Einfuhr 0,44 Millionen Tonnen Kalidünger (K<sub>2</sub>O) an landwirtschaftliche Absatzorganisationen oder Endverbraucher in Deutschland abgesetzt. Der Aufwand je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche stieg bei Kalidüngern im Vergleich zu 2005/2006 von 25 auf 26 kg K<sub>2</sub>O.

Kalidünger wurden etwa zur Hälfte (52 Prozent) als Kaliumchlorid abgesetzt. 40 Prozent entfielen auf Mehrnährstoffdünger (NK-, PK- und NPK-Dünger).

Kali wird entweder bergmännisch aus Lagerstätten gewonnen oder aus Salzseen (Jordanien und Israel). Die größten Lagerstätten sind in Kanada sowie in Russland bzw. Weißrussland und Deutschland anzutreffen.

Insgesamt wurden 35 Kaliumdünger auf den Schwermetallgehalt untersucht. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 9 zusammengefasst.

**Tabelle 9: Schwermetallgehalte in Kalidüngern**

K-Dünger	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
Kaliumchlorid n = 23										
MW	0,49	0,29	0,01	0,58	0,62	0,009	0,074	0,74	2,26	0,025
Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,01	0,01	0,01	0,01
Max	1,41	1,56	0,02	1,95	2,68	0,012	0,26	2,1	11,8	0,05
Kali-Rohsalz n = 2										
MW	0,54	0,01	0,01	0,74	0,22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kaliumchlorid mit Mg, Na, S (Korn-Kali) n = 5										
MW	0,55	0,02	0,014	1,65	0,436	0,01	0,076	17,1	4,64	0,07
Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Max	1,12	0,06	0,03	3,47	2,06	0,01	0,13	81,2	12,4	0,02
Kaliumsulfat n = 5										
MW	0,22	0,12	0,02	2,06	0,37	0,01	0,02	1,88	10,0	
Min	0,07	0,04	0,01	1,08	0,25	0,01	0,01	1,51	6,47	n.b.
Max	0,35	0,17	0,03	3,43	0,50	0,01	0,04	2,45	14,1	

Auf Grund der chemischen Zusammensetzung liegt bei Kalidüngern ein niedriger Schwermetallgehalt vor. Die Urangehalte in den analysierten Düngemitteln sind sehr gering.

#### 5.1.4 Magnesiumdünger

In Sachsen wird sehr häufig der Magnesiumdünger Kieserit in der Landwirtschaft eingesetzt. Die Ergebnisse der Schwermetallanalyse sind in der Tabelle 10 dargestellt.

**Tabelle 10: Schwermetallgehalte in Magnesiumdüngern**

Mg-Dünger	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
Kieserit n = 5										
MW	3,25	0,01	0,05	4,17	1,05	0,01	0,01	0,61	5,69	0,12
Min	0,01	0,01	0,02	1,99	0,06	0,01	0,01	0,01	2,31	0,08
Max	6,35	0,01	0,08	6,35	2,00	0,01	0,01	2,00	6,20	0,30

Die Ergebnisse der Untersuchungen belegen für den Magnesiumdünger Kieserit sehr geringe Schwermetallgehalte. Die Urangehalte in den Düngemitteln sind sehr gering.

### 5.1.5 Kalkdünger

Kalk ist der Nährstoff mit der höchsten Anwendungsintensität in Deutschland. Wie das Statistische Bundesamt mitteilt, wurden im Wirtschaftsjahr 2006/2007 (Juli 2006 bis Juni 2007) aus inländischer Produktion oder Einfuhr 2,18 Millionen Tonnen Kalkdünger (CaO) an landwirtschaftliche Absatzorganisationen oder Endverbraucher in Deutschland abgesetzt. Der Aufwand je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche stieg im Vergleich zu 2005/2006 deutlich von 106 auf 123 kg CaO.

Es werden zahlreiche Düngekalke angeboten, die sich in Herkunft, Inhaltsstoffen und technischen Qualitätseigenschaften unterscheiden. Die wichtigste Sorte stellt dabei der Kohlensäure Kalk dar, der zu 74 Prozent verkauft wurde.

Alle Kohlensäuren Kalke/Kohlensäuren Magnesiumkalke enthalten die Nährstoffe Calcium und Magnesium in carbonatischer Bindung. Kohlensäure Kalke werden ausschließlich aus natürlichen Lagerstätten gewonnen und durch Brechen und Vermahlen weiterverarbeitet. Bei kohlensäuren Kalken treten, je nach geologischem Ausgangsgestein, bei einigen Elementen wie zum Beispiel Cadmium, Arsen, Blei und Kupfer starke Unterschiede auf. Auch innerhalb einer Lagerstätte kann die Konzentration von Elementen auch auf engstem Raum variieren. Ursache sind z. B. geologische Formationen in Kalksteinbrüchen. Für die Produktion bedeutet das, dass selbst bei der Verwendung von Rohstoffen aus einer Lagerstätte erhebliche Konzentrationsschwankungen bei den Elementen nach Anlage 2, Tabelle 1 Düngemittelverordnung auftreten können.

Hüttenkalke sind Nebenprodukte der Eisenverhüttung und -veredlung und werden durch Vermahlung der Hochofenschlacke hergestellt. Hüttenkalke werden vermahlen oder körnig angeboten. Carbokalk ist ein Kalkdünger aus der Verarbeitung von Zuckerrüben. Der Kalk liegt als Carbonat vor.

Konverterkalke werden durch Vermahlen von Konverterschlacke hergestellt. Sie werden vermahlen oder körnig angeboten und enthalten den Kalkanteil in oxidischer und kieselsaurer Form. Thomas-kalk ist ein mit Phosphat angereicherter Konverterkalk. Der Phosphatgehalt in den analysierten Proben lag unter 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

In Tabelle 10 der Anlage 2 der DüMV werden Ausgangsstoffe für Kalkdünger aufgeführt, die als Nebenprodukte bei verschiedenen industriellen Produktionen anfallen. Darunter fallen die untersuchten Kalkdünger aus der Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser und die Kalkdünger aus der Entschwefelung von Abgasen von Steinkohle. Die Herkunft der Ausgangsstoffe ist in der Deklaration anzugeben. Beim Kauf sollten sich Landwirte nach den Schadstoffgehalten erkundigen.

Kalkdünger werden durch das EG-Recht nicht geregelt, sie fallen in den Anwendungsbereich der nationalen Düngemittelverordnung. Insgesamt wurden 158 Kalkdünger auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 11 zusammengefasst.

**Tabelle 11: Schwermetallgehalte in Kalken**

Kalk-Dünger		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		mg/kg TM									
Kohlensaurer Mg-Kalk n = 133	MW	6,22	38,0	0,52	9,84	3,62	0,06	0,19	5,42	91,9	1,88
	Min	0,01	0,01	0,01	0,53	0,01	0,01	0,01	0,01	5,18	0,68
	Max	64,4	930	12,1	121	50,0	0,58	0,70	83,6	844	2,77
Hüttenkalk 40 n = 5	MW	3,99	0,01	0,01	51,8	0,01	0,003	0,01	0,086	60,7	10,1
	Min	2,89	0,01	0,01	22,7	0,01	0,002	0,01	0,01	59,7	8,9
	Max	5,09	0,01	0,01	74,9	0,01	0,005	0,01	0,35	62,9	11
Carbokalk n = 3	MW	14,6	0,01	0,70	3,59	0,01	0,02	0,05	27,1	144	0,40
Thomaskalk mit Phosphat n = 5	MW	2,82	6,6	2,05	1486	6,45	0,013	0,01	0,01	126	18,1
	Min	2,5	5,32	1,82	1440	5,0	0,008	0,01	0,01	119	15,6
	Max	3,29	8,34	2,27	1530	8,20	0,025	0,01	0,01	141	20
Rückstandskalk n = 5	MW	5,1	0,01	0,10	3,35	15,4	0,56	0,04	2,0	44,6	n.b.
	Min	0,07	0,01	0,01	1,43	0,32	0,01	0,01	1,11	33,9	
	Max	8,85	0,01	0,26	5,21	57	0,94	0,08	3,05	54,1	
Kalkdünger aus der Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser n = 2	MW	2,93	55,3	0,10	15,4	15,0	0,01	0,01	2,67	118	4,76
Kalkdünger aus der Entschwefelung von Abgasen von Steinkohle mit Schwefel n = 2	MW	0,78	0,01	0,01	0,85	0,97	0,11	0,01	0,01	65,2	0,05
Konverterkalk n = 3	MW	0,63	0,01	0,02	826	3,19	0,01	0,01	0,01		
	Min	0,54	0,01	0,02	805	1,39	0,01	0,01	0,01	n.b.	n.b.
	Max	0,79	0,01	0,02	854	6,76	0,01	0,01	0,01		

Betrachtet man die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen der Kalkdünger insgesamt, ergeben sich nur bei dem Kohlensäuren Magnesiumkalk Grenzwertüberschreitungen (Cd, Pb, As, Cu) gemäß Anlage 2 Tabelle 1 DüMV.

Unter Zugrundelegung der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte der Anlage 2 Tabelle 1 DüMV ergeben sich für die analysierten Kalkdünger folgende Bewertungen:

Von 133 untersuchten Kohlensäuren Magnesiumkalken lagen

6 Proben	> 1,5 mg Cd/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
6 Proben	> 150 mg Pb/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
1 Probe	> 40 mg As/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
1 Probe	> 70 mg Cu/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
3 Proben	> 1,0 mg Cd/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
4 Proben	> 0,5 mg Tl/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
1 Probe	> 40 mg Ni/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
1 Probe	> 0,5 mg Hg/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Von 5 untersuchten Thomaskalken mit Phosphat lagen

5 Proben	> 300 mg Cr/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
----------	-------------------------------------------

Von 3 untersuchten Konverterkalken lagen

3 Proben	> 300 mg Cr/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
----------	-------------------------------------------

Von 5 untersuchten Rückstandskalken lagen

3 Proben	> 0,5 mg Hg/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
----------	-------------------------------------------

Entsprechend vorliegender Untersuchungsergebnisse der Düngemittelverkehrskontrolle in Sachsen muss festgestellt werden, dass die Schadstoffregelung der DüMV für ein sächsisches Kalkwerk negative Auswirkungen ergeben könnte. Bundesweit sind mehrere Kalkwerke nach derzeitigem Kenntnisstand betroffen. Die aus diesen Lagerstätten abgebauten Kalke weisen naturbedingt erhöhte Gehalte an Schwermetallen auf, die zum Teil deutlich über den Grenzwerten der DüMV liegen. Bei Inkrafttreten der Grenzwertregelung ist mit Einschränkungen der Verkehrsfähigkeit von Teilmengen der in diesen Lagerstätten produzierten Düngelkalle zu rechnen.

Die Bundesregierung beabsichtigt, im Zuge der Änderung der DüMV die Übergangsfrist für Kohlensäure Kalke, Branntkalk oder Mischkalk bis zum 31. Dezember 2013 zu verlängern.

## 5.2 Mineralische Mehrnährstoffdünger

### 5.2.1 NP-Dünger

Aus Triple Superphosphaten können durch Zusatz verschiedener Additive Mehrnährstoffdünger hergestellt werden. Durch Zusatz von 50 - 60%-iger Salpetersäure können aus dem Rohphosphat NP-Dünger hergestellt werden. Dabei werden zusätzlich Neutralisationsmittel zugegeben und je nachdem, welche Art von Dünger man erhalten will, noch verschiedene andere Nährstoffe, z. B. Kalium bei NPK-Düngern (OHLY 2005).

Insgesamt wurden 69 NP-Dünger auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Ergebnisse der analysierten Düngemittel sind in der Tabelle 12 zusammengefasst. Zusätzlich sind die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen der am häufigsten in Sachsen gehandelten NP-Dünger NP 18-46 (Diammonphosphat-DAP) und NP-Dünger 20-20 dargestellt. Bei der Ergebnisangabe ist zu berücksichtigen, dass sich bei Düngemitteln mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> der Cadmiumgehalt auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat Trockenmasse bezieht.

**Tabelle 12: Schwermetallgehalte in NP-Düngern**

NP-Dünger		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		%	mg/kg TM						mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM			
<b>NP-Dünger (insgesamt)</b>												
n = 69	MW	34,6	6,04	3,69	26,7	144	19,5	0,03	0,18	23,8	191	76,7
	Min	9,54	0,15	0,01	0,05	2,42	0,01	0,01	0,01	1,64	4,52	0,03
	Max	52,4	15,2	61,2	54,2	343	51,9	0,1	0,54	407	894	224
<b>NP-Dünger 18-46 (DAP)</b>												
n = 32	MW	46,2	7,97	0,87	43,1	272	35,1	0,01	0,31	26,5	330	121
	Min	45,1	4,19	0,01	31,7	227	21,4	0,01	0,17	10,5	224	74,7
	Max	47,0	10,9	2,22	49,7	343	46,0	0,04	0,43	33,8	410	224
<b>NP-Dünger 20-20</b>												
n = 12	MW	20,7	4,27	3,73	8,04	6,66	0,01	0,01	0,05	11,3	70,3	28,8
	Min	20,1	0,15	0,01	0,05	5,25	0,01	0,01	0,01	10	57,5	0,03
	Max	21,2	15,2	5,68	47,6	9,28	0,01	0,02	0,25	12,5	85,2	166

Die Ergebnisse der NP-Dünger (insgesamt) zeigen eine erhebliche Schwankungsbreite in den Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Zink- und Urangelhalten.

Unter Zugrundelegung der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte der Anlage 2, Tabelle 1 DüMV ergeben sich für die analysierten NP-Dünger folgende Bewertungen:

Von insgesamt 69 untersuchten NP-Düngern lagen

4 Proben	> 50 mg Cd/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
2 Proben	> 70 mg Cu/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
36 Proben	> 20 mg Cd/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)
1 Probe	> 40 mg Ni/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
2 Proben	> 0,5 mg Tl/kg TM (Kennzeichnungspflicht)
3 Proben	> 300 mg Cr/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Die in Sachsen häufig zur Düngung eingesetzten NP-Dünger 18-46 (DAP) und NP-Dünger 20-20 zeigen keine Überschreitungen des Cd-Grenzwertes nach Anlage 2 Tabelle 1 DüMV. Für diese Düngemittel besteht aber in vielen Fällen zukünftig eine Kennzeichnungspflicht für Cadmium. Der in Diskussion befindliche EG-Grenzwert von 60 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wird von allen NP-Düngemitteln eingehalten. Die mittleren Urangehalte in den analysierten NP-Düngern liegen zwischen 28,8 und 121 mg U/kg TM.

### 5.2.2 PK-Dünger

Thomaskali-Produkte (PK-Dünger aus Konverterkalk mit Phosphat und Dicalciumphosphat mit Magnesium und Schwefel) werden in Sachsen häufig in der Landwirtschaft eingesetzt. Neben den Hauptnährstoffen Phosphat, Kalium, Magnesium, Schwefel und Kalk enthalten dieses Düngemittel auch eine Reihe von Spurennährstoffen (Mangan, Kupfer, Zink, Bor, Kobalt und Molybdän).

Thomasphosphat ist ein aus fein gemahlener Thomasschlacke (Thomasmehl) verwendeter Phosphatdünger, der bei der Stahlerzeugung aus phosphathaltigem Roheisen anfällt. Seit die Stahlindustrie nur noch phosphatarmer Erze verarbeitet, ist das preiswerte Thomasphosphat praktisch vom Markt verschwunden.

Insgesamt wurden 26 PK-Dünger auf den Gehalt an Schwermetallen untersucht (Tabelle 13).

Bei der Ergebnisangabe ist zu berücksichtigen, dass sich bei Düngemitteln mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> der Cadmiumgehalt auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat Trockenmasse bezieht.



**Tabelle 13: Schwermetallgehalte in PK-Dünger**

PK-Dünger		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		%	mg/kg TM						mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM			
Thomaskali												
n = 10	MW	7,66	1,76	4,7	39,7	160	4,41	0,70	0,29	5,68	134	28,5
	Min	6,8	0,99	1,54	34,0	130	2,63	0,01	0,11	2,89	104	20,6
	Max	10,9	2,21	10,7	46,9	201	7,53	2,04	0,62	8,88	155	40
PK-Dünger												
n = 11	MW	19,8	4,06	0,38	55,6	77,6	17,9	0,03	0,29	20,1	202	64,3
	Min	11	2,49	0,01	42,5	6,94	10,4	0,01	0,20	5,84	129	35,2
	Max	25,1	6,09	1,04	65,66	222	25,7	0,05	0,45	64,4	287	84,6
PK-Dünger mit Mg (Thomasphosphat Kali) n = 5												
	MW	8,1	2,13	3,32	46,9	228	6,32	0,04	0,06	7,88	7,11	54,2
	Min	7,8	1,89	0,01	43,8	213	2,36	0,02	0,02	4,44	2,69	53,8
	Max	8,82	2,22	4,03	52,07	241	8,43	0,05	0,09	13,8	11,2	65,9

Die mittleren Cadmiumgehalte in den PK-Düngern liegen deutlich unter denen der Phosphatdünger.

Unter Zugrundelegung der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte der Anlage 2, Tabelle 1 DüMV ergeben sich für die analysierten PK-Dünger folgende Bewertungen:

Von insgesamt 26 untersuchten PK-Düngern lagen

- 5 Proben > 50 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
- 1 Probe > 1,0 mg Hg/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
  
- 26 Proben > 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)
- 3 Proben > 0,5 mg Tl/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Im Ergebnis der Untersuchungen ist festzustellen, dass zukünftig für PK-Dünger eine Kennzeichnungspflicht für den Gehalt an Cadmium besteht. Die mittleren Urangelhalte in den analysierten PK-Düngern betragen zwischen 28,5 und 64,3 mg U/kg TM.

### 5.2.3 NPK-Dünger

Weltweit sind Diammonphosphat (DAP), Monoammonphosphat (MAP) und Triple-Superphosphat (TSP) die bedeutendsten Einzelphosphat-Produkte und Grundstoffe für die Herstellung von NPK-Düngern. Der Handel bietet eine große Produktpalette an NPK-Düngern mit unterschiedlichen Nährstoffzusammensetzungen an.

Insgesamt wurden in 61 NPK-Düngern die Schwermetallgehalte analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 14 dargestellt. Zusätzlich sind in der Tabelle 14 die Gehalte an Schwermetallen für die häufig in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemittel NPK 15-15-15 und NPK 16-16-16 dargestellt.

Bei der Ergebnisangabe ist zu berücksichtigen, dass sich bei Düngemitteln mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> der Cadmiumgehalt auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat Trockenmasse bezieht.

**Tabelle 14: Schwermetallgehalte in NPK-Düngern**

NPK-Dünger		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		%	mg/kg TM						mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM			
<b>NPK-Dünger (insgesamt)</b>												
n = 61	MW	13,6	2,9	2,18	15,8	43,4	23,1	0,02	0,05	26,7	82,8	11,2
	Min	6,5	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Max	20,5	9,6	20,7	76,6	200	198	0,23	0,16	321	296	50,9
<b>NPK-Dünger 15-15-15</b>												
n = 14	MW	15,5	1,3	2,55	4,7	13,2	0,97	0,01	0,05	7,21	69,4	5,58
	Min	14,5	0,2	0,02	0,06	3,14	0,01	0,01	0,01	4,08	48,4	0,01
	Max	16	3,7	5,21	41,3	86	8,69	0,03	0,16	9,93	150	36,5
<b>NPK-Dünger 16-16-16</b>												
n = 8	MW	16,4	3,3	2,4	0,17	8,05	1,28	0,01	0,01	21,7	38,4	4,98
	Min	15,9	1,26	0,01	0,11	6,74	0,01	0,01	0,01	15,5	34,9	0,02
	Max	16,9	5,5	5,48	0,25	9,27	2,5	0,01	0,01	24,2	40,3	36,8

Insgesamt ist festzuhalten, dass die mittleren Schwermetallgehalte in den NPK-Düngern deutlich geringer sind, als in den Phosphatdüngern und NP-Düngern. Ursache ist, dass es durch die Einmischung von Kali-Düngern, die sehr geringe Schwermetallgehalte aufweisen, zu einer Gesamterniedrigung der Schwermetallgehalte kommt. Von den insgesamt 61 auf die Schwermetallgehalte analysierten NPK-Düngern überstiegen 10 Düngemittel die zulässigen Grenzwerte nach Anlage nach Anlage 2, Tabelle 1 Düngemittelverordnung.

Unter Zugrundelegung der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte der Anlage 2, Tabelle 1 DüMV ergeben sich für die analysierten NPK-Dünger folgende Bewertungen:

Von insgesamt 61 untersuchten NPK-Düngern lagen

2 Proben	> 50 mg Cd/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)
5 Proben	> 80 mg Ni/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
3 Proben	> 70 mg Cu/kg TM (Grenzwertüberschreitung)
16 Proben	> 20 mg Cd/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)
3 Proben	> 40 mg Ni/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

Bis auf einen NPK-Dünger halten alle den in der Diskussion befindlichen EG-Grenzwert von 60 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ein. Die mittleren Urangelhalte liegen in den NPK-Düngemitteln zwischen 4,98 und 11,2 mg U/kg TM.

### 5.3 Organische und organisch-mineralische Düngemittel

#### 5.3.1 Organische N-Dünger

Mit der novellierten Düngemittelverordnung von 26.11.2003 wurden die Bestimmungen für Düngemittel, die tierische Nebenprodukte enthalten, deutlich verschärft. Hornprodukte dürfen nur dann als Düngemittel eingesetzt werden, wenn die Ausgangsstoffe von Tierkörpern stammen, die fleischhygienerechtlich als tauglich zum Genuss für Menschen beurteilt wurden. Insgesamt wurden sechs verschiedene Hornprodukte (Hornspäne, Hornries, Hornmehl) aus Bau- und Gartenmärkten Sachsens auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 15 dargestellt.

**Tabelle 15: Schwermetallgehalte in organischen N-Düngern**

Organische N-Dünger		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U	
		mg/kg TM										
Hornprodukte n = 6		MW	1,51	0,35	0,01	3,55	0,66	0,02	0,01	4,02	116	0,08
		Min	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	2,26	92,7	0,01
		Max	3,27	0,98	0,01	19,9	1,74	0,03	0,02	5,59	137	0,35

Der mittlere Schwermetallgehalt ist in den Hornprodukten als gering zu betrachten. Bei diesen Düngemitteln besteht aber häufig das Risiko einer möglichen Belastung mit Salmonellen.

#### 5.3.2 Organische NP-Dünger

Für den Einsatz von Fleischknochenmehl, Knochenmehl und Fleischmehl zur Düngung gelten neben düngemittelrechtlichen Anforderungen auch hygienerechtliche Aspekte. Diese tierischen Nebenprodukte dürfen nur als Ausgangsstoff für die Herstellung von Düngemitteln eingesetzt werden, wenn die Ausgangsstoffe von Tierkörpern stammen, die fleischhygienerechtlich als tauglich zum Genuss für Menschen beurteilt wurden. Die seuchenhygienische Unbedenklichkeit muss durch

Sterilisation des Rohmaterials für mindestens 20 Minuten bei 133 C und 3 bar Druck sichergestellt werden. Das Herstellungsverfahren wird amtstierärztlich überwacht.

Insgesamt wurden 10 Organische NP-Dünger, die aus Fleischknochenmehl hergestellt wurden, auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 16 zusammengefasst. Bei der Ergebnisangabe ist zu berücksichtigen, dass sich bei Düngemitteln mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> der Cadmiumgehalt auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat bezieht.

**Tabelle 16: Schwermetallgehalte in Organischen NP-Düngern**

Organische NP-Dünger	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	%	mg/kg TM					mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM				
Fleischknochenmehl											
n = 10 MW	12	0,05	7,39	0,29	5,60	2,08	0,02	0,03	8,34	150	0,03
Min	5,06	0,02	0,01	0,06	3,06	0,01	0,01	0,01	1,66	115	0,01
Max	16	0,08	27,7	0,80	9,7	6,35	0,03	0,07	23	174	0,06

Die Analysenergebnisse belegen geringe Belastungen mit Schwermetallen. Günstig im Vergleich zu mineralischen P-Düngern ist der niedrige Gehalt an Cadmium zu beurteilen.

### 5.3.3 Organisch-mineralische NPK-Dünger

Bei den untersuchten Düngemitteln handelt es sich um Organisch-mineralische Düngemittel, die in Kleinpackungen (vorwiegend Obst- und Gemüse- sowie Rasendünger) in Garten- und Baumärkten Sachsens angeboten werden. Das Sortiment ist sehr vielseitig und erfordert ebenso wie die in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzten Düngemittel eine Kontrolle im Sinne des Umwelt- und Verbraucherschutzes. Bei den Organisch-mineralischen Düngemitteln handelt es sich um Dünger, die aus tierischen und/oder pflanzlichen Stoffen sowie mineralischen Stoffen aufbereitet werden. Vielfach liegt eine Verwendung von Abfällen vor, die nicht dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) unterliegen. Verwendete tierische Stoffe waren u. a. Seevogelguano, Geflügelmist, Rindermist, Blut-, Feder-, Knochen- und Hornmehle. Diese tierischen Stoffe wurden offen deklariert oder deren Zugabe als „Aufbereiten von tierischen Stoffen“ angegeben. Weitere Inhaltsstoffe waren u. a. pflanzliche Stoffe aus der Lebens-, Genuss- und Futtermittelindustrie, Ammonsulfat, kohlensaurer Magnesiumkalk, Harnstoff, Rohphosphat, Kaliumsulfat und Spurennährstoffe.

Insgesamt wurden 10 Organisch-mineralische Düngemittel mit Phosphatgehalten < 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 36 Organisch-mineralische Düngemittel mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> auf den Gehalt an Schwermetallen analysiert. Die Ergebnisse aller untersuchten organisch-mineralischen Düngemittel sind in den Tabellen 17 und 18 aufgeführt. Bei der Ergebnisangabe ist zu berücksichtigen, dass sich bei Düngemitteln mit Phosphatgehalten > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> der Cadmiumgehalt auf die Bezugsbasis mg Cd/kg Phosphat in der Trockenmasse bezieht.

**Tabelle 17: Schwermetallgehalte in Organisch-mineralischen Düngemitteln (< 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Organisch-mineralische NPK-Dünger		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		mg/kg TM									
n = 10	MW	1,76	6,21	1,39	12,9	3,28	0,04	0,03	12,9	116	11,4
	Min	0,03	0,01	0,03	3,04	0,01	0,01	0,01	4,6	28,5	0,10
	Max	3,9	40,3	6,64	25,9	8,81	0,14	0,13	29,8	263	62,7

Von 10 untersuchten Organisch-mineralischen Düngemitteln mit einem Phosphatgehalt < 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> lagen

3 Proben > 1,5 mg Cd/kg TM (Grenzwertüberschreitung)

1 Probe > 1,0 mg Cd/kg TM (Kennzeichnungspflicht)

**Tabelle 18: Schwermetallgehalte in Organisch-mineralischen Düngemitteln (> 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Organisch-mineralische NPK-Dünger		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		%	mg/kg TM / mg Cd /kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TM									
n = 36	MW	8,4	2,21	2,47	37,1	15,6	7,28	0,35	0,05	96,6	137	18,2
	Min	5,24	0,94	0,01	0,12	0,44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,68
	Max	15,2	6,31	16,4	100	51,3	20	2,03	0,14	445	3410	34,2

Von 36 untersuchten organisch-mineralischen Düngemitteln mit einem Phosphatgehalt > 5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> lagen

12 Proben (33,3 %) > 50 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Grenzwertüberschreitung)

1 Probe > 1 mg Hg/kg TM (Grenzwertüberschreitung)

11 Proben (30,5%) > 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> TM (Kennzeichnungspflicht)

Kupfer und Zink gelten entsprechend der DüMV als Spurennährstoffe und wurden in einigen Produkten von den Herstellern zugegeben und deklariert. Daraus resultieren die hohen Gehalte an Kupfer und Zink in den Düngemitteln. Düngemittel mit Spurennährstoffen sind von der Grenzwertregelung für Kupfer und Zink gemäß Anlage 2 Tabelle 1 DüMV ausgenommen. Die mittleren Urangehalte in den analysierten Organisch-mineralischen Düngemitteln lagen zwischen 11,4 und 18,2 mg U/kg TM.

Der Handel bietet Organisch-mineralische Düngemittel mit einer großen Spannbreite an Nährstoffgehalten in den Garten- und Baumärkten an. Im Ergebnis der Untersuchungen ist festzustellen, dass einige Düngemittel sehr hohe Cadmiumgehalte aufweisen. Auch die Urangehalte in den analysierten Düngemitteln waren teilweise erhöht. Von den insgesamt 46 analysierten Düngemitteln überschreiten 15 (32 %) den zulässigen Cadmiumgehalt nach Anlage 2, Tabelle 1 DüMV. Organi-

sche und organisch-mineralische Düngemittel sind in der EG-Verordnung nicht geregelt. Diese Düngemittel unterliegen der nationalen Düngemittelverordnung. Auf Grund der Übergangsfrist in der DüMV dürfen diese mit Cadmium belasteten Düngemittel trotzdem noch bis August 2008 in den Verkehr gebracht werden. Danach sind diese Produkte nicht mehr verkehrsfähig.

Viele der analysierten Organisch-mineralischen Düngemittel sind für den Erwerbs- und Hobbygartenbereich vorgesehen. Im Hinblick auf die häufig zu beobachtende Überfrachtung von Gartenböden mit Nähr- und Schadstoffen sowie im Interesse einer gesunden Ernährung sollten im Bereich Hobbygarten und Gemüsebau nur die qualitativ hochwertigsten Düngemittel zum Einsatz kommen. Das ist im Gemüsebau, insbesondere im Hinblick auf das gesteigerte Anreicherungsvermögen spezieller Gemüsearten für bestimmte Schwermetalle wie z. B. Sellerie und Spinat für Cadmium von besonderer Bedeutung.

Die Kontrolle der Schwermetallgehalte von Düngemitteln aus Garten- und Baumärkten als ein wichtiger Beitrag zum Verbraucherschutz muss in Anbetracht der gefundenen Ergebnisse zukünftig verstärkt werden.

### 5.3.4 Organische Düngemittel (Sekundärrohstoffdünger)

#### 5.3.4.1 Organische NP-Dünger (Klärschlamm)

Klärschlamm darf nur dann als Düngemittel verwertet werden, wenn dieser aus der Behandlung von Abwässern aus kommunalen Kläranlagen stammt. Auszuschließen ist hierbei das Mischen von Klärschlämmen verschiedener Betreiber sowie unterschiedlicher regionaler Herkünfte. Die Aufbereitung darf ausschließlich mit Stoffen erfolgen, die einer notwendigen Behandlung dienen. Insgesamt wurden 18 Klärschlämme im Rahmen der amtlichen Düngemittelverkehrskontrolle auf den Gehalt an Schwermetallen analysiert. Die Bewertungsgrundlage für die Belastung mit Schwermetallen ist die Klärschlammverordnung.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 19 zusammengestellt.

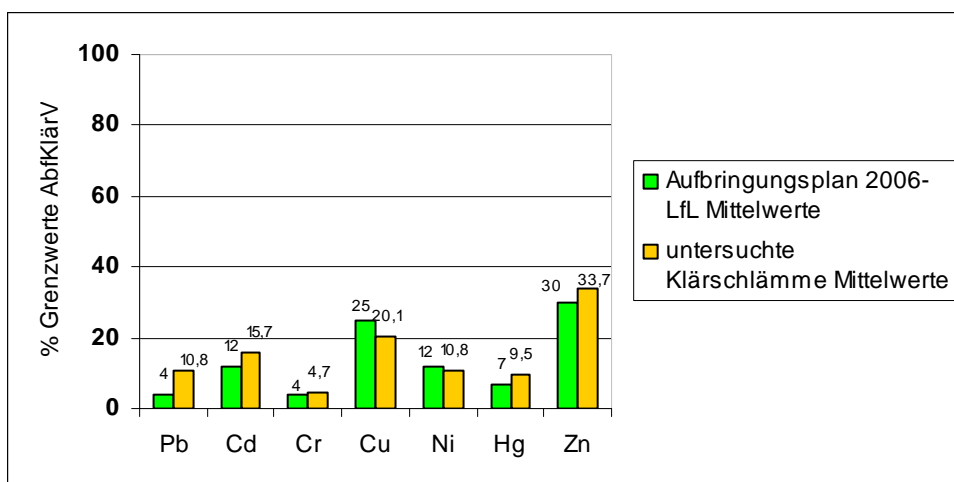
**Tabelle 19: Schwermetallgehalte in Klärschlämmen**

Organische NP-Dünger		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		mg/kg TM									
Klärschlamm											
n = 18	MW	11,1	97,0	1,57	41,9	21,5	0,76	0,16	161	842	2,21
	Min	8,88	26,1	0,96	29,0	11,3	0,41	0,07	99,4	390	1,75
	Max	13,4	285	3,63	52,0	42,6	1,14	0,29	234	1445	5,61

Bei Sekundärrohstoffdüngern aus Klärschlamm waren Überschreitungen der Grenzwerte der AbfKlärV nicht feststellbar. Auch die Urangelhalte in den Klärschlämmen sind als gering zu betrachten. Die Schwermetallgehalte liegen deutlich unter den Grenzwerten der AbfKlärV.

Zunehmend getrennte Sammlung von Regenwasser und Fäkalien, drastische Reduzierung der Schadstoffeinleitung durch Betriebsstilllegung bzw. separate Abwasserbehandlung, intensive Kanalreinigung, konsequente Durchführung der gesetzlich geforderten Indirekteinleiterkontrolle zur Lokalisierung Schadstoff erhöhender Einträge in das Kanalnetz sowie Aufklärung der Bevölkerung über das, was in das Abwasser gehört und was nicht, haben dazu geführt, dass die Schadstoffgehalte in den Klärschlämmen in den letzten Jahren ständig gesunken sind.

In der Abbildung 1 sind die Ausschöpfungswerte zu den Grenzwerten der AbfKlärV für die untersuchten Klärschlämme und für die im Klärschlamm-Aufbringungsplan der LfL von 2006 (MÖNICKE und KÜHN 2006) ausgewiesenen Klärschlämme dargestellt.



**Abbildung 1: Schwermetallgehalte von Klärschlämmen relativ zu den Grenzwerten der AbfKlärV (Grenzwerte in mg/kg TM = 100 %)**

Die Ausschöpfungsraten der untersuchten Klärschlämme liegen für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber zwischen 4,7 % und 15,7 %. Auffallend höher bewegen sich die Ausschöpfungsraten für Kupfer und Zink, sie betragen im Mittel 20,1 % und 33,7 %. Die Grenzwerte der AbfKlärV werden für das ökotoxikologische besonders bedenkliche Schwermetall Cadmium nur zu 15,7 % ausgeschöpft.

#### 5.3.4.2 Organische NPK-Dünger (Klärschlammkomposte)

Im Unterschied zur Düngemittelverordnung enthält die AbfKlärV keine Positivliste von zulässigen Stoffen für eine Gemischherstellung. Mit der Änderung der DüMV wurde auch die AbfklärV wie folgt geändert: „Als Klärschlamm im Sinne dieser Verordnung gelten auch Klärschlammkomposte und Klärschlammgemische. Klärschlammgemische sind Mischungen aus Klärschlamm mit anderen geeigneten Stoffen nach Anlage 2, Tabelle 11 und 12 der Düngemittelverordnung. Klärschlammkomposte sind kompostierte Klärschlammgemische“. Mit dieser Regelung wird die gewollte Ein-

schränkung zulässiger Zusatzkomponenten für die Herstellung von Sekundärrohstoffdüngern unter Verwendung von Klärschlamm im Vollzug wirksam umgesetzt.

Es wurden insgesamt 12 Klärschlammkomposte auf den Schwermetallgehalt untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 20 dargestellt.

**Tabelle 20: Schwermetallgehalte in Klärschlammkomposten**

Organische NP-Dünger	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
Klärschlammkomposte n = 12										
MW	19,5	121	1,66	72,0	26,8	0,84	0,17	192	963	2,24
Min	6,20	46	1,06	27,0	19,0	0,55	0,12	89	480	1,90
Max	44,0	300	3,89	190	44,0	1,10	0,26	390	1700	4,60

Die Mittelwerte der analysierten Schwermetallgehalte liegen in den Klärschlammkomposten etwas höher als in den Klärschlämmen. Ursache kann eine Vermischung des Klärschlammes mit höher belasteten Materialien oder eine gezielte Verwendung höher Cd-belasteter Klärschlämme sein. Die Grenzwerte der AbfKlärV werden nicht überschritten und die Urangelhalte sind als gering einzuschätzen.

#### 5.3.4.3 Organische NPK-Dünger (Bioabfallkomposte)

Insgesamt wurden 88 Bioabfallkomposte auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Bewertungsgrundlage für die Belastung mit Schwermetallen ist die Bioabfallverordnung.

Im Rahmen der Kompostierung wurden überwiegend folgende Inputstoffe eingesetzt:

- pflanzliche Abfälle aus der Garten- und Landschaftspflege
- Bioabfall aus getrennter Sammlung privater Haushalte
- pflanzliche Rückstände aus der Lebens-, Genuss- und Futtermittelherstellung

Insgesamt wurden 88 Bioabfallkomposte auf die Gehalte an Schwermetallen analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 21 zusammengestellt.



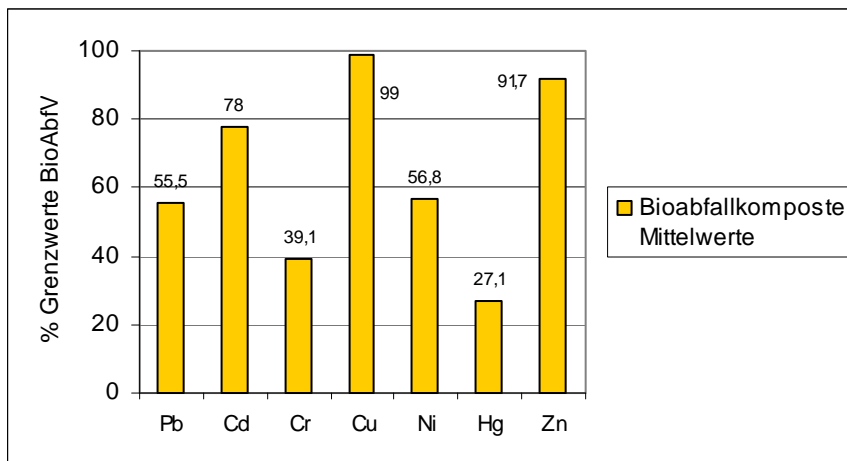
**Tabelle 21: Schwermetallgehalte in Bioabfallkomposten**

Organische NP-Dünger	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
Bioabfallkomposte										
n = 88										
MW	12,0	55,5	0,78	27,4	19,9	0,19	0,13	69,3	275	1,03
Min	0,01	0,27	0,20	1,39	1,8	0,03	0,03	24,2	73,8	0,08
Max	42,0	130	2,43	75,0	149	2,43	0,46	392	929	3,30

Insgesamt gab es bei 9 (10,2 %) Bioabfallkomposten Grenzwertüberschreitungen (Cadmium 2, Kupfer 4, Quecksilber 1, Zink 3) nach der BioAbfV. Die gemessenen Urangelhalte in den Bioabfallkomposten können als gering eingeschätzt werden.

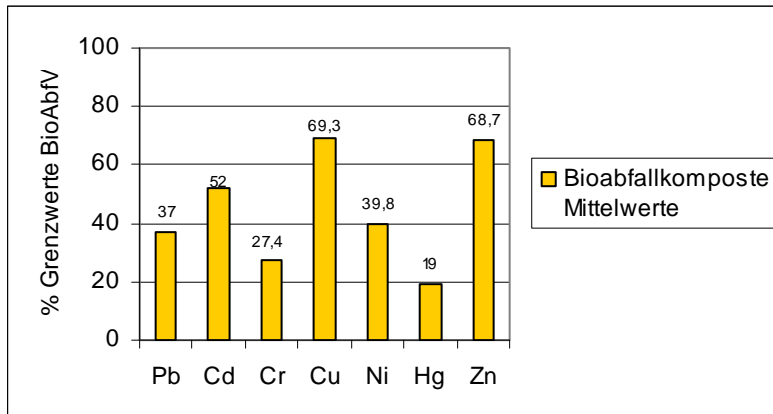
Positiv ist festzuhalten, dass es bei gütegesicherten Komposten zu keinen Überschreitungen der Schwermetallgehalte kam. Bei Produktionsanlagen mit RAL-Gütesicherung wird die Qualität der Komposterzeugnisse von der Bundesgütegemeinschaft geprüft und im Fremdüberwachungszeugnis der jeweiligen Produktionsanlage ausgewiesen. Diese Vorgehensweise hat sich sehr bewährt.

In den Abbildungen 2 und 3 sind die mittleren Schwermetallgehalte von Bioabfallkomposten relativ zu den Grenzwerten der BioAbfV für Kompostgaben von 20 t/ha TM und 30 t/ha TM im dreijährigen Turnus dargestellt.



**Abbildung 2: Schwermetallgehalte von Bioabfallkomposten relativ zu den Grenzwerten der BioAbfV für Kompostgaben von 20 t/ha TM im dreijährigen Turnus (Grenzwerte in mg/kg TM = 100 %)**

Die Schwermetallgrenzwerte der BioAbfV für Kompostgaben von 20 t/ha TM im dreijährigen Turnus werden bei Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber im Mittel zu 27,1 – 78,0 % ausgeschöpft. Auffallend höher bewegen sich die Ausschöpfungsraten bei Kupfer und Zink, sie betragen im Mittel 91,7 - 99 %.



**Abbildung 3: Schwermetallgehalte von Bioabfallkomposten relativ zu den Grenzwerten der BioAbfV für Kompostgaben von 30 t/ha TM im dreijährigen Turnus (Grenzwerte in mg/kg TM = 100 %)**

Legt man die Schwermetallgrenzwerte der BioAbfV für Kompostgaben von 30 t/ha TM im dreijährigen Turnus zu Grunde, werden für Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber Ausschöpfungsraten von 19,0 – 52 % und für Kupfer und Zink von 68,7 – 69,3 % erreicht. Die Kupfer- und Zinkgehalte in den untersuchten Bioabfällen schöpfen die Grenzwerte der BioAbfV deutlich höher aus als die übrigen Schwermetalle.

#### 5.3.4.4 Organische NPK-Dünger flüssig (Bioabfall/Gärrückstände)

Sofern in einer Biogasanlage Bioabfälle vergoren werden, müssen die auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebrachten Gärrückstände die Schwermetallgrenzwerte der BioAbfV und die maximal zulässige Ausbringungsmengen in Tonnen Trockenmasse pro ha innerhalb von drei Jahren einhalten.

Bei den untersuchten Gärrückständen handelt es sich um Organische NPK-Dünger flüssig, die in den Verkehr gebracht wurden. Im Rahmen der Kofermentation wurden überwiegend folgende Inputstoffe eingesetzt:

- Rinder- und Schweinegülle
- Festmist
- nachwachsende Rohstoffe
- Bioabfall aus der getrennten Sammlung privater Haushalte
- Küchen- und Kantinenabfälle

- Fett- und Fettrückstände
- überlagerte Lebens-, Genuss- und Futtermittel

Insgesamt wurden 17 Gärrückstände aus der Kofermentation auf den Schwermetallgehalt analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 22 zusammengefasst.

**Tabelle 22: Schwermetallgehalte in NPK-Düngern flüssig**

Organische NPK-Dünger flüssig	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
Gärrückstände (Kofermentation)										
n = 17										
MW	0,59	4,92	0,41	11,0	5,7	0,08	0,08	98,9	314	0,39
Min	0,01	0,01	0,04	0,76	0,01	0,02	0,01	22,0	100	0,01
Max	1,39	13,0	0,90	29,0	17,0	0,14	0,45	220	650	0,80

Die Gärrückstände aus der Kofermentation von Gülle mit Bioabfällen zeigten insgesamt sechs Überschreitungen der Grenzwerte bei Kupfer und Zink. Oftmals besitzen Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft hohe Gehalte an den essentiellen Spurennährstoffen Kupfer und Zink. In der Rinder- und besonders in der Schweinegülle liegen die Gehalte an Kupfer und Zink häufig über den in der BioAbfV vorgesehenen Höchstgrenzen. Wesentliche Eintragsquellen für diese Spurennährstoffe im Wirtschaftsdünger stellen Futtermittel und Futterzusatzstoffe dar. Durch eine Senkung und Annäherung der Kupfer- und Zink-Dosierung an die Versorgungsempfehlungen wissenschaftlicher Gesellschaften (z. B. der deutschen Gesellschaft für Ernährungsphysiologie oder des amerikanischen National Council) sind deutliche Reduzierungen der Gehalte dieser Spurenelemente in den tierischen Ausscheidungen realisierbar. Weitere Minderungsmöglichkeiten gibt es z. B. im Bereich der Stalleinrichtungen.

Nach BioAbfV (§ 4 Abs. 3 Satz 4) liegt es im Ermessen der zuständigen Behörde, im Einvernehmen mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde eine Überschreitung einzelner Schwermetalle zuzulassen, wenn Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind. Voraussetzung für die Zulassung auf Ausnahmen nach BioAbfV (Erlass des SMUL vom 20.07.1999) für Betreiber von Biogasanlagen, die Wirtschaftsdünger mit anderen Bioabfällen kofermentieren, ist, dass

1. in der Trockenmasse des Vergärungsrückstandes lediglich die Gehalte an Kupfer und/oder Zink nach BioAbfV (§ 4 Abs. 3 Satz1) überschritten sind und
2. davon ausgegangen werden kann, dass bei Beachtung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis nach Düngeverordnung mit einer Aufbringungsmenge an Vergärungsrückständen im Mittel von drei Jahren höchstens 8 000 g Zink und 2 000 g Kupfer je Hektar zugeführt werden, wobei der 4-fache Wert des Höchstgehaltes an Kupfer und der 3-fache

Wert des Höchstgehaltes an Zink nach BioAbfV (§ 4 Abs. 3 Satz 1) nicht überschritten sein darf, oder

3. eine Verwertung der Vergärungsrückstände auf Flächen erfolgt, die nachweislich durch Bodenuntersuchungen mit Kupfer bzw. Zink unterversorgt sind.

In Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde wurde in diesen Fällen der Stoffstrom und nicht die Konzentration zu Grunde gelegt. Damit wurde eine Ausbringung der Gärreste ermöglicht.

#### **5.4 Bodenhilfsstoffe**

Bodenhilfsstoffe sind gemäß § 1 Nr. 3 Düngemittelgesetz Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt, die den Boden biotisch, chemisch oder physikalisch beeinflussen, um seinen Zustand oder die Wirksamkeit von Düngemitteln zu verbessern, insbesondere Bodenimpfmittel, Bodenkrümler, Bodenstabilisatoren, Gesteinsmehle sowie Stoffe mit wesentlichem Nährstoffgehalt, die dazu bestimmt sind, in geringen Mengen zur Aufbereitung organischen Materials zugesetzt zu werden.

Bei den insgesamt 32 untersuchten Proben handelt es sich um Komposte, Schnellkomposter sowie Rindenprodukte, die als Bodenhilfsstoffe in den Verkehr gebracht wurden.

Für Komposte bestand in der Praxis oftmals das Problem, dass einige Komposte die Mindestgehalte für einen zugelassenen Düngemitteltyp der Düngemittelverordnung in der Fassung der Bekanntgabe vom 04.09.1999 nicht erreichten, die in der dieser DüMV festgelegten Höchstgehalte für Bodenhilfsstoffe hingegen überschritten. Diese Regelungslücke wurde durch die novellierte DüMV (2003) geschlossen. Hinsichtlich der Mindestgehalte für organische Düngemittel und der Höchstgehalte für Bodenhilfsmittel gibt es jetzt eine Überlappung (§ 3 sowie Abschnitt 3 der Anlage DüMV vom 26. November 2003). Fällt ein Kompost von seinen Nährstoffgehalten in diese Schnittstelle, so kann der Inverkehrbringer selbst wählen, ob er das Material als Bodenhilfsstoff oder als Organisches Düngemittel in den Verkehr bringt. Die analysierten Komposte bestanden überwiegend aus pflanzlichen Abfällen aus der Garten- und Landschaftspflege.

Die analysierten Kompostbeschleuniger enthielten als Inhaltsstoffe u. a. Kakaoschalen, Traubenkernmehl, Urgesteinsmehl, Rohphosphat, Harnstoff, Ammoniumsulfat sowie wichtige Kompostbakterien und Pilzkulturen.

Bei den kontrollierten Rindenumusproben handelte es sich um fermentierte (kompostierte), zerkleinerte und fraktionierte Rinde mit und ohne Nährstoffzusätze. Die Rindenmulchproben bestanden aus abgelagerter, zerkleinerter und fraktionierter Rinde ohne Nährstoffzusätze. Bisher gab es für Rindenprodukte keine Beschränkungen der Schwermetallgehalte. Rindenprodukte können einen wesentlichen Beitrag leisten, Torfsubstrate zu ersetzen. Rinde ist ein wertvoller und auch nachwachsender Rohstoff, der in bedeutendem Maße dazu beitragen kann, den Torfabbau zu reduzieren. Eingesetzt werden sie überwiegend zur Bodenverbesserung im Garten- und Land-

schaftsbau. Die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen der Bodenhilfsstoffe sind in der Tabelle 23 zusammengefasst.

**Tabelle 23: Schwermetallgehalte in Bodenhilfsstoffen**

Bodenhilfsstoff		As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
		mg/kg TM									
Kompost (Grünschnitt) n = 10	MW	6,51	59,9	0,53	21,5	18,4	0,20	0,12	41,6	225	0,72
	Min	2,38	46	0,35	15,6	10,3	0,17	0,09	26	150	0,56
	Max	9,2	74,2	0,79	30,9	35,2	0,26	0,25	63,4	326	0,89
Schnellkomposter n = 5	MW	1,60	2,01	1,12	19,1	3,92	0,03	0,03	15,4	123	7,24
	Min	0,03	0,01	0,14	9,6	0,01	0,01	0,01	12,1	109	0,74
	Max	2,74	6,02	2,61	24,0	6,17	0,06	0,07	20,8	140	14,1
Rindenhumus n = 5	MW	0,85	10,1	1,37	12,1	9,07	0,05	0,43	12,0	158	0,25
	Min	0,59	7,16	0,69	8,9	6,21	0,03	0,23	6,24	99,2	0,05
	Max	1,12	16,8	2,37	22,3	16,7	0,07	0,68	25,3	176	0,51
Rindenmulch n = 12	MW	0,77	4,64	0,84	5,98	3,08	0,07	0,29	5,97	102	0,13
	Min	0,38	0,82	0,67	0,24	0,01	0,04	0,19	3,21	25,9	0,02
	Max	1,98	10,0	2,06	35,8	7,94	0,09	0,37	10,2	404	0,48

Die analysierten Schwermetallgehalte in den Grüngutkomposten liegen alle unterhalb der Grenzwerte der BioAbfV. Es ist festzustellen, dass die mittleren Gehalte an Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Zink und Uran in den Grüngutkomposten niedriger liegen als in den analysierten Biokomposten.

Ein Kompostbeschleuniger zeigte eine deutliche Grenzwertüberschreitung des Cd-Gehaltes. Im Vergleich zu den anderen gemessenen Bodenhilfsstoffen lag der Uran-Gehalt in dieser Probe auch höher. Ursache für den hohen Cd-Gehalt im Kompoststarter könnte ein hoher Cd-Anteil im zugegebenen Rohphosphat sein.

Von den insgesamt 17 untersuchten Rindenprodukten überschritten zwei Rindenhumus-Proben und zwei Rindenmulch-Proben den zulässigen Cadmiumgehalt von 1,5 mg Cd/kg Trockenmasse. Die Gehalte für die Schwermetalle Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, und Hg lagen in allen untersuchten Rindenprodukten unterhalb der Kennzeichnungs- und Grenzwerte der Anlage 2, Tabelle 1 DüMV.

Es ist aus der Literatur (KLUGE 2006) bekannt, dass Rindenprodukte unter ungünstigen Bedingungen erhöhte Cadmium-Gehalte aufweisen. Cadmium ist auf Grund seiner chemischen Eigenschaften im Boden wesentlich mobiler als andere Schwermetalle. Die dadurch bedingte leichtere Aufnehmbarkeit durch Pflanzen wird mit sinkendem pH-Wert des Bodens noch zusätzlich gefördert (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1992). Saure Waldböden sind damit für eine hohe Cd-Aufnahme der Bäume prädestiniert, insbesondere bei höheren, geogen bedingten Cd-Anteilen im Ausgangsgestein, wie sie in Böden des Sauerlandes und der Eifel vorkommen. Unter diesen Bedingungen können erhebliche Cd-Anteile über die Baumwurzeln aufgenommen und in der Rinde akkumuliert werden.

Die Rindenprodukte dieser Regionen (Rindenmulch, Rindenhumus und Rindenkultursubstrat) werden unter den Bedingungen der jetzt geltenden DüMV ab 2008, trotz nachgewiesener Vorteilswirkungen als Bodenhilfsstoff im Garten- und Landschaftsbau, nicht mehr verwendet werden können. Hier wird im Rahmen einer zukünftigen Novellierung der DüMV überdacht, ob unter bestimmten zusätzlichen Auflagen (keine Verwendung auf landwirtschaftliche Flächen, keine Verwendung auf Flächen, die der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung dienen sowie keine Anwendung auf Kinderspielflächen) eine landbauliche Verwertung dieser Rindenprodukte möglich ist.

## **5.5 Kultursubstrate**

Gemäß § 1 Nr. 4 Düngemittelgesetz sind Kultursubstrate Pflanzenerden, Mischungen auf der Grundlage von Torf und andere Substrate, die den Pflanzen als Wurzelraum dienen, auch in flüssiger Form. Kultursubstrate, im Handel auch als „Blumenerde“ oder „Pflanzerde“ bezeichnet, kommen in verschiedenen Bereichen des Pflanzenbaus zum Einsatz. Seit vielen Jahren ist Hochmoortorf der wichtigste Ausgangsstoff für die Herstellung von Kultursubstraten. Der Torf wird aber erst zum Substrat, wenn er mit Kalk und Dünger und evt. mit Zuschlagstoffen veredelt wird. Insgesamt wurden 39 Kultursubstrate aus Garten- und Baumärkten Sachsens auf den Gehalt an Schwermetallen analysiert.

Folgende Zuschlagstoffe waren in den analysierten Kultursubstraten enthalten:

- Ton, ein Naturprodukt, das als Granulat oder in gemahlener Form zugegeben wurde
- Perlit, ein Naturprodukt aus erhitztem vulkanischem Gestein
- Holzfasern, ein Naturprodukt, hergestellt aus dem faserigen Teil des Schwammgewebes der Kokosnuss und
- Rindenhumus und Grünkompost (teils auch gütegesichert) aus getrennt gesammelten Grünabfällen.

Als Dünger wurden eingesetzt:

- wasserlösliche Mehrnährstoffdünger mit Haupt- und Spurennährstoffen
- spezielle Spurennährstoffe, z. B. Eisendünger

- Langzeitdünger, die die Nährstoffversorgung der Pflanzen über einen längeren Zeitraum sicherstellen können und
- Kalk zur Regulierung des pH-Wertes.

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf den Gehalt an Schwermetallen sind in der Tabelle 24 zusammengefasst.

**Tabelle 24: Schwermetallgehalte in Kultursubstraten**

Kultursubstrate n = 39	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
	mg/kg TM									
MW	2,02	17,4	0,49	9,57	3,41	0,07	0,05	26,9	78,4	0,42
Min	0,01	1,19	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96	6,48	0,01
Max	3,93	84,4	6,64	41,3	16,4	0,13	0,16	264	188	1,82

Insgesamt ist der mittlere Schwermetallgehalt in den analysierten Kultursubstraten als sehr gering zu betrachten. Es wurden von 39 untersuchten Proben in zwei Fällen (Cadmium und Kupfer) Überschreitungen der Grenzwerte nach der Anlage 2, Tabelle 1 der DüMV bzw. der BioAbfV festgestellt. Diese Kultursubstrate zeigten im Vergleich zu den anderen Proben auch erhöhte Urangelhalte.

## 6 Zusammenfassung

Schadstoffe, die sich im Boden befinden, können die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigen oder gar dauerhaft schädigen. Sie können bei bestimmten Bodengehalten außerdem von Pflanzen, die Menschen und Nutztieren als Nahrung dienen, aufgenommen werden. Wegen der besonderen Bedeutung landwirtschaftlicher Böden für die Produktion gesunder Nahrungsmittel ist aus Vorsorgegründen sicherzustellen, dass es nicht über die verschiedenen Belastungspfade, d. h. über die Atmosphäre, die Bewirtschaftung (insbesondere Düngung) oder die Verwertung von Abfällen, langfristig zu einer Schadstoffanreicherung in Böden kommt. Weil zudem über Böden Schadstoffe auch ins Grundwasser versickern können, dient der Schutz der Böden vor einer Anreicherung mit Schadstoffen auch dem vorsorgenden Grund- und Trinkwasserschutz.

Nach dem Beschluss der Agrarminister- und Umweltministerkonferenz vom 13. Juni 2001 sollen bei der Anwendung von Düngemitteln hinsichtlich der Nähr- und Schadstoffe die Ziele des Verbraucherschutzes, des Bodenschutzes und des Umweltschutzes Vorrang haben.

Das bedeutet in der Praxis:

- Bei der Anwendung von Düngemitteln soll es langfristig nicht zu einer Anreicherung von Schadstoffen im Boden kommen.
- Alle Düngemittel werden hinsichtlich der Zufuhr von Schadstoffen gleich behandelt.

Mit der Novellierung der Düngemittelverordnung im Jahr 2003 ist man den Vorgaben der Agrarminister- und Umweltministerkonferenz erheblich näher gekommen. Mit Ausnahme der organischen Düngemittel, die der Bioabfall- oder der Klärschlammverordnung unterliegen, wurden für nationale Düngemittel Schwellenwerte und Grenzwerte für bestimmte Schadstoffe festgelegt. EG-Düngemittel unterliegen derzeit keiner Grenzwertregelung für Schwermetalle.

Die Überwachung der Vorgaben der Düngemittelverordnung ist Aufgabe der Düngemittelverkehrskontrolle der Länder. Schwerpunkt der Arbeit der Düngemittelverkehrskontrolle wird in der Zukunft die Kontrolle der Einhaltung der Kennzeichnung- und Grenzwerte der Düngemittelverordnung sein. Das Schwergewicht wird dabei in der Überprüfung der Schwermetallgehalte in den Phosphatdüngemitteln (Ein- und Mehrnährstoffdünger) liegen.

Ausgehend von den Projektzielen sind die wichtigsten Ergebnisse nochmals zusammengefasst:

- Das Projekt „Bestimmung und Bewertung von Schwermetallgehalten in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten“ liefert eine Übersicht über die Bandbreite aktueller Gehalte anorganischer Schadstoffe sowie einen Vergleich dieser Werte mit bestehenden Grenzwerten.
- Die Grenzwerte der Düngemittelverordnung werden von den phosphatfreien Düngemitteln weitgehend eingehalten. Die am häufigsten eingesetzten mineralischen Stickstoff- und Kalidünger sind gering mit Schwermetallen belastet.
- Bei Kalken gibt es Kalkwerke in Deutschland, die geogen bedingt hohe Schwermetallgehalte aufweisen und die Grenzwerte der DüMV nicht einhalten werden.
- Die Kennzeichnungspflicht für Cadmium besonders bei phosphathaltigen Düngemitteln ab 20 mg Cd/kg  $P_2O_5$  (für Düngemittel ab 5 %  $P_2O_5$ ) wird zukünftig zur verbesserten Verbraucherinformation beitragen und kann auch als Basis für Cadmiumbilanzen genutzt werden.
- Bedingt durch die Herkunft der Rohstoffe bei phosphathaltigen Düngemitteln kommt es zu Überschreitungen der Kennzeichnungswerte und der Grenzwerte vor allem beim Cadmium. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die Mehrzahl der analysierten phosphathaltigen Düngemittel EG-Düngemittel sind, wo die nationale Kennzeichnung- und Grenzwertregelung für anorganische Schadstoffe nicht greift.
- Gütegesicherte Bioabfallkomposte zeigten keine Überschreitungen der Schwermetallgrenzwerte der BioAbfV. Die Gärreste aus der Kofermentation von Gülle mit Bioabfällen zeigen häufig Überschreitungen der Grenzwerte bei Kupfer und Zink.
- Alle untersuchten Klärschlämme/Klärschlammkomposte lagen hinsichtlich der Schwermetallbelastung deutlich unter den Grenzwerten der AbfKlärV.
- Rindenprodukte können teilweise geogen bedingt erhöhte Cadmiumgehalte aufweisen.
- Die Schwermetallgehalte in den analysierten Kultursubstraten aus Garten- und Baumärkten Sachsens sind als gering zu betrachten.



- Mineralische Düngemittel enthalten in Abhängigkeit vom Phosphatgehalt beachtliche Mengen an Uran. In organischen Düngemitteln ist der Urangehalt trotz geringer Schwankungen sehr gering.

Die Auswertung der Daten zeigt, dass die Schwermetallzufuhr je nach Wahl des Düngemittels sehr unterschiedlich sein kann. Insgesamt betrachtet, sind aber nicht die Schadstoffgehalte in Düngemitteln maßgebend, sondern die sich in Kombination mit der Applikationsmenge ergebenden Schadstofffrachten. Nur über eine Frachtenbetrachtung kann eine mögliche Bodenbelastung objektiv beurteilt werden.

Voraussetzungen für eine Frachtenbetrachtung sind:

- Nährstoffgehalte der Düngemittel müssen bekannt sein
- Schwermetallgehalte der Düngemittel müssen bekannt sein
- schlagbezogene Erfassung der ausgebrachten Mengen der einzelnen Düngemittel (Mengenbilanz) durch den Landwirt
- Bilanzierung der Schwermetallfrachten (analog Nährstofffrachten)
- Festsetzung eines Beurteilungszeitraumes (3 - 5 Jahre bzw. Fruchtfolge)
- Festsetzung von Schwermetall-Höchstgrenzen im Beurteilungsmaßstab

Die konsequente Umsetzung des Vorsorgeprinzips im Sinne einer nachhaltigen Praxis besteht darin, betriebliche Nährstoff- um Schadstoffbilanzen zu erweitern und das Düngemanagement künftig qualitativ (Wahl des Düngemittels) und quantitativ (Aufbringungsmengen) anzupassen.

An das sächsische Düngedarfbsberechnungs- und Nährstoffbilanzierungsprogramm BEFU ist speziell an den schlagspezifischen Nährstoffbilanzierungsteil der Baustein Cd-Bilanzierung programmtechnisch gekoppelt worden (MÖNICKE UND FÖRSTER 2003). Die schlagbezogene Cd-Bilanz ist ein wichtiger Baustein zum landwirtschaftlichen Verbraucherschutz und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die durch das Projekt gewonnenen aktuellen Schwermetallgehalte von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten können dazu genutzt werden.

Im Jahr 2006 wurde in der LfL eine Düngemitteldatenbank aufgebaut. Die Datenbank umfasst alle im Rahmen der Düngemittelverkehrskontrolle ermittelten Nährstoff- und Schadstoffgehalte. Es wird angestrebt, diese laufend zu aktualisieren. Das Datenmaterial kann zur Abschätzung von Auswirkungen bzw. der Prognose von Auswirkungen der Schwermetalleinträge durch Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate auf den Naturhaushalt herangezogen werden.

Die Anforderungen an die Produktqualität und Produktsicherheit von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten haben deutlich zugenommen. Die Kontrolle der Schwermetallgehalte (Risikoaspekt) in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten wird zukünftig einen

Schwerpunkt in der Düngemittelverkehrskontrolle bilden und damit einen wichtigen Beitrag zum Umwelt- und Verbraucherschutz leisten.

## 7 Literaturverzeichnis

- BMU: Umweltdaten Deutschland Online (2006): Einträge von Schadstoffen durch Mineraldünger in landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden
- BOYSEN, P. (1992): Schwermetalle und andere Schadstoffe in Düngemitteln- Literaturlauswertung und Analysen. UBA-Texte 55/92. Umweltbundesamt Berlin
- DÜNGEMITTELGESETZ vom 15. November 1977 (BGBl. I S. 2134), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2819)
- DÜNGEMITTELVERORDNUNG in der Fassung der Bekanntgabe der Neufassung vom 04. August 1999 (BGBl. I S. 1758)
- KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (KrW-/AbfG) vom 27. September 1994, zuletzt geändert durch Artikel 71 des Gesetzes über die Öffentlichkeitsbeteiligung vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2819)
- GUPTA, CK.; SINGH, H. (2003): Uranium Resource Processing. Secondary Resources. Berlin: Springer Verlag, 519p, ISBN 3-540-67966-9
- INDUSTRIEVERBAND AGRAR (2006): Zur Uran-Belastung durch phosphathaltige Mineraldüngemittel. Zu finden in < [http://www.iva.de/doc/pos\\_151.asp](http://www.iva.de/doc/pos_151.asp)
- KHARIKOV, AM.; SMETANA V. (2000): Heavy metals and radioactivity in phosphate fertilizers: short term detrimental effects. Zu finden in [http://www.fertilizer.org/ifa/publcat/pdf/2000\\_biblio\\_126.pdf](http://www.fertilizer.org/ifa/publcat/pdf/2000_biblio_126.pdf)
- KORDEL, W. et al. (2007): Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung., UBA Texte 30/07. Bundesumweltamt Dessau
- KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (ABFKLÄRV) vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Artikel 4 der Verordnung vom 20. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2298)
- KLUGE, R. (2006): Bewertung des Cadmiumanteils in Rindensubstraten für den Garten- und Landschaftsbau, VDLUFA-Schriftenreihe Band 61/2006
- KRATZ, S. (2004): Vortrag zum Statusseminar Uran-Umwelt-Unbehagen: Uran in Düngemitteln. Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft)
- KRATZ, S; SCHNUG, E. (2005): Schwermetalle in P-Düngern, Landbauforschung Völknerode, Special Issue 286
- LABO (1998): Länderübergreifende Hintergrundwerte für Böden. In: Rosenkranz, D.; Einsele, E.; Harreß, H-M.; Bodenschutz. Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Loseblattsammlung. Berlin: E. Schmidt Verlag, Band 3, 28. Lieferung XII/98, Rn9006, ISBN 3-503-02718-1
- MORTVEDT, J.; BEATON, J. (1995): Heavy Metal and Radionuclide Contaminants in Phosphate Fertilizers. In: SCOPE 54- Phosphorus in the Global Environment-Transfers, Cycles and Management, chapter 6,

- MÖNICKE, R.; KÜHN, I. (2006): Klärschlammverordnung (AbfKlärV - Aufbringungsplan 2006 des Freistaates Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- MÖNICKE, R.; FÖRSTER, F. (2003): Die schlagbezogene Cd-Bilanz- ein Baustein zum landwirtschaftlichen Verbraucherschutz und zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Wiener Mitteilungen (2003), Band 184: 63-98, Institut für Wassergüte/TU-Wien
- OHLY, M. (2005): Diplombkartierung: Einfluss der Phosphatdüngung auf den Urangehalt im Boden. TU Bergakademie Freiberg, unveröffentlicht, 96 p.
- RAVEN, K.; LOEPPERT, R. (1997) Trace element composition of fertilizers and soil amendments. Journal of Environmental Quality 26: 551-557
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, 13. Auflage, S. 321-323
- SÜß, E. (2005): Eintrag von Uran über Phosphat – und NPK-Dünger: Gefahr für das Grundwasser? Referat zum Seminar Grundwasserschutz im Sommersemester 2005. TU Bergakademie Freiberg
- VAN KAUBERGH, S. (1997): Cadmium and other minor elements in world resources of phosphate rock. The Fertilizer Society, Proceedings No. 400, ISBN 0-85310-034-9
- VDLUFA-Methodenbuch Band VII (2003): 2.1.2 Aufschluss mit Königswasser, VDLUFA-Verlag, Bonn, 2. Auflage 2003
- VDLUFA-Methodenbuch Band II (1995): 2.2 Probenvorbereitung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA-Methodenbuch Band II.2 (2000): 2 Probenvorbereitung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA-Methodenbuch Band II.2 (2000): 3.2.1.3 Bestimmung des Gesamtposphates, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA-Methodenbuch Band II (1995): 4.1.1 Mineralsäurelösliches Phosphat, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA-Methodenbuch Band II (1995): 4.2.1 Gravimetrisch als Ammoniummolybdatophosphat nach von Lorenz-Neubauer, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VERORDNUNG über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung-DüMV); vom 26. November 2003 (BGBl. I S. 2373), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. Juli 2006 (BGBl. I S. 1818)
- VERORDNUNG zur Änderung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften und der Düngemittelverordnung vom 22. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2494)
- VERORDNUNG über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung-BioAbfV) vom 21. September 1998, geändert durch Artikel 5 Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), durch Artikel 3 Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen vom 25. April 2002 (BGBl. I S. 1488) und durch § 11 Düngemittelverordnung vom 26. Dezember 2003 (BGBl. I S. 2373)
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte Nebenprodukte (ABl. L 273 vom 10.10.2002, S. 1)

VERORDNUNG (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel; Amtsblatt der Europäischen Union L 304/1

ZIELINSKI, R. A.; ASHER-BOLINDER, S.; MEIER, A.L.; JOHNSON, C. A.; SZABO, B.J. (1997): Natural or fertilizer-derived uranium in irrigation drainage: a case study in southeastern Colorado, U.S.A. Applied Geochemistry 12 (1): 9-21

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
Internet: [www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/)

### **Autoren:**

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Fachbereich Landwirtschaftliches Untersuchungswesen  
Dr. Barbara Dittrich  
Gustav-Kühn-Str. 8  
04159 Leipzig  
Telefon: 0341 9174-210  
Telefax: 0341 91744-211  
E-Mail: [barbara.dittrich@smul.sachsen.de](mailto:barbara.dittrich@smul.sachsen.de)

Dr. Ralf Klose  
Telefon: 0341 9174-208  
Telefax: 0341 91744-211  
E-Mail: [ralf.klose@smul.sachsen.de](mailto:ralf.klose@smul.sachsen.de)

### **Redaktion:**

siehe Autoren

### **Endredaktion:**

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Anne-Christin Matthies-Umhau, Ramona Scheinert, Matthias Löwig  
Telefon: 0351 2612-345  
Telefax: 0351 2612-151  
E-Mail: [anne-christin.matthies@smul.sachsen.de](mailto:anne-christin.matthies@smul.sachsen.de)

### **ISSN:**

1861-5988

### **Redaktionsschluss:**

Januar 2008

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

### **Verteilerhinweis**

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