

Schadstoffe in Klärschlamm- gedüngten Ackerböden Baden-Württembergs

Kurzbericht



Herausgegeben von der
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
1. Auflage

Karlsruhe 2003

Impressum

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52, http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de
Im Auftrag des	Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg 70029 Stuttgart · Postfach 21 07 52 http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de
ISSN	0949-0256 (Bd. 15, 2003)
Projektleitung und Redaktion	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 2 – Ökologie, Boden- und Naturschutz Dr. Peter Dreher In Zusammenarbeit mit: wave GmbH Umweltlabor, Stuttgart Regioplus Ingenieurgesellschaft, Stuttgart Fraunhofer-IME, Schmallenberg Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Stuttgart DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe
Umschlaglayout	Stephan May · Dipl.-Designer · 76135 Karlsruhe
Titelbild und Gestaltung	Jutta Ruloff · Dipl.-Designerin · Sophienstr. 136 · 76135 Karlsruhe
Druck	Engelhardt & Bauer Druck- u. Verlags-GmbH · 76202 Karlsruhe
Umwelthinweis	gedruckt auf Recyclingpapier
Bezug über	Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim-Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370
Preis	kostenfrei

1 Zusammenfassung	4
• Anlass	
• Ziel	
• Ergebnis	
• Bewertung	
2 Untersuchungskonzept	6
• Standorte	
• Untersuchte Stoffgruppen	
3 Ergebnisse	8
• Schadstoffanreicherungen	
• Klärschlamm ist Ursache für erhöhte Schadstoffgehalte	
4 Abkürzungsverzeichnis	14



1 Zusammenfassung

Anlass

Im Mittelpunkt der aktuellen umweltpolitischen Diskussion um die bodenbezogene Klärschlammverwertung und die anstehende Novellierung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) steht die Frage, welche langfristigen Schadstoffanreicherungen in Ackerböden zu erwarten sind. Durch eine Vielzahl toxikologisch bedenklicher organischer Stoffe, die nicht in der Klärschlammverordnung geregelt sind, können nicht kalkulierbare Risiken entstehen. Die Beschlüsse der gemeinsamen Agrar- und Umweltministerkonferenz vom Juni 2001 zielen darauf ab, bewirtschaftungsbedingte Schadstoffanreicherungen zu vermeiden. In jüngster Zeit konnte ein breites Spektrum organischer Schadstoffe in Klärschlämmen nachgewiesen werden, u.a. durch Untersuchungsprogramme in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Über deren Verhalten in klärschlammgedüngten Böden lagen bislang jedoch keine hinreichenden Erkenntnisse vor.

Ziel

Das Ziel der vorliegenden Studie war daher die Klärung der Frage, ob der mit der Klärschlammdüngung verbundene Schadstoffeintrag zu einer nachweisbaren Anreicherung in den Böden führen kann. Besonderes Augenmerk lag dabei neben den so genannten ubiquitären (allgemein in der Umwelt verbreiteten) Schadstoffen (Schwermetalle, PAK, PCB, PCDD/PCDF) auf weiteren in jüngerer Zeit in Klärschlämmen nachgewiesenen, aber bislang in Böden wenig untersuchten und u.a. im Zusammenhang mit endokrinen (z.B. hormonelle) Wirkungen diskutierten Organika (z.B. Organozinnverbindungen).

Ergebnis

Zentrales Ergebnis der Studie ist der Nachweis von Schadstoffanreicherungen in Böden an drei von elf landwirtschaftlichen Praxisstandorten und zwei Versuchsflächen als Folge langjähriger Klärschlammdüngung. An den beiden Praxisstandorten mit den höchsten Klärschlammaufbringungsmengen wurden Anreicherungen von Organozinnverbindungen und polyzyklischen Moschusverbindungen sowie Kupfer und Zink nachgewiesen. An einem weiteren Praxisstandort waren die Gehalte an Organozinnverbindungen und Dioxinen (PCDD/PCDF) signifikant erhöht. Auf den Klärschlammversuchsflächen zeigten sich deutliche Anreicherungen der genannten Stoffe und zusätzlich von Cadmium, Blei und Quecksilber sowie PCB, PAK und DDT. Die Schwermetallkonzentrationen lagen auf den Versuchsflächen teils oberhalb, auf den Praxisflächen unterhalb der Vorsorgewerte nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Anreicherungsszenarien auf der Grundlage von Hochrechnungen für eine fortgesetzte Klärschlammdüngung (Annahme: weitere 70 Jahre) zeigen, dass langfristig mit dem Erreichen und Überschreiten von Vorsorgewerten zu rechnen ist.



Bewertung

Diese Untersuchung kann soweit bekannt als erstmaliger analytischer Nachweis von durch Klärschlamm Düngung verursachten Anreicherungen nicht ubiquitärer Organika auf Praxisackerflächen betrachtet werden. Hervorzuheben ist der Nachweis von Organozinnverbindungen sowie polyzyklischen Moschusverbindungen auf klärschlammgedüngten Flächen bei gleichzeitiger Anreicherung von Schwermetallen und Dioxinen/Furanen. Bemerkenswert ist weiterhin auch die offenbar hohe Persistenz der nachgewiesenen Organika im Boden über den teils langen Zeitraum seit der letzten Beschlämmung (bis 14 Jahre).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind vor dem Hintergrund der Zielsetzung der Vermeidung von Schadstoffanreicherungen in landwirtschaftlich genutzten Böden zu bewerten. Für die ubiquitären Stoffe gelten nach den „Grundsätzen

und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden“ (UBA-Texte 59/01, 2001) die Handlungsoptionen „Gleiches zu Gleichem“ bzw. „Eintrag gleich Austrag“. Die Handlungsoption „Vermeidung von Stoffeinträgen“ bezieht sich vor allem auf die nicht ubiquitären organischen Stoffe. Die Anreicherungen von Kupfer und Zink sowie die Gegenwart verschiedener klärschlammtypischer Organika in den hier untersuchten Böden zeigt, dass die aus diesen Handlungsoptionen resultierenden Anforderungen bei der bodenbezogenen Klärschlammverwertung nach heutiger Praxis insgesamt nicht eingehalten werden. Problematisch erscheint insbesondere die Vielfalt der in Klärschlämmen vorkommenden organischen Stoffe mit ihren nicht ausreichend untersuchten Risiken für Mensch und Umwelt.



2 Untersuchungskonzept

Die Untersuchung basierte auf dem paarweisen Vergleich von jeweils einer mit Klärschlamm gedüngten Ackerfläche (*Klärschlamm-Fläche*) mit einer benachbarten unbeschlammten Referenzackerfläche (*Referenz-Fläche*).

Standorte

Entsprechend dem Ziel der Untersuchung, nämlich die Erfassung möglicher Stoffeinträge bzw. -anreicherungen durch Klärschlammdüngung in Böden, wurden die Untersuchungsstandorte nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- In direkter Nachbarschaft zur ausgewählten Klärschlamm-Fläche liegt eine nicht beschlammte Referenz-Fläche mit weitgehend übereinstimmenden Boden- und Standorteigenschaften.
- Die Böden der Klärschlamm-Flächen haben eine langjährige, nachvollziehbare Klärschlammdüngung mit möglichst hohen Ausbringungsmengen im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben erhalten. Hinweise auf besondere Stoffeinträge über Klärschlamm wurden berücksichtigt.
- Die Klärschlamm-Flächen der Untersuchungsstandorte sollten weitgehend unbeeinflusst von Wirtschaftsdüngergaben (v.a. Gülledüngung) sein.
- Die 11 Praxisstandorte sollten eine möglichst gute Verteilung über verschiedene ackerbaulich genutzte Regionen in Baden-Württemberg aufweisen.

Ergebnis der Standortauswahl waren 13 über Baden-Württemberg verteilte Flächenpaare – jeweils mit Klärschlamm- und Referenz-Fläche. Es handelt sich um 11 Praxisstandorte (Standorte 3 bis 13) sowie zwei Versuchsstandorte (Standorte 1 und 2) auf dem Gelände der Universität Hohenheim (Klärschlamm-Hochlastversuch). Die ausgebrachten Klärschlamm-Mengen der Praxisstandorte (Klärschlamm-Flächen) lagen insgesamt zwischen 3,2 t/ha und 31,5 t/ha, die der Versuchsflächen bei 85 und 510 t/ha (die Referenz-Fläche entsprach hier der Null-Parzelle). Die Standortauswahl ergab somit nur wenige Praxisflächen mit langjährig hohen Klärschlammgaben. Bemerkenswert ist, dass dennoch klärschlammbedingte Stoffanreicherungen nachgewiesen werden konnten.

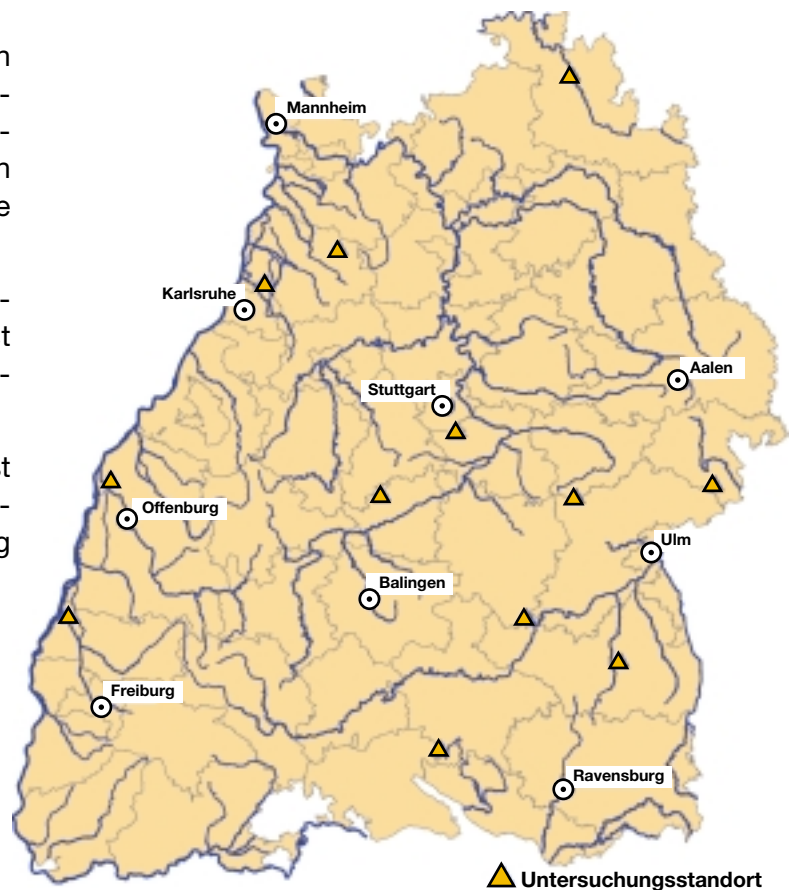
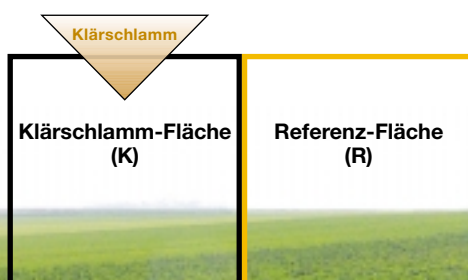


Abb. 1: Übersichtskarte der Untersuchungsstandorte



Untersuchte Stoffgruppen

Die Auswahl der Stoffgruppen orientierte sich u.a. an einer Stoffliste der UMK-AG „Ursachen der Klärschlammbelastung mit gefährlichen Stoffen, Maßnahmenplan“ (UMK-AG, 2000). Das Analysenspektrum umfasste Schwermetalle (und As, Sb) sowie organische Stoffgruppen mit „vorrangiger Relevanz“ und Stoffe „mit Informationsbedarf“ gemäß UMK-AG. Die Bestimmung der Schwermetalle erfolgte jeweils an drei Parallelproben und mit drei unterschiedlichen Extraktionsmethoden (Königswasser, EDTA, Ammoniumnitratlösung). Die Organikaanalysen (außer PAK, PCB, CKW) wurden aus Kostengründen zunächst nur an ausgewählten Standorten und jeweils an Einzelproben durchgeführt. An Standorten mit relevanten Gehalten erfolgte anschließend ebenfalls eine Absicherung über insgesamt drei Parallelproben und eine statistische Auswertung. Ergänzend wurde ein Test der Böden auf estrogenere und zytotoxische Wirkung mit Hilfe des Hefe-Estrogenrezeptor-Tests (*hER-Screen*) – allerdings ohne bewertbaren Befund – durchgeführt.



Tabelle 1: Übersicht über das untersuchte Stoffspektrum

Schwermetalle
As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl, Hg, V, Zn
Organische Stoffe
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Organochlorpestizide (CKW, 3 Stoffgruppen)
- Dioxine / Furane (PCDD/PCDF)
- Octyl-/Nonylphenol (AP)
- Polyzyklische Moschusverbindungen (polyzykl. Moschv.)
- Phthalate (DEHP)
- Polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Organozinnverbindungen (OT)
- Lineare Alkybenzolsulfonate (LAS)
- Bisphenol A
- (Arzneimittel, nur an einem Standort untersucht; ohne Befund)



3 Ergebnisse

Schadstoffanreicherungen

Schwermetalle:

Bei den Gesamtgehalten (Königswasserextrakt) zeigten sich auf 3 von 11 Praxisstandorten bei mindestens einem Schwermetall signifikant erhöhte Werte auf den Klärschlamm-Flächen (vgl. Tabelle 2 auf Seite 13 und Abb. 2 und 3). An den Standorten 10 und 12 waren bei 4 bzw. 2 Schwermetallen die Gehalte auf den Klärschlamm-Flächen signifikant erhöht und somit eine deutliche Häufung von Mehrbefunden feststellbar. Auf diesen beiden Standorten wurden mit insgesamt 31,5 und 19 t/ha auch die höchsten Klärschlamm-Mengen der Praxisflächen ausgebracht. Bezogen auf das Analysespektrum (Königswasserextrakt) fanden sich auffällige Werte bei Cr (1), Cu (3), V (1) und Zink (2). Die Extraktion mit EDTA ergab wiederum bei den Standorten 10 (Zn) und 12 (Cu und Zn) signifi-

kant erhöhte Schwermetallgehalte der Klärschlamm-Flächen. Die Extraktion mittels Ammoniumnitrat ergab auf den Praxisflächen keine relevanten Ergebnisse.

Die Versuchsflächen am Standort 1 und 2 zeigten ebenfalls einen deutlichen Zusammenhang zwischen aufgetragenen Klärschlamm-Mengen und auffälligen Schwermetallgehalten. Auf der Fläche am Standort 1 (85 t/ha Klärschlamm) ist bei Hg eine signifikante Erhöhung zu erkennen. Auf der Fläche am Standort 2 (510 t/ha Klärschlamm) sind 7 Schwermetallwerte (Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Hg, Zn) signifikant gegenüber der Referenz-Fläche erhöht. Die ammoniumnitratlöslichen Gehalte von Ni und Zn sind auf der Fläche am Standort 2 signifikant erhöht.

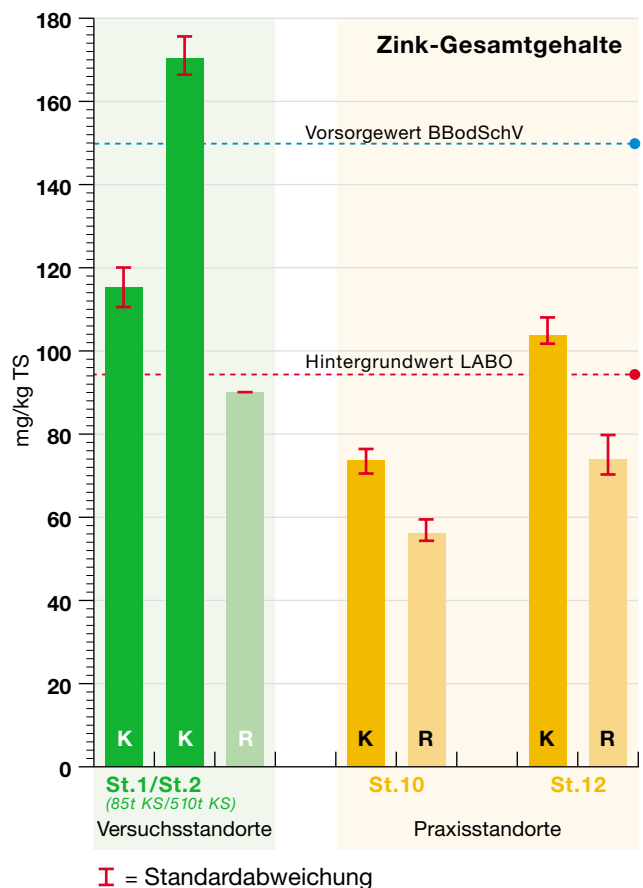
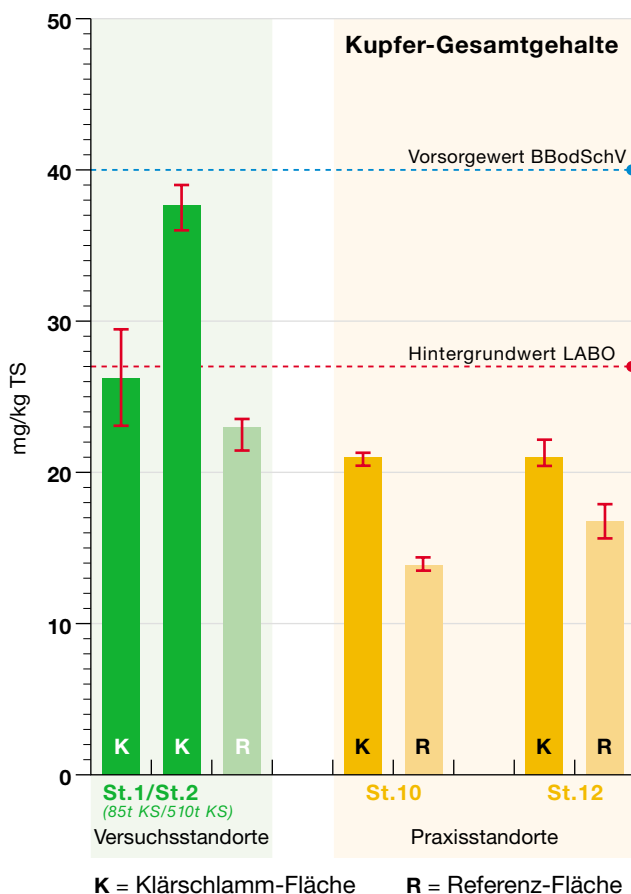
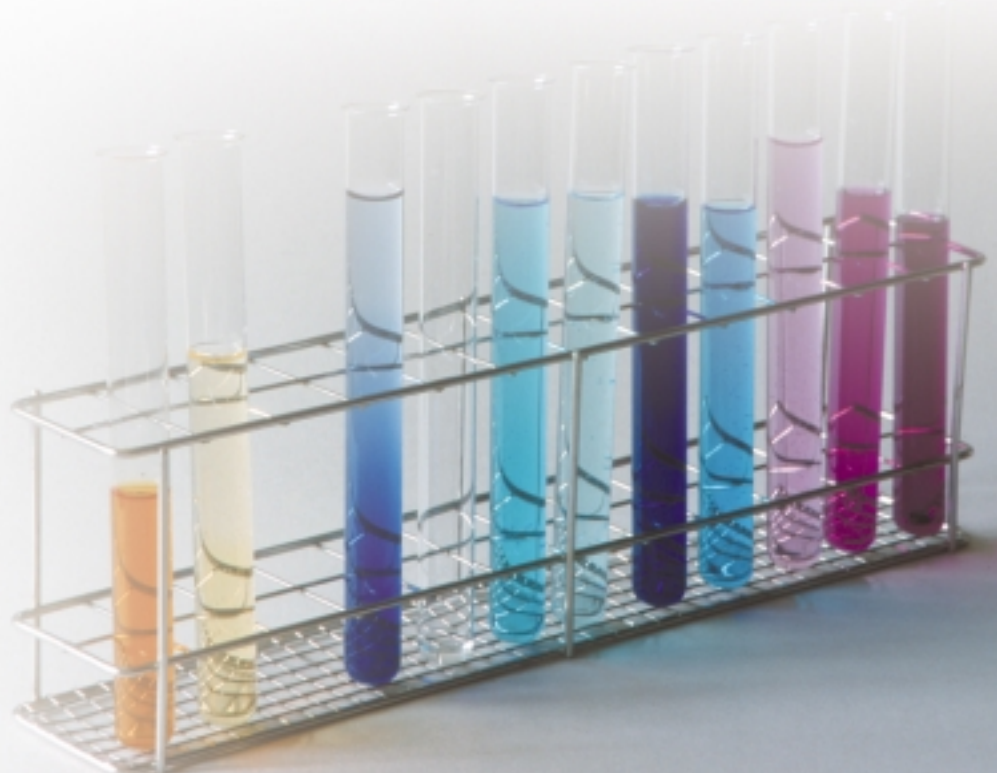


Abb. 2/3: Kupfer-Gesamtgehalte (Abb.2) und Zink-Gesamtgehalte (Abb.3) von ausgewählten Standorten im Vergleich zu Hintergrundwert nach LABO (1998) und Vorsorgewert nach BBodSchV

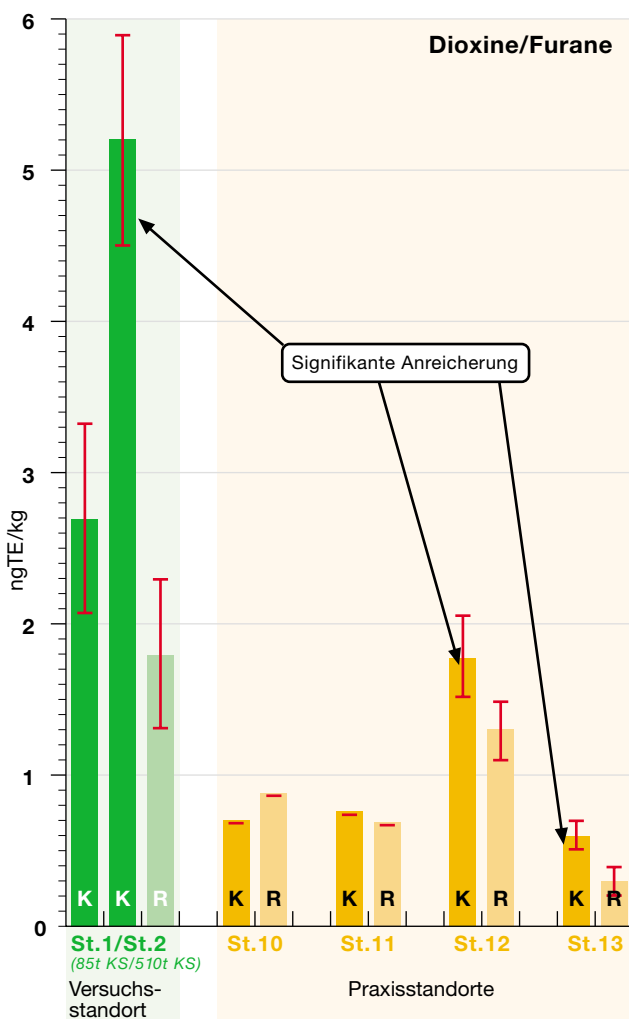
Ergänzend zur Frage von Gehaltsunterschieden von Klärschlamm- und Referenz-Flächen wurde auch das Konzentrationsniveau der Schwermetalle in den Vergleich zu Hintergrund- und Vorsorgewerten gestellt. Auf den Versuchsflächen an den Standorten 1 und 2 liegen Überschreitungen der Vorsorgewerte (BBodSchV) für die Elemente Cd, Hg und Zn sowie Hintergrundwertüberschreitungen für Cu und Zn vor. Für Zn (ammoniumnitratlöslich) wird auf Standort 2 zudem annähernd der Prüfwert für Wachstumsbeeinträchtigungen von Kulturpflanzen erreicht. Auf den Praxisflächen unterschreiten alle vorgefundenen Werte das Niveau der Vorsorgewerte nach BBodSchV. Aus den vorliegenden Messdaten sowie den dokumentierten Klärschlammaufbringungen wurden zusätzlich nach verschiedenen Methoden Anreicherungszenarien für eine fortgesetzte Klärschlammaufbringung über 70 Jahre berechnet. Bei den Schwermetallen zeigten die Modellrechnungen für die Standorte 10 und 12 Anreicherungen insbesondere für Cu und Zn in der Nähe bzw. oberhalb der Vorsorgewerte nach BBodSchV.



Organische Stoffe

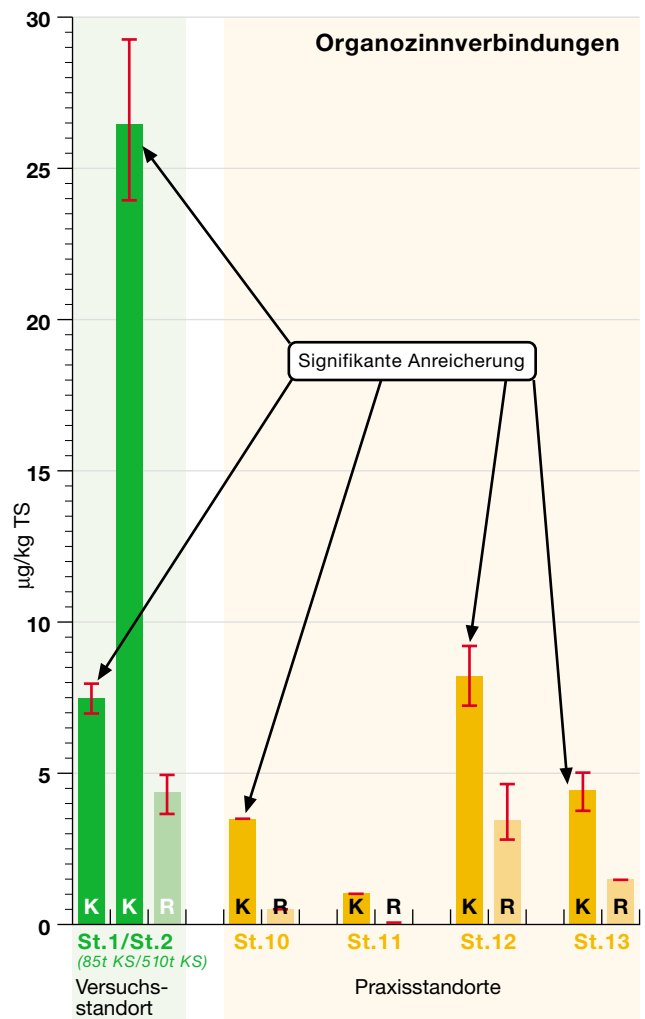
An 3 von 11 Praxisstandorten (Standorte 10, 12 und 13) fanden sich bei mindestens einem organischen Parameter signifikante Unterschiede zwischen Klärschlamm- und Referenz-Flächen (vgl. Tabelle auf Seite 13). Wurden nicht nur die statistisch abgesicherten Mittelwerte aus den 3 Parallelprobenuntersuchungen aufgeführt, sondern auch auffällige Einzelwerte berücksichtigt, so erhöhte sich die Anzahl auffälliger Praxisstandorte auf 5. Bezogen auf die Stoffgruppen waren die polychlorierten Dioxine/Furane, die Organo-

zinnverbindungen und die polyzyklischen Moschusverbindungen an jeweils 3 Standorten signifikant erhöht (Abb. 4 - 6). Bei den Versuchstandorten 1 und 2 waren bei allen organischen Parametern, deren Gehalte über den angegebenen Bestimmungsgrenzen lagen (8 von 13 untersuchten organischen Stoffgruppen), signifikant höhere Werte auf den Klärschlamm-Flächen gegenüber den Referenz-Flächen zu beobachten. Am Standort 1 waren diese Unterschiede entsprechend den geringeren Klärschlamm-



K = Klärschlamm-Fläche R = Referenz-Fläche

Abb. 4: PCDD/PCDF-Gehalte von ausgewählten Standorten (Standorte 10 und 11 Werte aus Einzelmessungen)



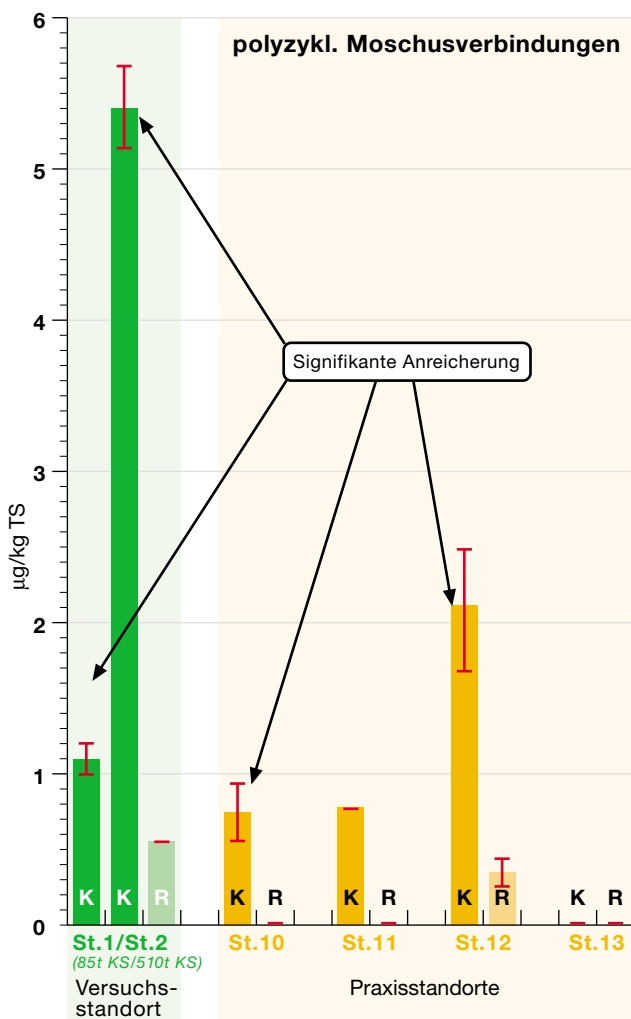
St = Standort I = Standardabweichung

Abb. 5: Gehalte der Organozinnverbindungen von ausgewählten Standorten (Standorte 10 und 11 Werte aus Einzelmessungen)



gaben kleiner. Die Aufnahme dieser praxisfern bewirtschafteten Versuchsflächen in das Untersuchungsprogramm erwies sich als sehr sinnvoll, da die hohen Klärschlammgaben Effekte langfristiger Schadstoffeinträge durch Klärschlammdüngung erkennen lassen. Zudem konnten auf diesen Flächen typische Schadstoffmuster von klärschlammgedüngten Böden im Bereich der nicht ubiquitären Organika bei teils sehr deutlicher Überschreitung der analytischen Bestimmungsgrenzen ermittelt werden. Bemer-

kenswert war auch, dass Vertreter dieser Stoffgruppen (z.B. polyzyklische Moschusverbindungen) trotz des langen Zeitraums seit der letzten Versuchsbeschlämmung (1989) noch heute nachgewiesen werden konnten.



K = Klärschlamm-Fläche **R** = Referenz-Fläche
St = Standort **I** = Standardabweichung

Abb. 6: Gehalte der Polyzyklischen Moschusverbindungen HHCb + AHTN von ausgewählten Standorten (Standorte 11 und 13 Werte aus Einzelmessungen)

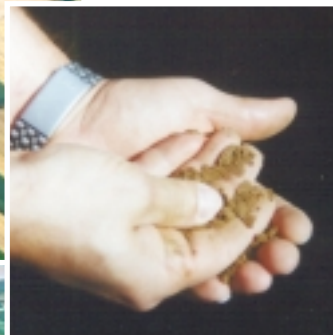
Klärschlamm ist Ursache für erhöhte Schadstoffgehalte

Auf Grundlage der Gesamtbetrachtung aller Untersuchungsergebnisse ergibt sich ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den Mehrbefunden und der Klärschlammdüngung auf den jeweiligen Klärschlamm-Flächen der Versuchsstandorte 1 und 2 sowie der Praxisstandorte 10, 12 und 13. Durch Klärschlammdüngung signifikant erhöhte Werte fanden sich für die Parameter Cu, Zn, PCDD, Polyzyklische Moschusverbindungen und Organozinnverbindungen. Diese Schlussfolgerung stützt sich auf folgende Feststellungen bzw. Argumente:

- Die analytischen Mehrbefunde waren statistisch signifikant.
- Alternative Eintragspfade (z.B. Eintrag von Schwermetallen oder PCDD/PCDF durch atmosphärische Deposition oder Gülle) und naturräumlich-geologische Ursachen waren auf Grund der räumlichen Nähe und der weitgehenden bodenkundlichen Übereinstimmung von Klärschlamm- und Referenz-Flächen als relevante Erklärungsursache auszuschließen.

Die Mehrbefunde bei den Schwermetallen lassen sich weitgehend rechnerisch durch die Eintragsfrachten der Klärschlammgaben erklären.

- Es zeigte sich eine deutliche Häufung von Befunden insbesondere auf den im Probenkollektiv höchst beschlammten Klärschlamm-Flächen der Praxisstandorte 10 und 12 sowie eine teilweise gute Übereinstimmung mit dem Stoffspektrum der sehr hoch beschlammten Versuchsflächen 1 und 2.
- Das Spektrum der auf den Klärschlamm-Flächen gefundenen Organika kann auf der Grundlage von Ergebnissen aus Klärschlamm-Untersuchungsprogrammen als „klärschlamm-typisch“ bezeichnet werden. Hier sind vor allem die polyzyklischen Moschusverbindungen zu nennen, die auf Grund ihres Verwendungsspektrums einzig dem Eintragspfad Klärschlammdüngung zuzuordnen sind. Die Gegenwart dieser Stoffgruppe in Böden kann somit quasi als „Indikator“ für klärschlammbedingte Stoffeinträge betrachtet werden.



Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Konzentrationsunterschiede derjenigen Standorte sowie Stoffe/Stoffgruppen, bei denen signifi-

kante Unterschiede zwischen Klärschlamm- und Referenz-Flächen vorliegen.

Tabelle 2:

Stoffe/Stoffgruppen mit signifikanten Unterschieden zwischen Klärschlamm- und Referenz-Flächen; Gehalte bezogen auf Trockensubstanz; Konzentrationsangaben, die nur aus einer Messung ermittelt wurden, sind in Klammern gesetzt, Schwermetallgehalte ohne Zusatz beziehen sich auf Königswasserextrakte. Die Tabelle enthält nur Daten von Standorten mit klärschlammbedingten Schadstoff-Mehrfbefunden auf den K-Flächen.

Parameter	Einheit	Standort 1	Standort 2	Standort 1/2	Standort 10		Standort 11		Standort 12		Standort 13	
		K	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R
Cd	mg/kg		1,1	0,4								
Cd (EDTA)	mg/kg		0,8	0,4								
Cr	mg/kg				43,5	33,3						
Cu	mg/kg		37,4	22,6	21,3	15,2			21,4	16,9		
Cu (EDTA)	mg/kg		20,0	9,0					7,2	5,6		
Mo	mg/kg		1,0	0,7								
Pb	mg/kg		31,9	24,9								
Sb	mg/kg		1,0	0,6								
V	mg/kg				51,2	40,6						
Hg	mg/kg	0,8	1,7	0,5								
Zn	mg/kg		170,8	90,0	73,7	56,2			104,9	75,2		
Zn (EDTA)	mg/kg		64,8	19,0	4,9	2,6			4,8	2,5		
PCDD/PCDF	ng TE/kg	2,7	5,2	1,8					1,8	1,3	0,60	0,31
PCB	mg/kg	0,050	0,090	0,023								
PAK	mg/kg	0,44	0,50	0,27	(0,35)	(0,08)						
OT	µg/kg	7,5	26,6	4,3	(3,3)	(0,5)	(1,1)	(n.n.)	8,3	3,6	4,4	1,4
TBT	µg/kg		1,4	0,3								
Polyzykl. Moschusv.	µg/kg	1,1	5,3	0,55	0,77	n.n.	(0,80)	(n.n.)	2,1	0,3		
HCB	mg/kg		0,003	0,001								
Summe DDT-Gruppe	mg/kg	0,006	0,008	0,003								

K = Klärschlamm-Fläche

R = Referenz-Fläche



4 Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Abfall-Klärschlammverordnung
AP	Alkylphenole
As	Arsen
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
Cd	Cadmium
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe (z.B. DDT-Gruppe)
Co	Kobalt
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DEHP	Phthalate
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
HCB	Hexachlorbenzol
hER screen	Testverfahren für estrogenen Wirkungen auf Organismen
Hg	Quecksilber
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAS	Lineare Alkylbenzolsulfonate
Mo	Molybdän
Ni	Nickel
OT	Organozinnverbindungen
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/PCDF	Polychlorierte Dibenzodioxine/Polychlorierte Dibenzofurane
Sb	Antimon
TBT	Tributylzinn
TE	Toxizitätsäquivalente
TI	Thallium
TS	Trockensubstanz
UMK-AG	Arbeitsgruppe im Auftrag der Umweltministerkonferenz
V	Vanadium
Zn	Zink



Veröffentlichungen der Reihe Bodenschutz

ISSN 0949-0256

Titel	Band	Jahr der Herausgabe	Preis (falls lieferbar)
Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg Untersuchungen ausgewählter organischer Schadstoffe und mikrobiologische Charakterisierung der Standorte	1	1999	8 €
Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden Nutzung neuer Sammel- und Nachweisverfahren – Verbundvorhaben Ergebnisse 1998	2	1999	12 €
Bodenaushub ist mehr als Abfall	3	1999	12 €
Erhebungsuntersuchungen zur Qualität von Geländeauffüllungen Bewertung von Auftragsböden nach ihrer Leistungsfähigkeit	4	2000	11 €
Geologische Naturdenkmale im Regierungsbezirk Karlsruhe Eine Zusammenstellung geschützter und schutzwürdiger geologischer Objekte (Nachdruck der Originalversion von 1984)	5	2000	11 €
Arbeitshilfe zur Bearbeitung von Verdachtsflächen/ altlastverdächtigen Flächen und schädlichen Bodenveränderungen/Altlasten nach BBodSchG	6	2001	9 €
Erhebung von Entsiegelungspotenzial in Kommunen Studie und Verfahrensanleitung am Beispiel der Stadt Ettlingen	7	2001	nur online verfügbar
Kommunales Flächenmanagement Arbeitshilfe – Vollständig überarbeitete Neuauflage des Berichts „Flächenressourcen-Management, Werkstattbericht“	8	2003	nur online verfügbar
Maßnahmen zum Bodenschutz Umgang mit schädlichen Bodenveränderungen – Sanierungsverfahren –	9	2001	kostenfrei
Dioxinfall Crailsheim-Maulach	10	2001	kostenfrei
Moore in Baden-Württemberg Eigenschaften, Inventur und Funktionen	11	2002	kostenfrei
Geotope im Regierungsbezirk Stuttgart	12	2002	18 €
Kommunales Flächenmanagement Strategie und Umsetzung	13	2003	kostenfrei
Schadstoffe in klärschlammgedüngten Ackerböden Baden-Württembergs	14	2003	kostenfrei

Fotonachweis

- S. 3 Steinmetz, R.
- S. 4 Schneider, J.
- S. 5 UVM (Traktor)
- S. 6 Schneider, J.
- S. 7 oben LfU
- S. 9 LfU
- S. 10 LfU
- S. 11 LfU
- S. 12 Lazar, S. (Hände); Steinmetz, R. (Luftbild)
- S. 14 Schneider, J.