

TEXTE

05/2011

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (Anhang)

Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes
"Sickerwasserprognose" in konkrete Vorschläge zur
Harmonisierung von Methoden

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 205 74 251
UBA-FB 001118

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (Anhang)

**Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes
„Sickerwasserprognose“ in konkrete Vorschläge
zur Harmonisierung von Methoden**

von

Dr. Bernd Susset*

Dr. Wolfgang Leuchs

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-
Westfalen, Recklinghausen

*seit 01.08.2007: Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der
Universität Tübingen (ZAG) und freier Gutachter

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4066.html> verfügbar. Hier finden Sie auch den Abschlussbericht zu diesem Anhang-Band.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Der 2008 bereits unter gleichem Namen veröffentlichte Abschlussbericht wurde für die vorliegende Veröffentlichung überarbeitet.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: III 2.2 Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe,
Mineral- und Metallindustrie

Dessau-Roßlau, Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Analysen- und Modellierungsergebnisse

1.1 RC-Baustoffe (RC, Daten aus Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts, Dehoust et al. 2007).....	2
1.2 Bodenmaterialien (BM, Daten aus Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts, Dehoust et al., 2007).....	12
1.3 Hausmüllverbrennungsgaschen (HMVA, Daten aus Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts, Dehoust et al. 2007).....	26
1.4 Hüttensande (HS, Daten aus Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts, Dehoust et al. 2007).....	38
1.5 Steinkohleflugasche (SFA, anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des Energy research Centre of the Netherlands, ECN, frdl. Überlassung durch Dr. H. v. d. Sloot)....	43
1.6 Steinkohlekesselaschen (SKA, anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des Energy research Centre of the Netherlands, ECN, frdl. Überlassung durch Dr. H. v. d. Sloot, ausschließlich Schütteleluate bei WF 10).....	55
1.7 Stahlwerksschlacken (SWS, anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des Energy research Centre of the Netherlands, ECN, frdl. Überlassung durch Dr. H. v. d. Sloot)....	58
1.8 Hochofenschlacken (HOS, Lysimeter- und Säulenversuchsdaten des LANUV NRW, Susset & Leuchs, 2008).....	66
1.9 Gießereirestsande (GRS, Lysimeter- und Säulenversuchsdaten des LANUV NRW, Susset & Leuchs, 2008).....	69

2. Erdbauweisen mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen71

3. Einbautabellen für den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken.....74

zu 1. Analysen- und Modellierungsergebnisse

Die Untergliederung dieses Kapitels ist für jede Materialklasse gleich. Zu den Unterpunkten 1 bis 5 werden jeweils folgende Ergebnisse dargestellt, sofern entsprechende Datensätze zur Verfügung standen):

1. Untersuchungs- und Analytikumfang in tabellarischer Form
2. Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten ausführlicher Säulenversuche sowie Schütteleluaten bei WF 2 und WF 10 zur statistischen Ermittlung relevanter Stoffe in Box-Plot-Darstellungen. Für SKA liegen ausschließlich Daten aus Schütteleluaten bei WF 10 vor.
3. Darstellung der relevanten Stoffe nach den verschiedenen Studien
4. Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Eluaten ausführlicher Säulenversuche und Säulenkurzeluaten bis WF 2 (rechnerisch) sowie Konzentrationen der Schütteleluate bei WF 2 und 10 (sofern entspr. Datensätze zur Vfg. stehen) zur statistischen Ermittlung von Materialwerten (ggf. zur Materialklassifizierung) für die unter Nr. 2 und 3 als relevant identifizierten Stoffe in Box-Plot-Darstellung
5. Darstellungen der Mittelwerte und Standardabweichungen der Relativkonzentrationen relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs und der Schütteleluate bei WF 2 und 10 sowie Modellfittingergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten (sofern entspr. Datensätze zur Vfg. stehen)

Verwendete Abkürzungen in den Abbildungen: WF: Wasser-/Feststoffverhältnis; PN: Probenahme; Eluate 1 (Schütteleluat bei WF 2); Eluate 2 (Schütteleluat bei WF 10). Die genauen Quellenangaben finden sich im Literaturverzeichnis des Berichts.

1.1 RC-Baustoffe (RC)

1.1.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

RC- Baustoffe	Anzahl Proben n	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuche	Schüttel- versuche bei WF 2	Schüttel- versuche bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	3	0/4, 0/10, 0/32	3	6	6	6	6	6
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	50	0/45, 0/56 (aufgearbeitet zu 0/32)	–	50	50	50	–	–
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	–	statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schütteluate bei WF 10 und Feststoffgehalte)						

Analytikumfang

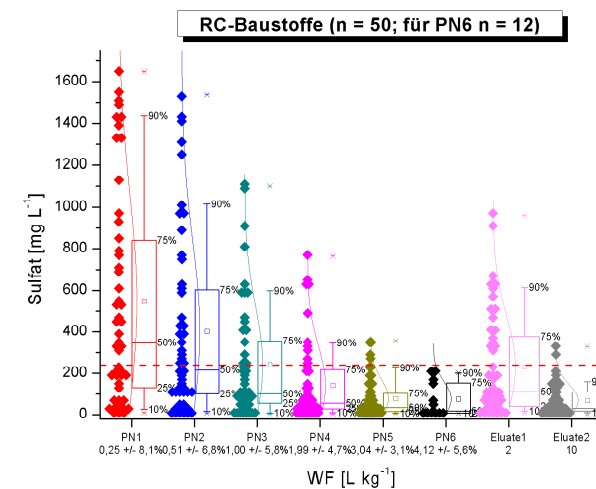
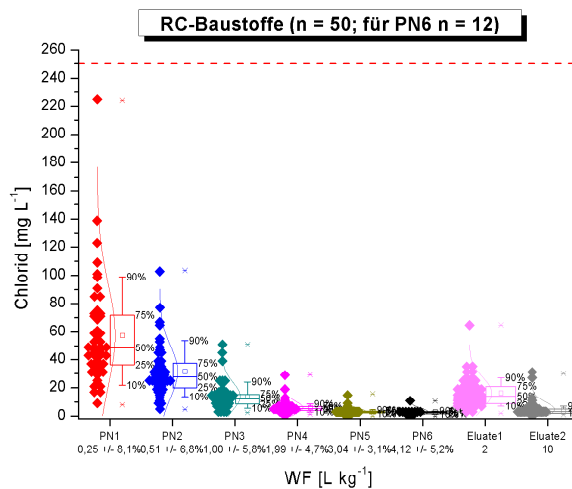
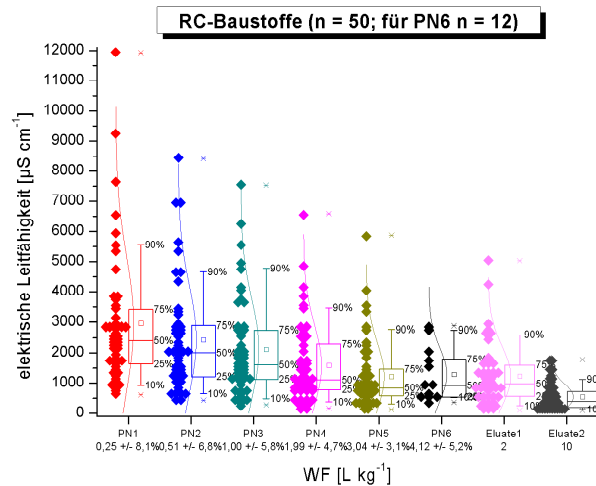
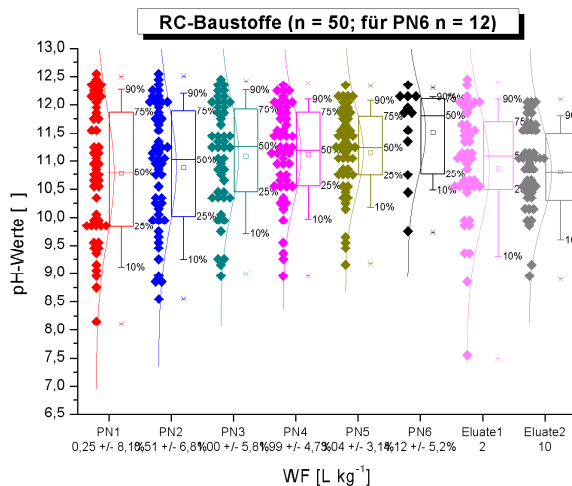
RC- Baustoffe	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH, Trübe	Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄ , F, NH ₄ , NO ₃ , Säurekapazität, Basekapazität	Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg*, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Te, Tl, V, Zn	16 EPA PAK, Phenolindex, BTXE, MKW, DOC (TOC), AOX
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH, Trübe	Cl, SO ₄	As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn	16 EPA PAK, DOC (TOC)
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	Cl, SO ₄	As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	16 EPA PAK im Feststoff, Phenolindex, EOX

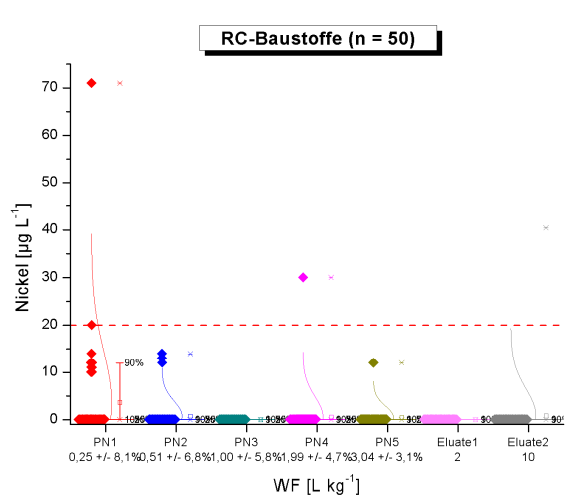
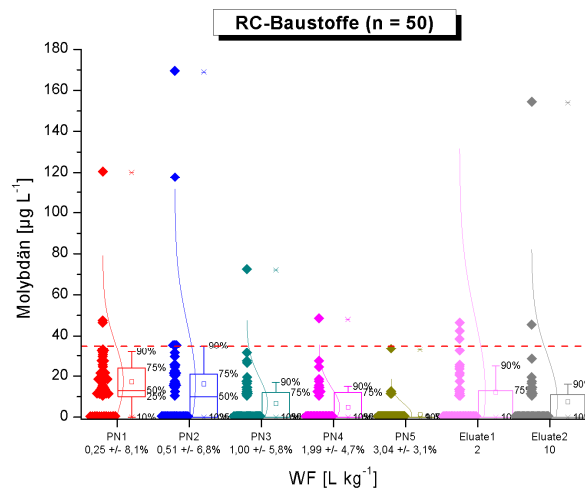
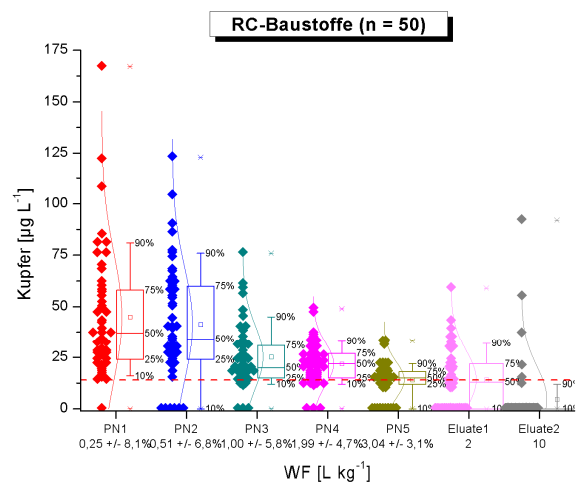
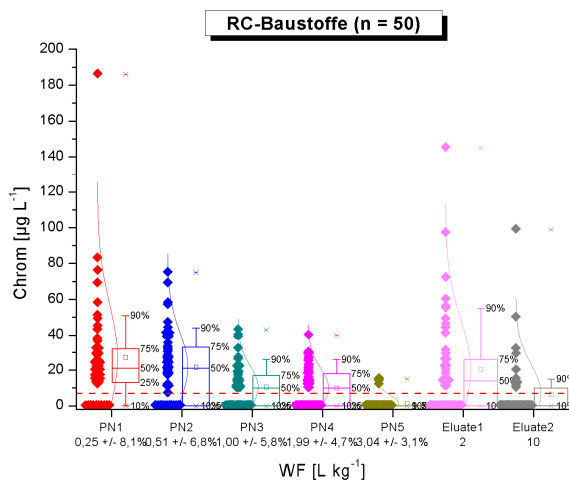
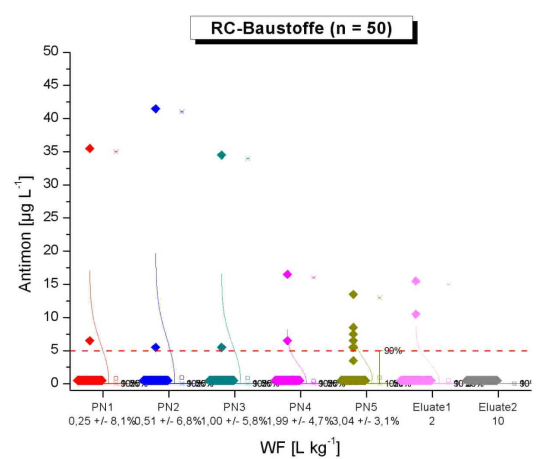
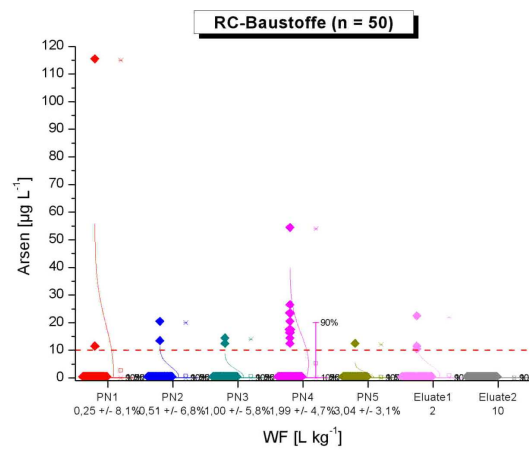
*Quecksilber wurde im Feststoff der RC-Proben des LANUV untersucht, die Feststoffgehalte lagen unterhalb der Nachweisgrenze (Susset & Leuchs, 2008). Das Referenzmaterial Bauschutt der BAM wurde zudem im Schütteluate bei WF 2 auf Hg untersucht. Der Mittelwert aus 6 Proben lag unterhalb der Nachweisgrenze von 0,2 µg/L (Berger et al., 2005).

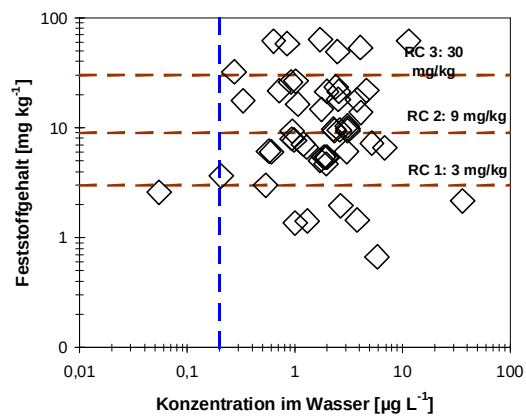
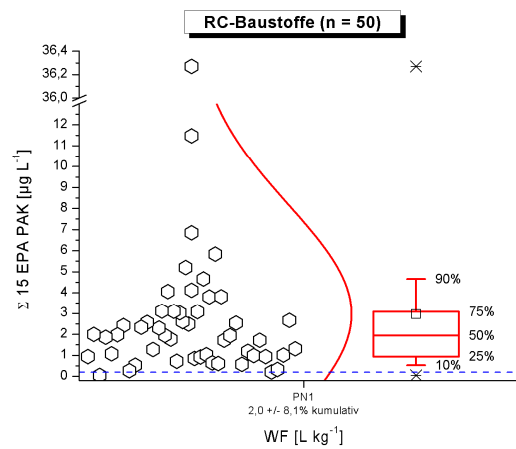
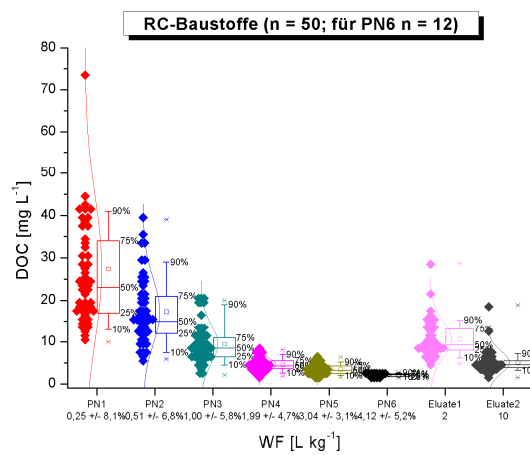
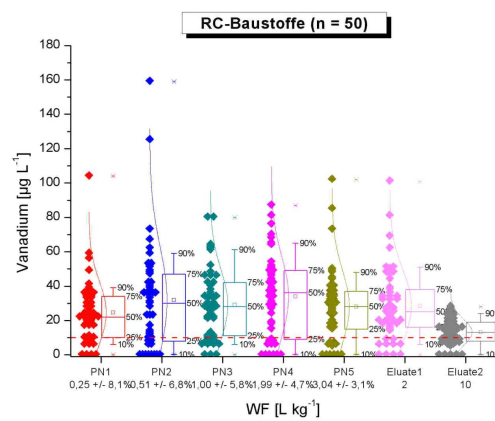
1.1.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf den Ergebnissen der Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts (Dehoust et al., 2007). Auswertungen zu pH-Wert, Leitfähigkeit, DOC und PAK im Feststoff sind nachrichtlich aufgeführt.

Cd, Co und Pb waren zu keinem Zeitpunkt im ausführlichen Säulenversuch und / oder in Eluaten nachweisbar und sind im Folgenden nicht dargestellt







1.1.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

RC-Baustoffe	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (ohne RM)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	Cr, Cu, Mo, V	Σ15 EPA PAK, Phenolindex
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	Cr, Cu, Mo, V	Σ15 EPA PAK
Ökoinstitut Dehoust et al., 2007 (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	(As), Cr, Cu, Pb	Σ15 EPA PAK , Phenolindex
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	Cr, Cu, V	Σ15 EPA PAK :

LANUV NRW: As, Co, Ni und Se im Mittel bis $WF 1 < GFS$ oder nur vereinzelte Überschreitungen; Mo ist in Lysimeterabläufen und Säuleneluaten relevant. Die gemessenen Phenolindexkonzentrationen werden als nicht relevant eingestuft, da sie ein ähnliches Freisetzungsverhalten wie DOC zeigen. Es ist anzunehmen, dass mit dem Phenolindex phenolische Strukturen des hier nicht näher definierbaren DOC erfasst werden.

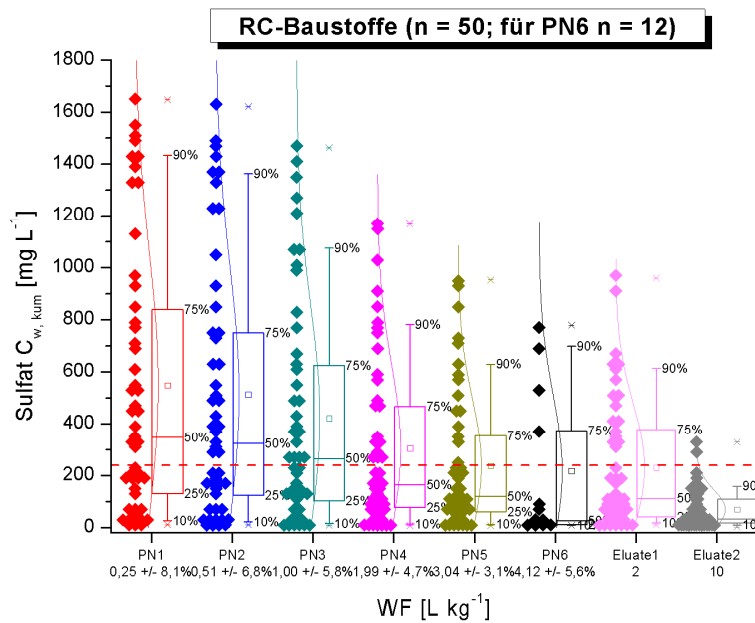
Ökoinstitut Zusatzuntersuchungen: As, Sb bis $WF 1 < GFS$ oder nur vereinzelte Überschreitungen; Mo nur in zwei Proben entweder vereinzelt oberhalb GFS oder bis $WF 1 < GFS$, tendenziell Höherbefunde in den Schütteluaten

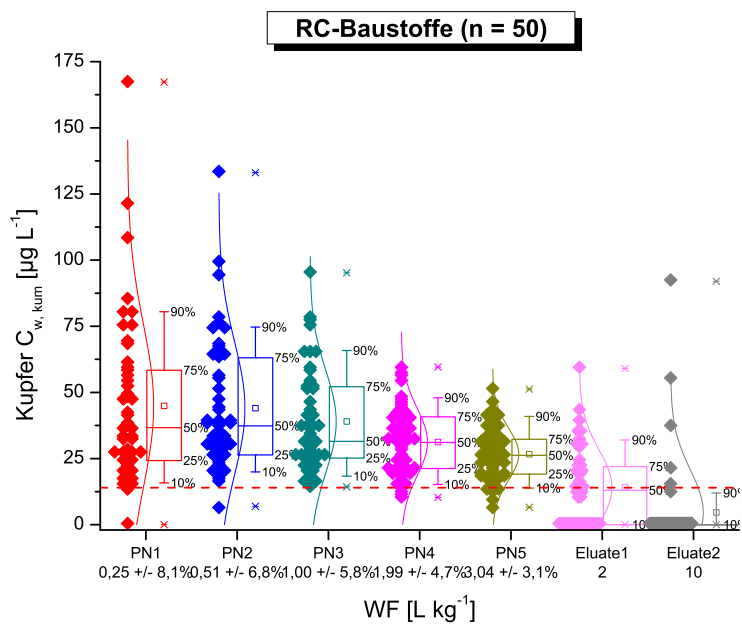
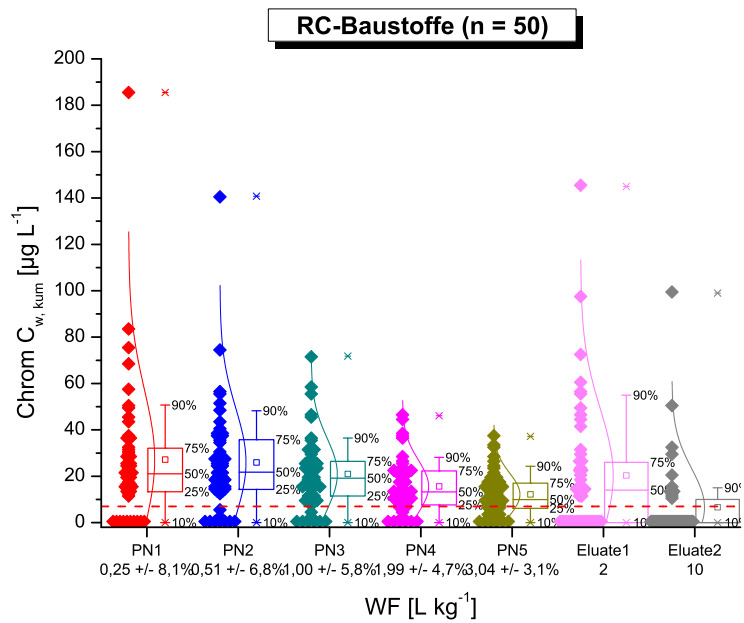
Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten:

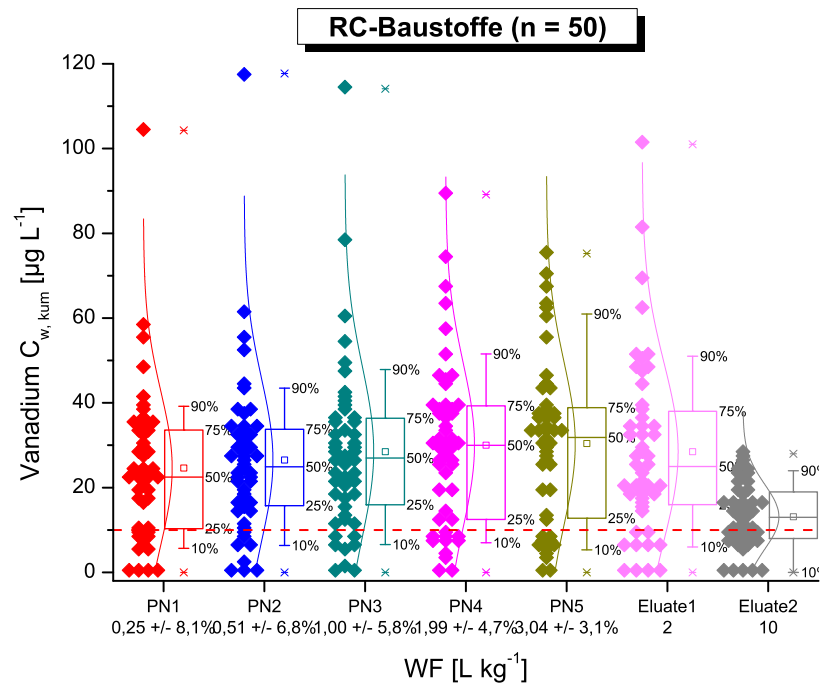
Pb in Schütteluaten bei $WF 10$ der Güteüberwachung relevant; in allen Säulen- und Lysimeteruntersuchungen nicht relevant, Pb ist erfahrungsgemäß besonders im Schüttelversuch schlecht reproduzierbar und zeigt tendenziell Überbefunde. Gilt auch für Arsen.

Zusammenfassende Bewertung: Mo wurde nur in den LANUV-Versuchen in 2 RC-Proben in relevanten Konzentrationen nachgewiesen. In 50 RC-Proben der Zusatzuntersuchungen ist Mo dagegen nicht relevant – die LANUV-Befunde scheinen Einzelbefunde zu sein.

1.1.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten im Vergleich zu Konzentrationen im Schütteleluat

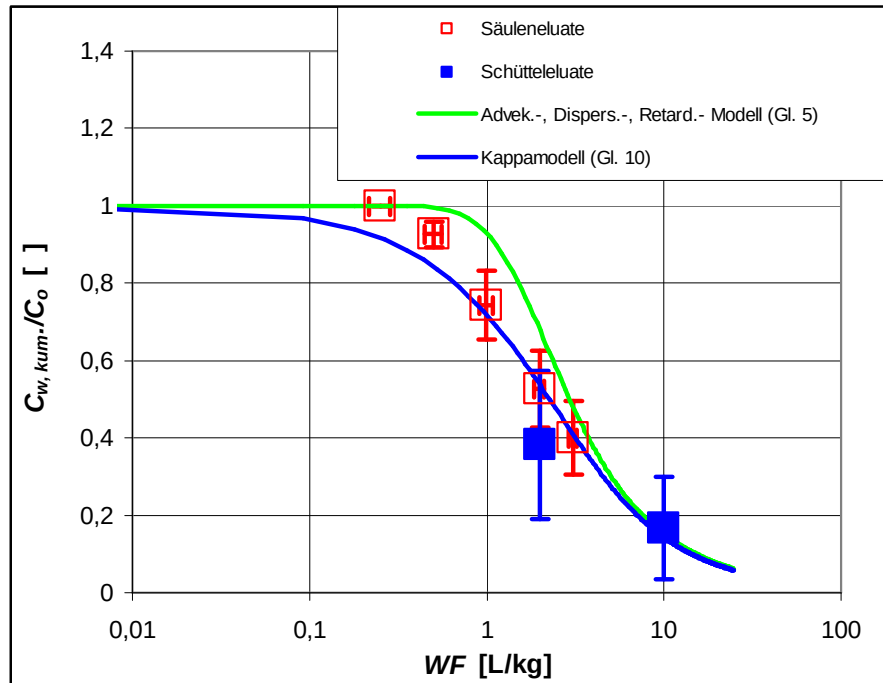




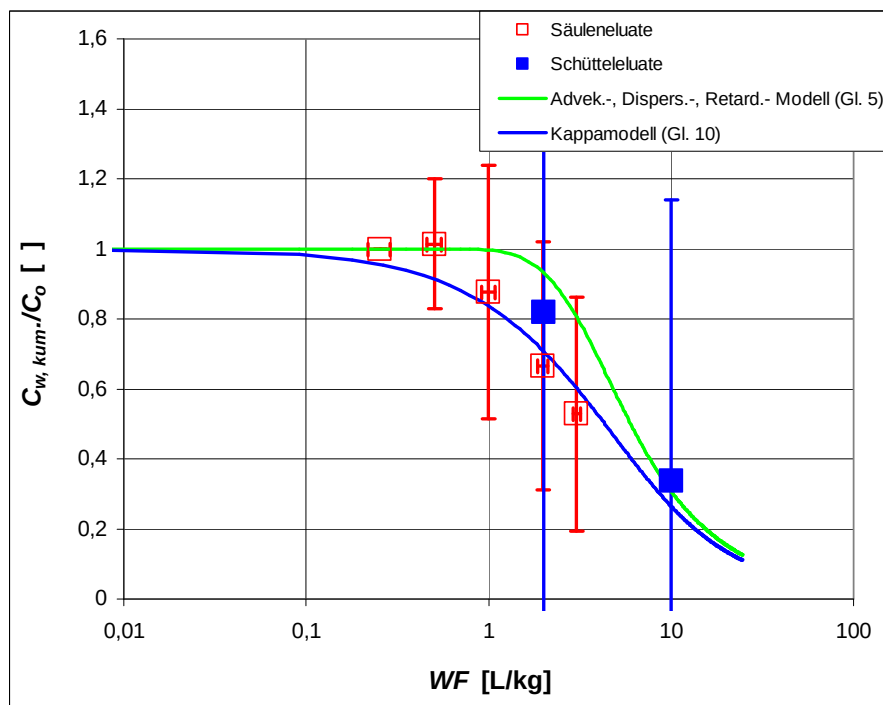


1.1.5 Standardabweichungen der Mittelwerte der Relativkonzentrationen relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs, des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) und der Schütteluates bei WF 2 und 10 sowie Modellfittergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

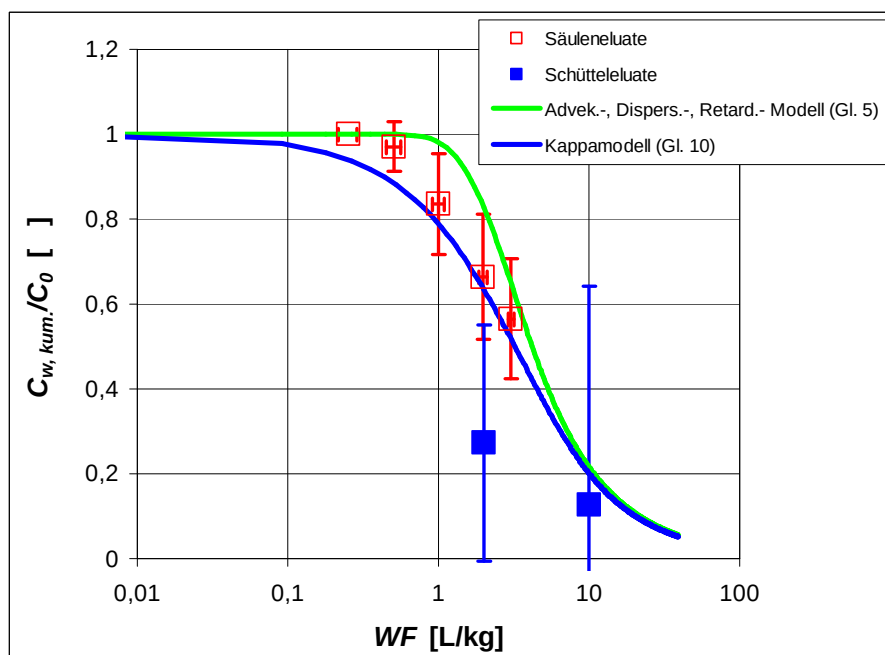
Sulfat



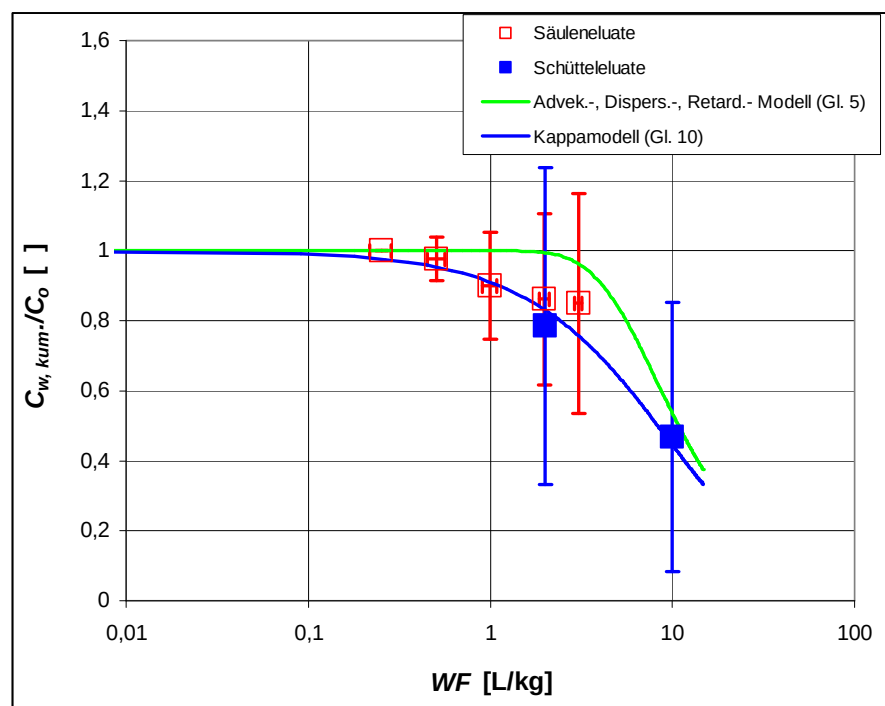
Chrom



Kupfer



Vanadium



1.2 Bodenmaterialien (BM)

1.2.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

BM	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	2	0/56, 0/2	3	4	4	4	4	4
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	26	0/2, 0/4, 0/10	–	26	26	–	–	–
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)			statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schüttel eluate bei WF 10 und Feststoffgehalte)					

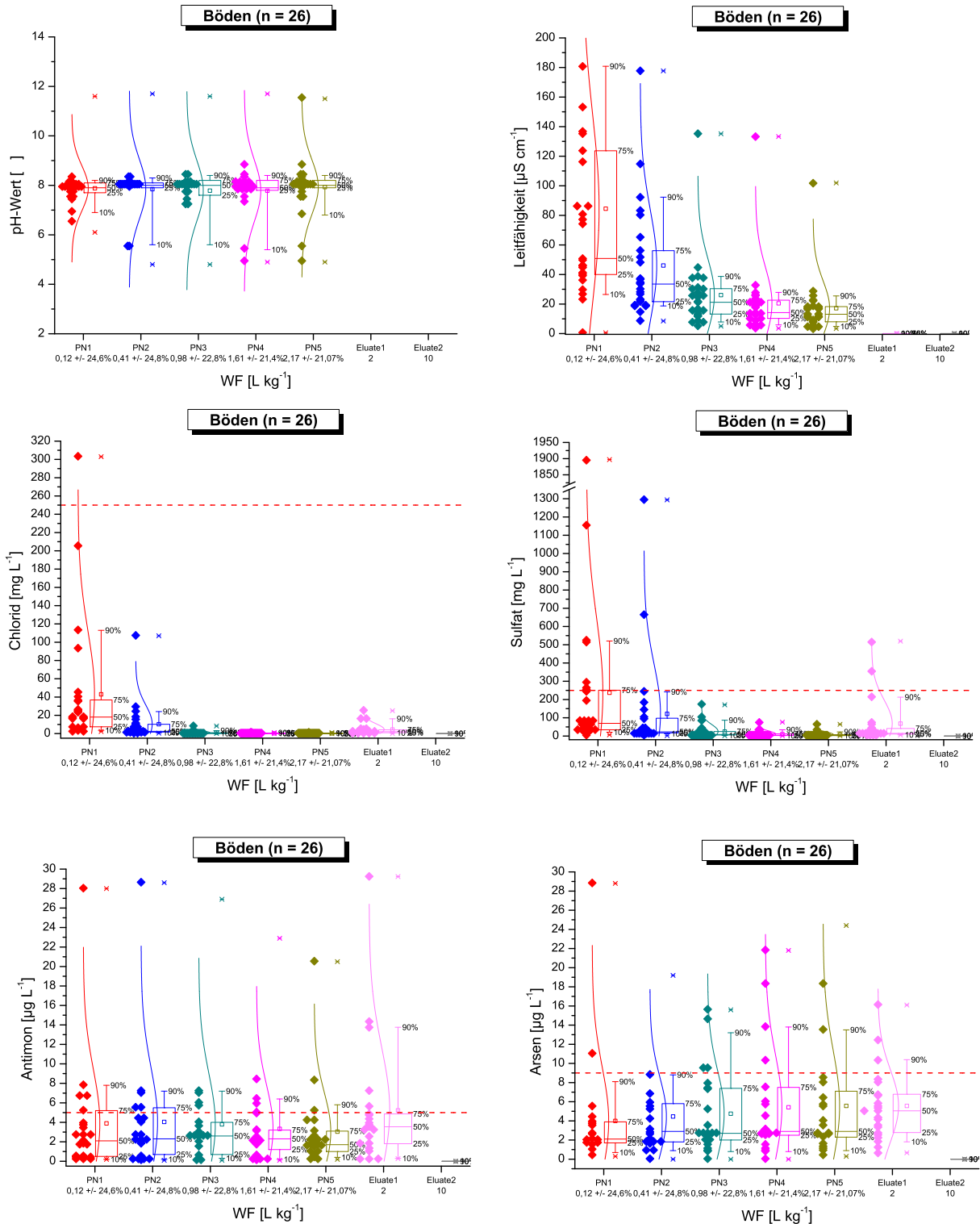
Analytikumfang

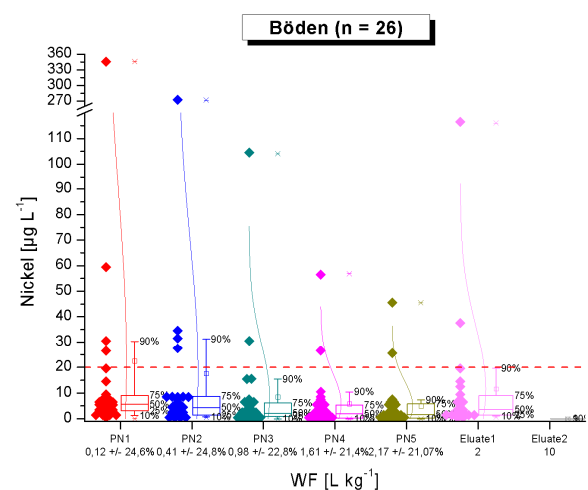
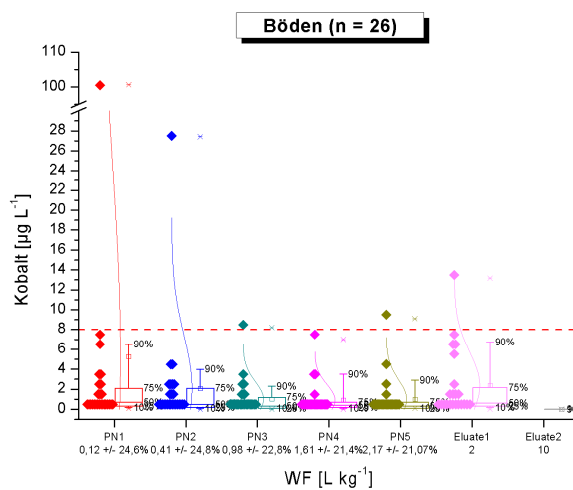
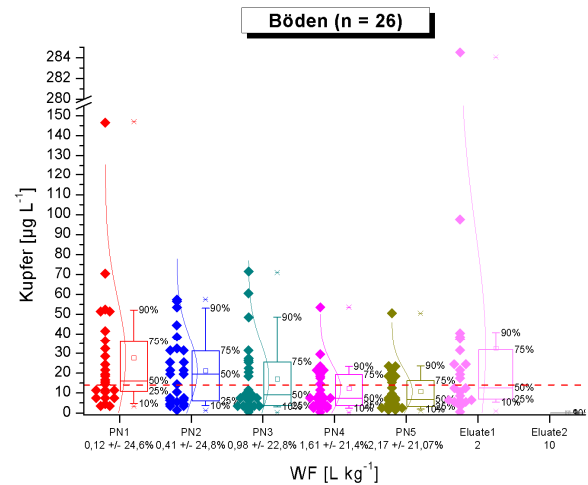
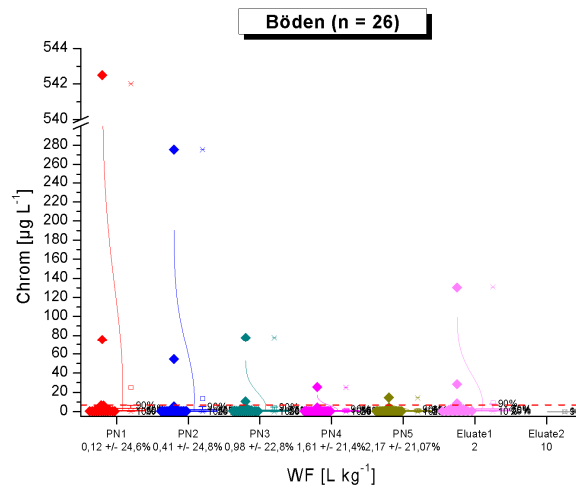
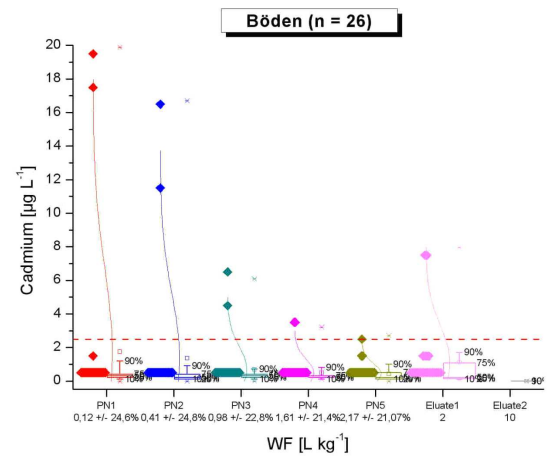
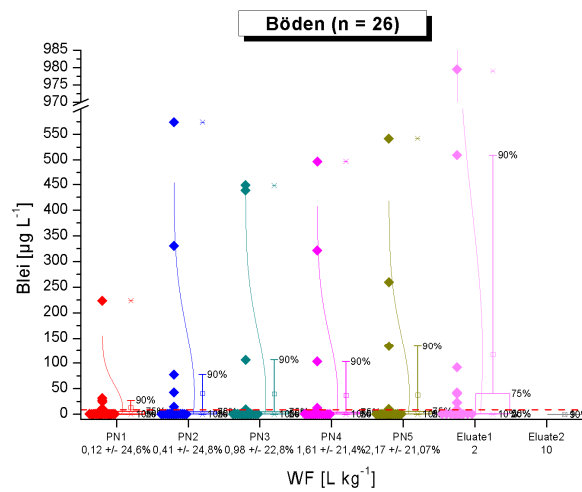
BM	Hydrochemische Parameter, Summen- parameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor, Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH, Trübe	Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄ , F, NH ₄ , NO ₃ , Säurekapazität, Basekapazität	Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg*, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Te, Tl, V, Zn, Cyanide	Σ15 EPA PAK, Phenolindex, BTXE, MKW, DOC (TOC), AOX
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH, Trübe	Cl, SO ₄	As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn	Σ15 EPA PAK, DOC (TOC)
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	Cl, SO ₄	As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Tl, Zn, Cyanide	Σ15 EPA PAK im Feststoff, Phenolindex, EOX

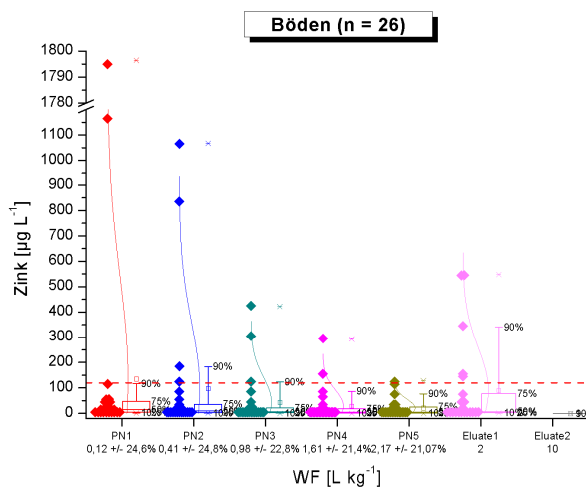
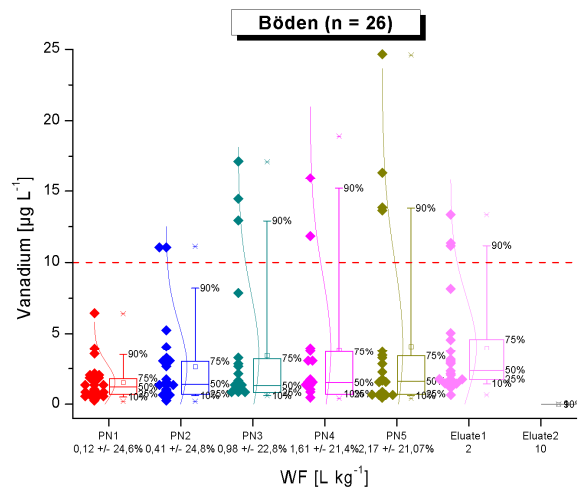
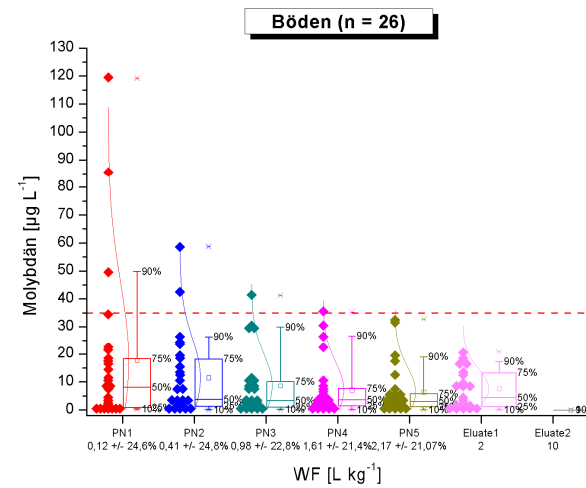
*Quecksilber wurde im Feststoff der BM-Probe des LANUV untersucht, die Feststoffgehalte lagen unterhalb der Nachweisgrenze (Susset & Leuchs, 2008).

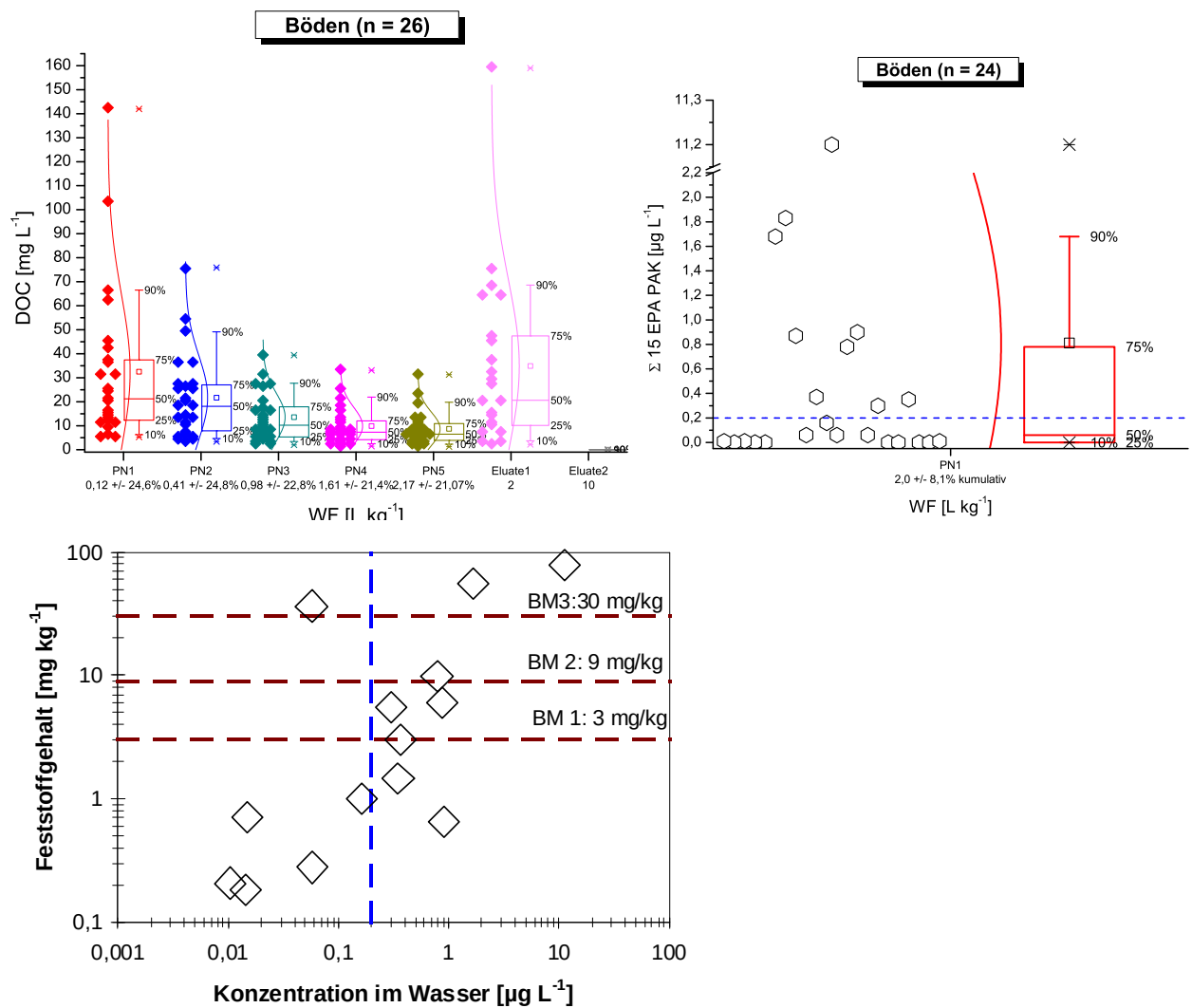
1.2.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf den Ergebnissen der Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts (Dehoust et al., 2007). Auswertungen zu DOC und PAK im Feststoff sind nachrichtlich aufgeführt.









1.2.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

BM	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW	Lf, pH	SO ₄	(Co), Cr, Cu, (Ni), Mo, (Sb)	Σ15 EPA PAK, Cyanide, Phenolindex
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	–	(As), (Cd), (Co), Cr, Cu, Ni, Pb, (Sb), Zn	Σ15 EPA PAK
Ökoinstitut Dehoust et al., 2007 (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf, pH	(SO ₄)	(As), Cr, Cu, Ni, Pb	Σ15 EPA PAK, Phenolindex
Zusammenfassende Bewertung	Lf, pH	–	Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	Σ15 EPA PAK

LANUV NRW: Der untersuchte Altlastboden ist kein typisches BM - Verwertungsmaterial. Sulfat ist auf hohe Bausschuttanteile zurückzuführen. Für Phenolindex gilt das unter RC-Baustoff Gesagte

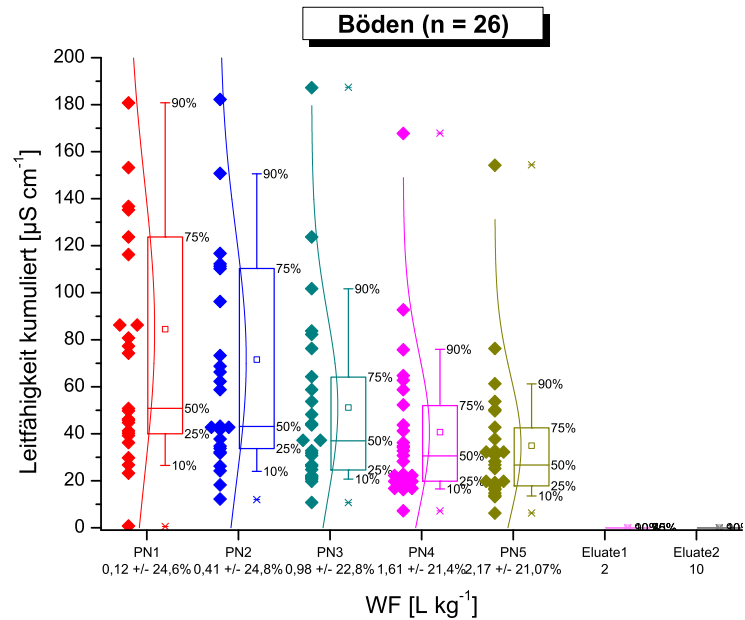
Ökoinstitut Zusatzuntersuchungen: Die Proben umfassen typisch schwermetallbelastete Böden (z. B. Stolberg). Insgesamt sind 5 Metalle problematisch. Darunter auch das Pb (Stolberg).

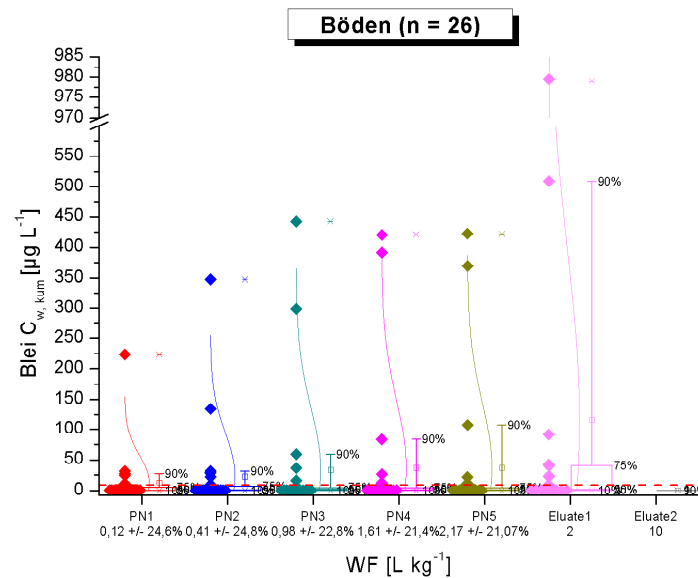
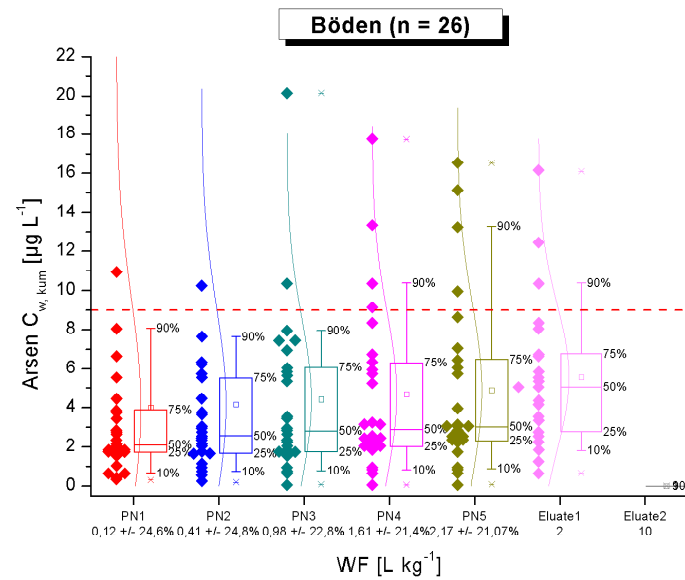
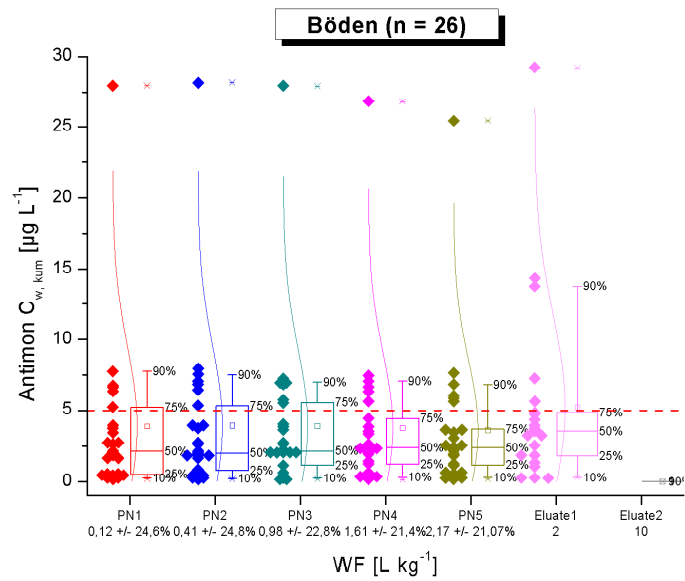
Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten:

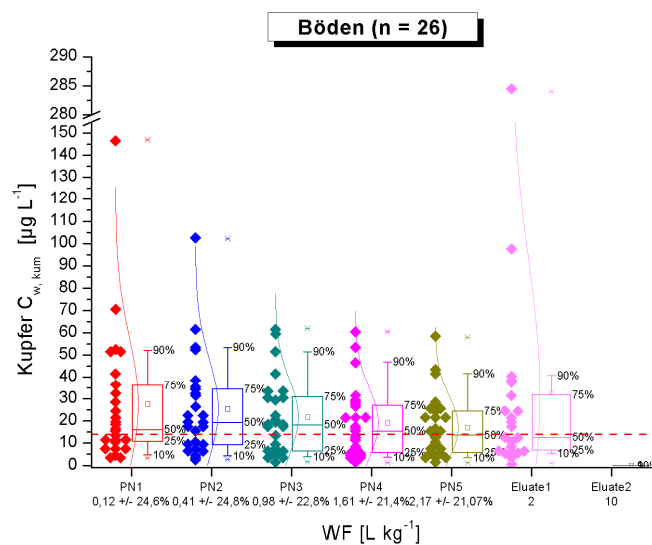
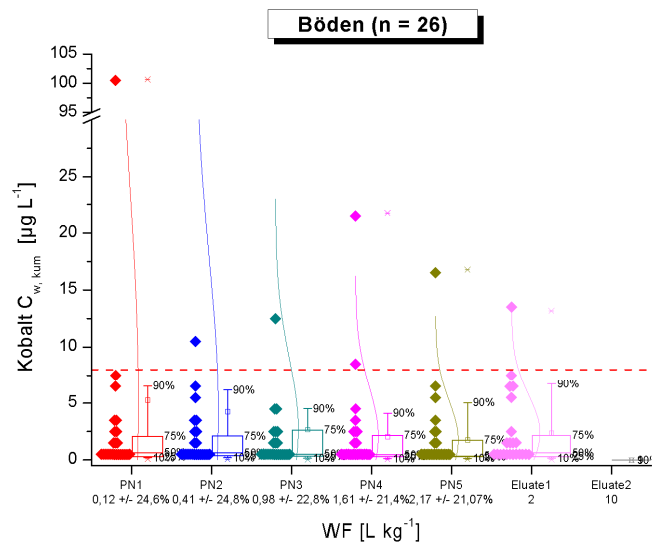
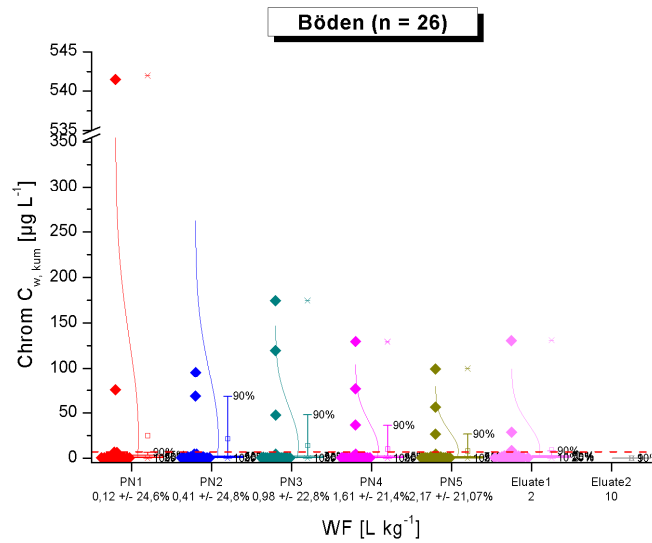
Pb in Schütteleluaten bei WF 10 der Güteüberwachung relevant; in allen Säulenuntersuchungen weniger relevant, Pb ist erfahrungsgemäß besonders im Schüttelversuch schlecht reproduzierbar und zeigt tendenziell Überbefunde. Gilt auch für Arsen. Die Parameter sind ansonsten durchaus nicht untypisch

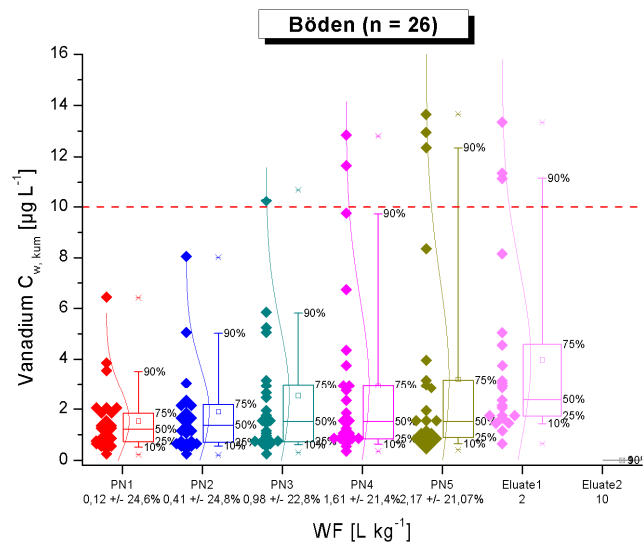
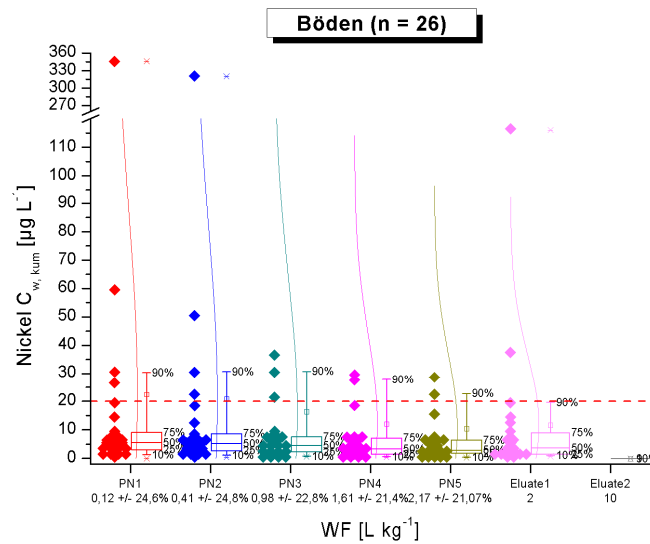
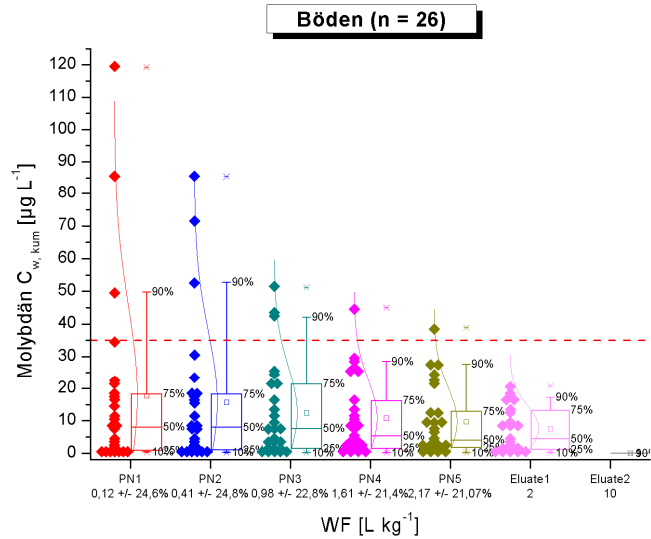
Zusammenfassende Bewertung: Bodenmaterial kann durch verschiedene Nutzungen oder geogen belastet sein. Die aufgeführte Stoffliste kann daher im Sinne eines Mindestuntersuchungsprogramms interpretiert werden, die für den vergleichsweise unproblematischsten Einsatz in technischen Bauwerken gilt. Sofern spezifische Belastungen zu erwarten sind, muss der Untersuchungsumfang erweitert werden. Hierfür kann auch die Feststoffuntersuchung hilfreich sein. Nach den bestehenden Untersuchungen besteht keine Notwendigkeit Parameter wie Quecksilber und Thallium zu untersuchen. Sulfat ist nach den Erkenntnissen regelmäßig ebenfalls kein relevanter Parameter im Boden. Bei geogen erhöhten Gipsgehalten kann auf eine Untersuchung verzichtet werden, wenn das Bodenmaterial in derselben Region eingesetzt wird. Bei pyrithaltigen Böden oder Sanden (z. B. Braunkohlesande) kann durch die Pyritoxidation Sulfat und Säure freigesetzt werden, was wiederum zur Metallmobilisierung führen kann. Die Verwendung von Bodematerial im Landschaftsbau oder zur Verfüllung von Abgrabungen ist im Hinblick auf das Gefährdungspotential kritischer als technische Bauwerke. Um sicherzustellen, dass Schadstoffe nicht unerkannt eingesetzt werden sollte hier ein größerer Parameterumfang untersucht werden.

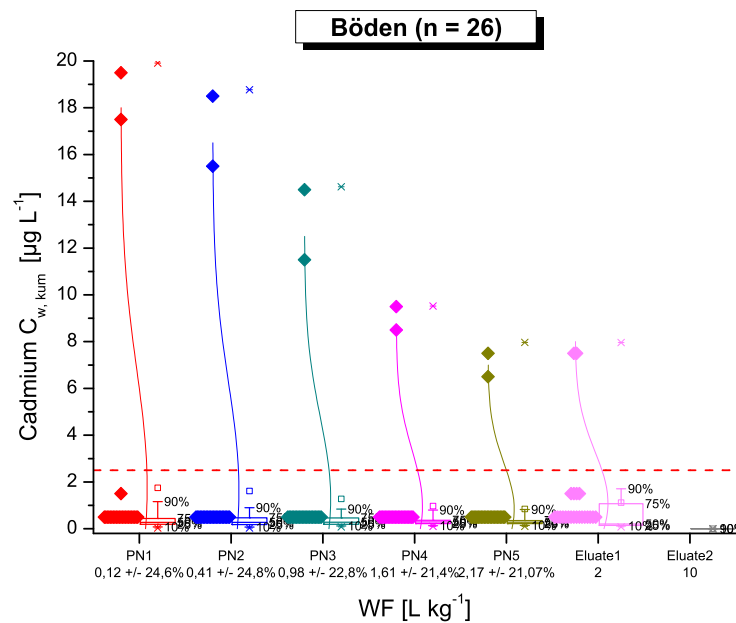
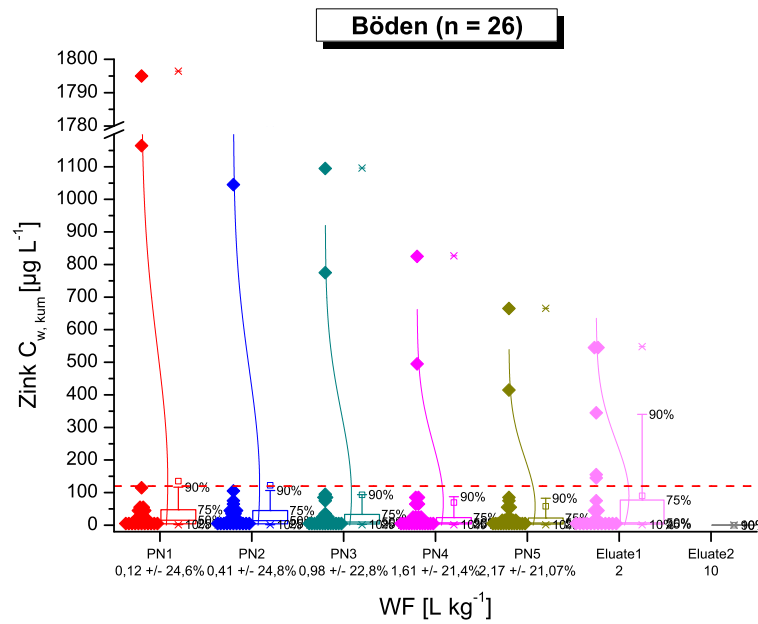
- 1.2.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten im Vergleich zu Konzentrationen im Schütteleluat (pH und PAK-Werte werden anhand der Säuleneluatkonzentration bei WF 2 klassifiziert – siehe Graphiken unter 1.2.2)





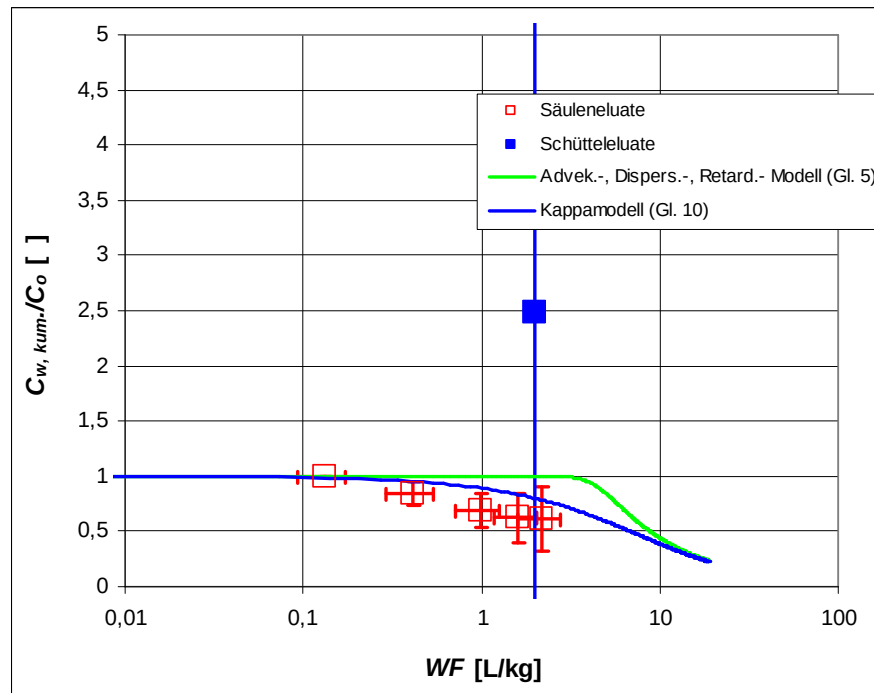




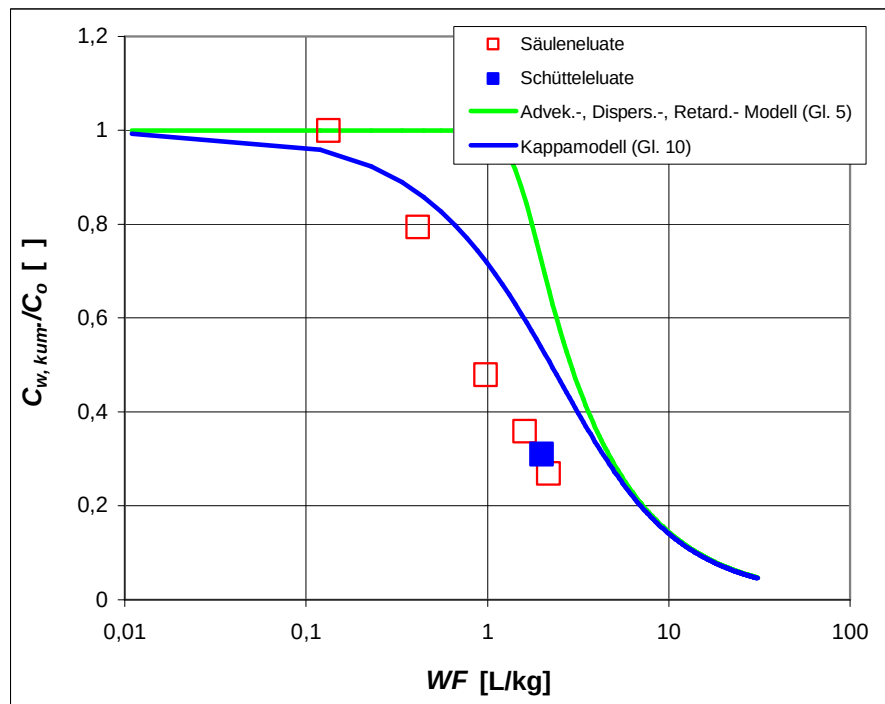


- 1.2.5 Standardabweichungen der Mittelwerte der Relativkonzentrationen relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs, des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) und der Schütteleluate bei WF 2 (WF 10 wurde nicht gemessen) sowie Modellfittingergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

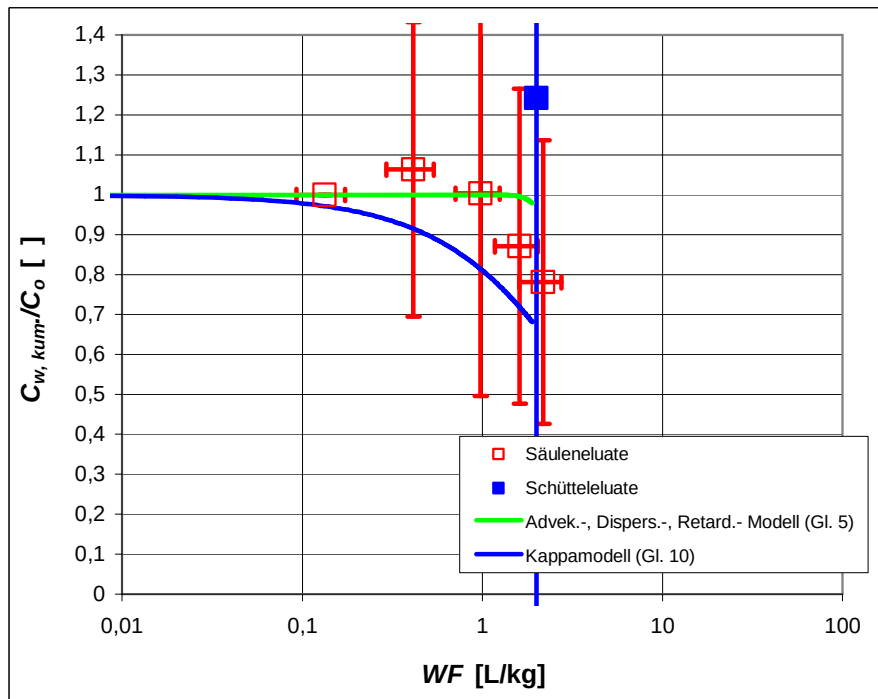
Blei



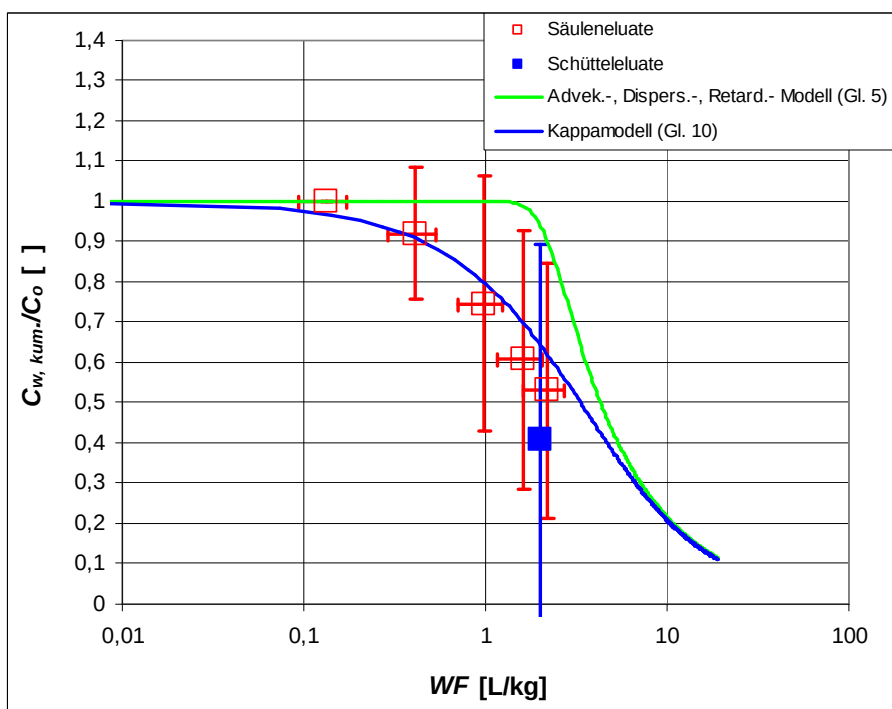
Chrom



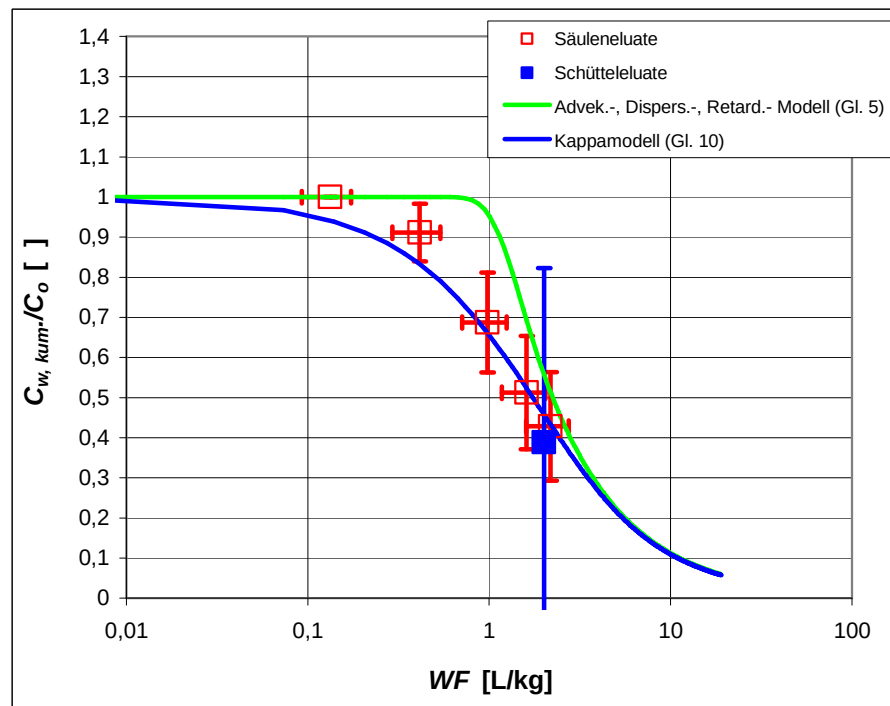
Kupfer



Nickel



Zink



1.3 Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA)

1.3.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

HMVA	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	3	0/4, 0/10, 0/32	3	6	6	6	6	6
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	16	0/32	–	16	16	16	–	–
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)			statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schüttel eluate bei WF 10 und Feststoffgehalte)					

Analysenumfang

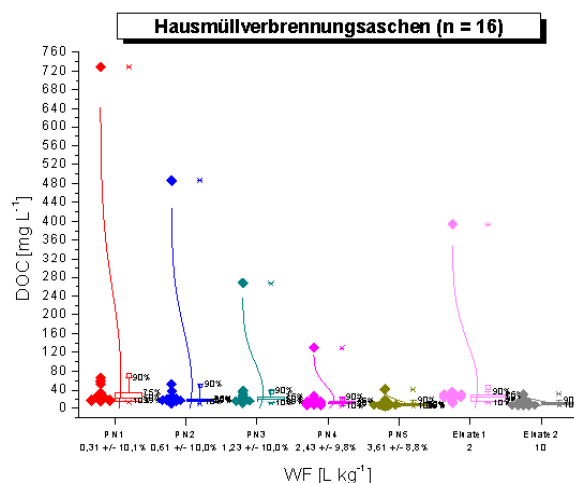
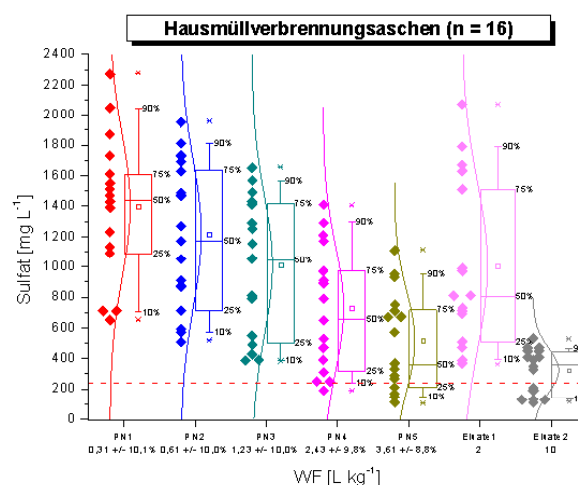
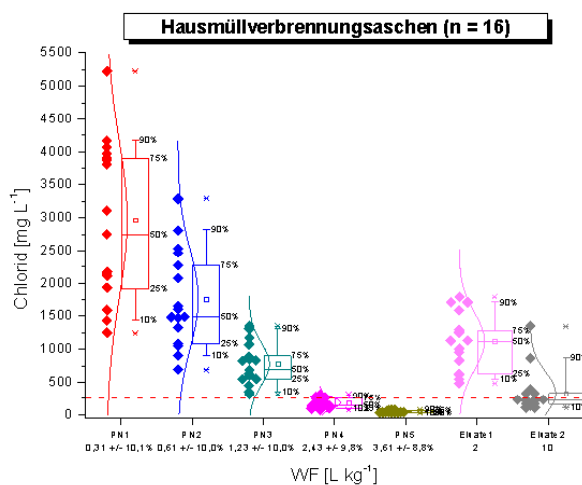
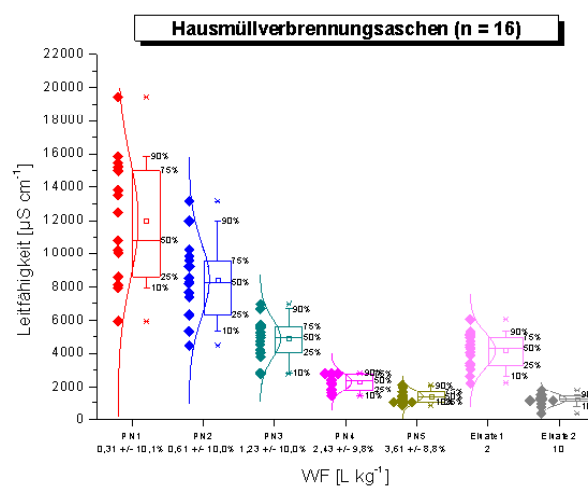
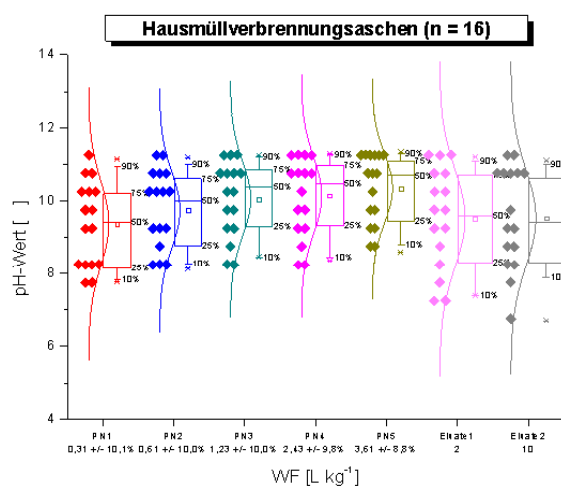
HMVA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH, Trübe	Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄ , F, NH ₄ , NO ₃ , Säurekapazität, Basekapazität	Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg*, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Te, Ti, V, Zn	16 EPA PAK, Phenolindex, DOC (TOC), AOX
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH, Trübe	Cl, SO ₄	As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn	DOC (TOC)
	pH	Cl, SO ₄ , NH ₄ -N	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Cyanide	DOC (TOC)

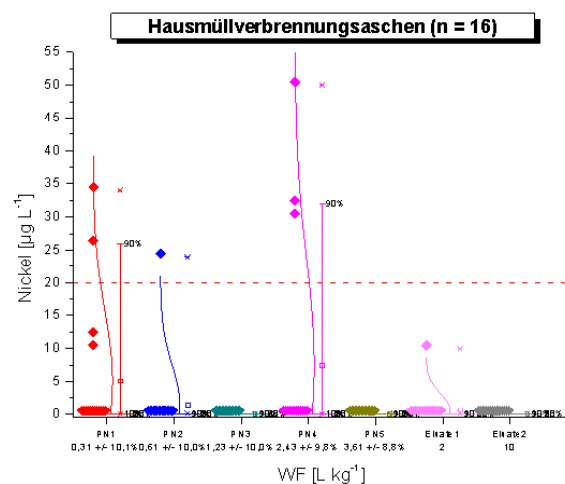
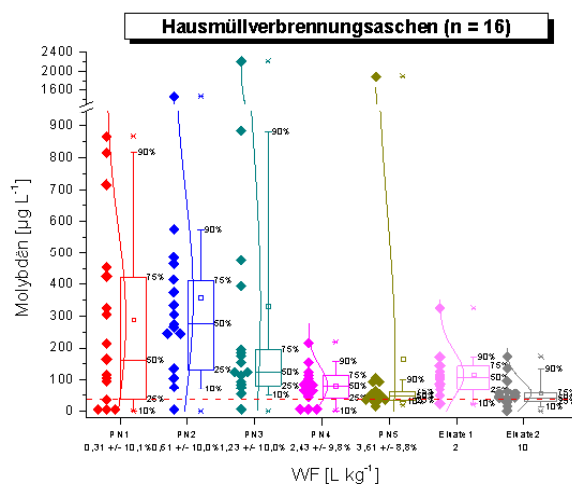
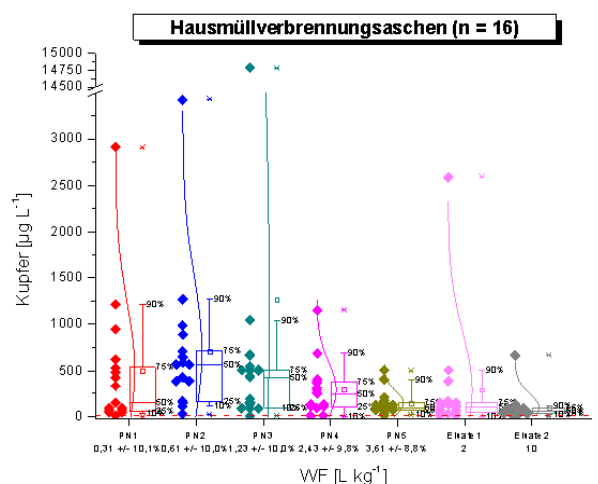
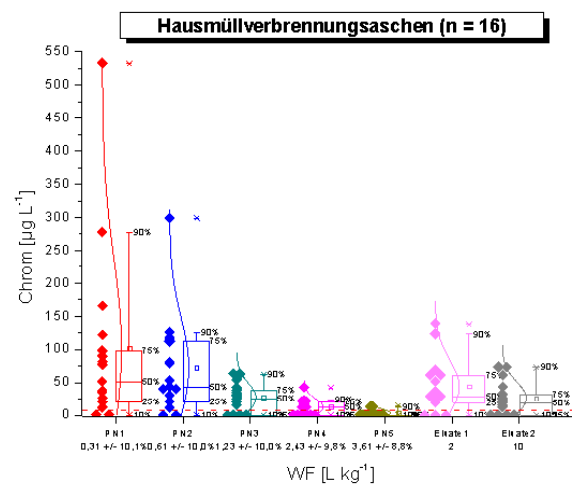
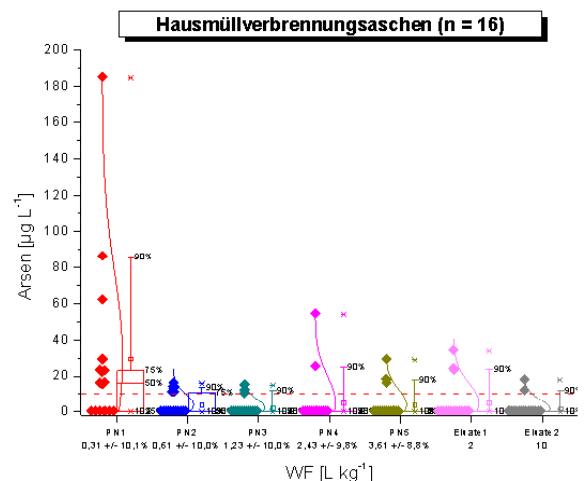
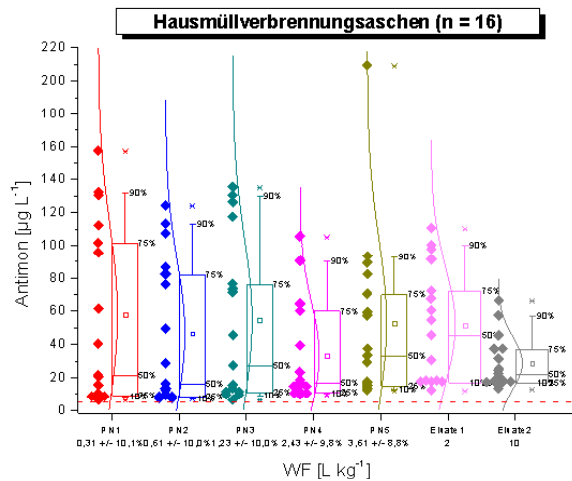
*Quecksilber wurde im Feststoff der HMVA-Proben des LANUV untersucht, die Feststoffgehalte lagen unterhalb der Nachweisgrenze (Susset & Leuchs, 2008). Das Referenzmaterial MV der BAM wurde zudem im Schüttel eluat bei WF 2 auf Hg untersucht. Der Mittelwert aus 2 Proben lag unterhalb der Nachweisgrenze von 0,2 µg/L (Berger et al., 2005).

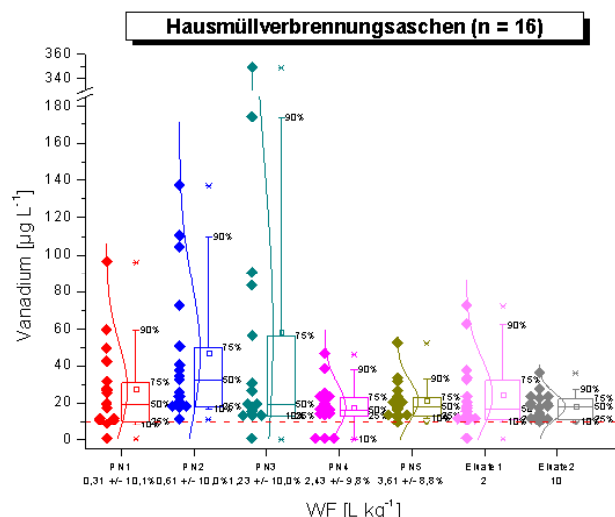
1.3.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf den Ergebnissen der Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts (Dehoust et al., 2007). Auswertungen zu pH, Leitfähigkeit und sind nachrichtlich aufgeführt.

Cd, Co, Pb und Zn waren zu keinem Zeitpunkt im ausführlichen Säulenversuch und / oder in Eluaten nachweisbar und sind im Folgenden nicht dargestellt.







1.3.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

HMVA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	Cl, SO ₄	Cr, Cu, Mo, (Ni), (Sb), V	—
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	Cl, SO ₄	As, Cr, Cu, Mo, Sb, V	—
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	Cl, SO ₄	As, Cd, Cr, Cu, (Ni), Pb, Zn	—
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	Cl, SO ₄	As, Cr, Cu, Mo, Sb	—

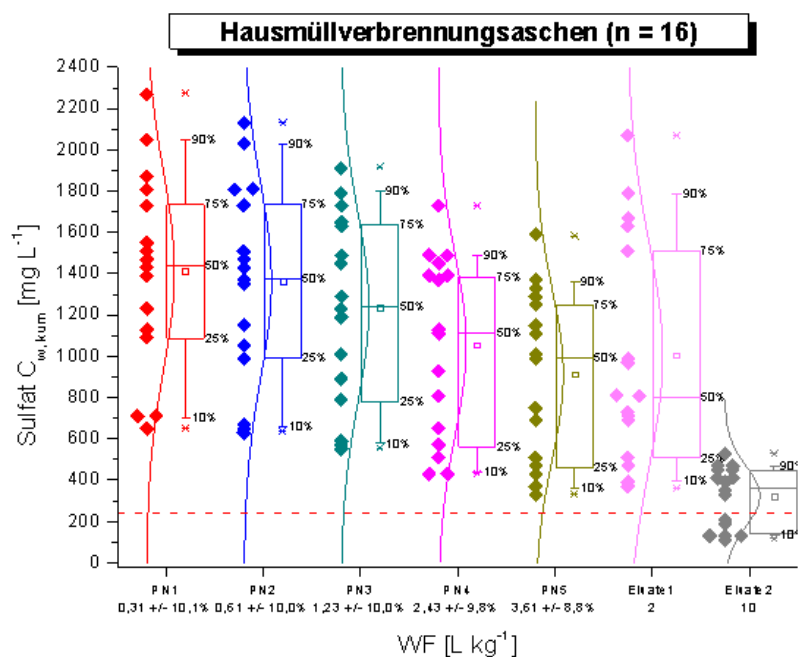
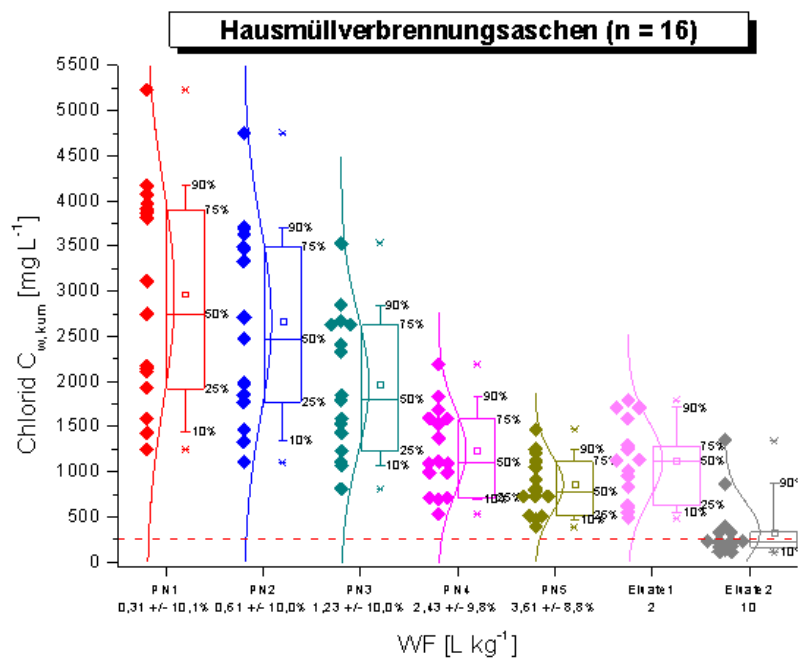
LANUV NRW: Schwerpunkt für die Bewertung sind die Ergebnisse der untersuchten HMVA 0/32, da in der Praxis eher grobkörnige HMVA eingesetzt werden. Die Befunde für die Korngrößenfraktionen 0/4 und 0/10 weichen bei einigen Metallen/Halbmatalen ab.

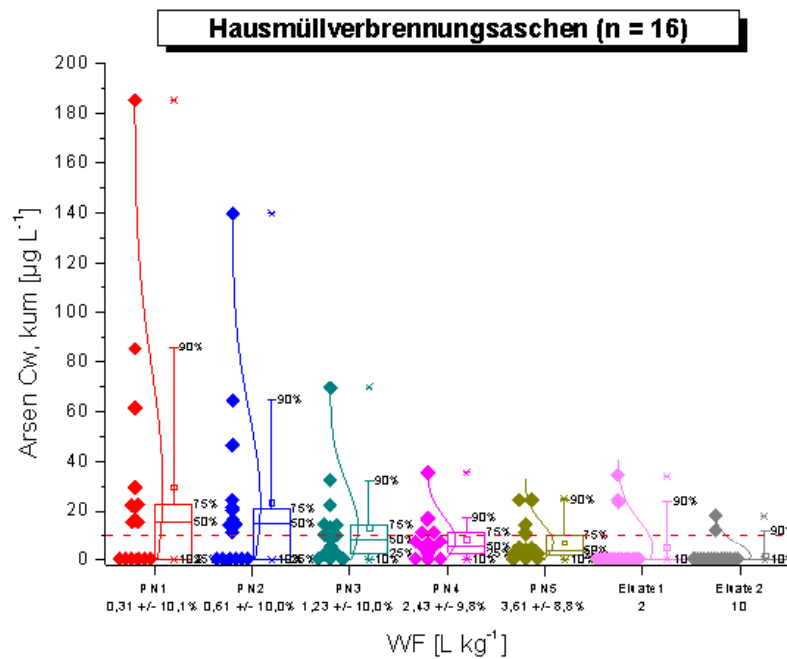
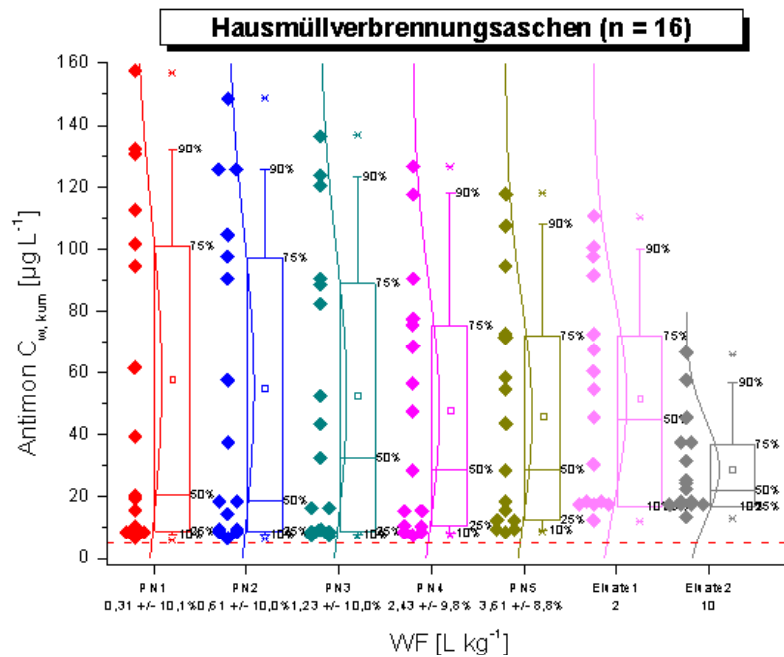
Ökoinstitut Zusatzuntersuchungen: Zusätzlich relevant ist das Antimon.

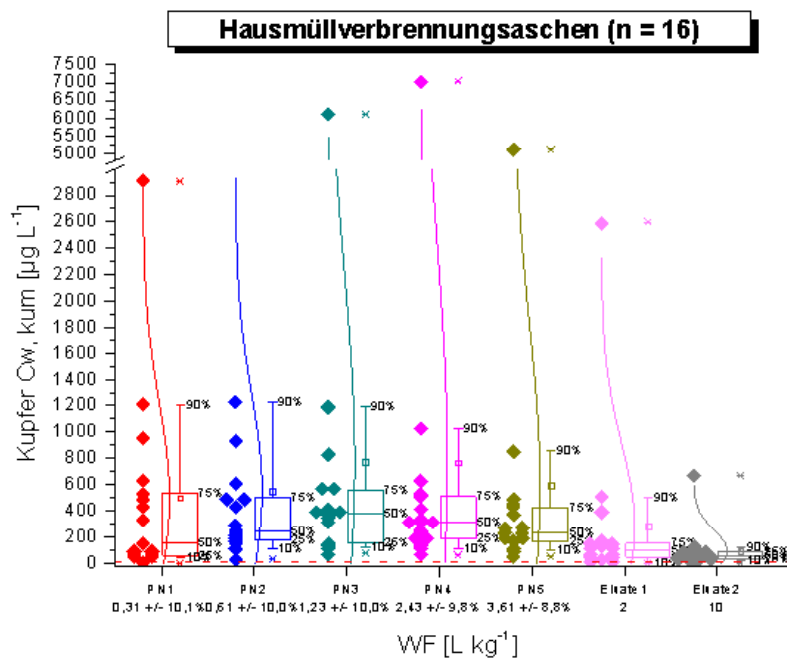
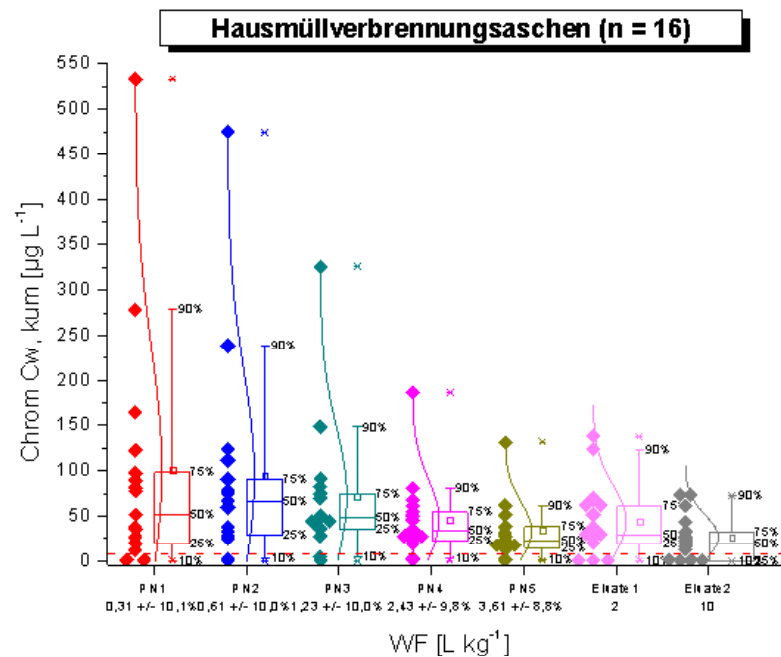
Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Cd, Pb und Zink wurden in den neueren Untersuchungen mit Säulenversuchen nicht gefunden, Arsen nur vereinzelt. Für Pb gilt das in den vorherigen Kapiteln Gesagte. Auch bei Cd und Zn können methodische Probleme und insbesondere bei Zn Freisetzen aus der Apparatur (Edelstahldruckfiltrationsanlage, Riffelteiler) für Höherbefunde verantwortlich sein.

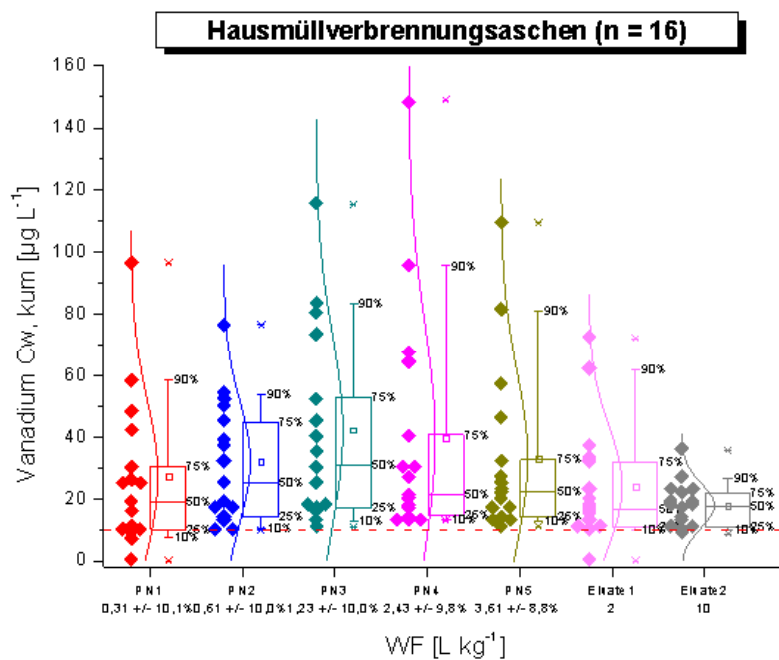
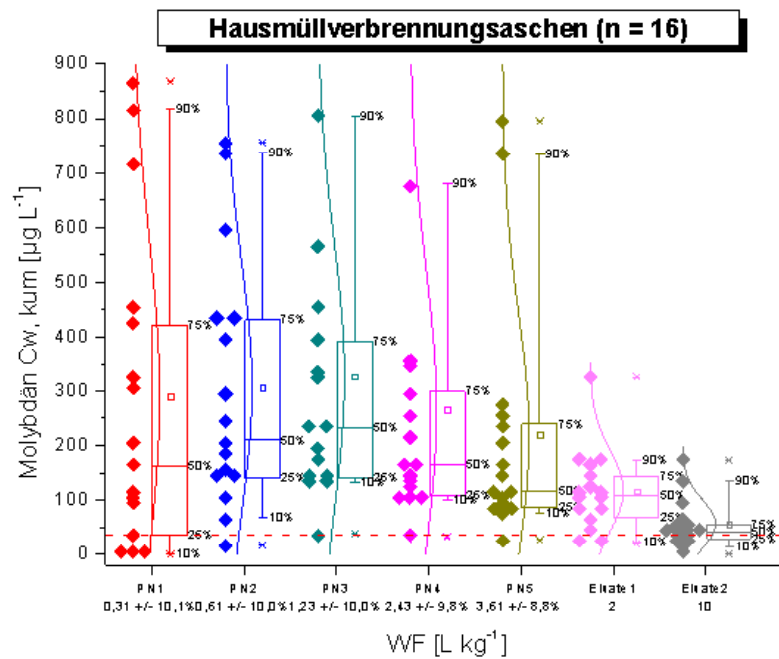
Zusammenfassende Bewertung: Mo ist nach den LANUV-Versuchen (Säule und Lysimeter) und den Zusatzuntersuchungen (Säule) relevant. Vanadium wird im Säulenversuch nach den LANUV-Untersuchungen gegenüber den Lysimeterbefunden (meist < BG) überschätzt. Verantwortlich ist der pH-Wert, der in der Säule höher ist als im Lysimeter und bei dem Vanadium besser löslich ist. Antimon im Säulenversuch ist etwa vergleichbar mit den Ergebnissen des Lysimeters. Da nach den breit angelegten Zusatzuntersuchungen dieser Parameter als relevant einzustufen ist, sollte er weiter betrachtet werden. Nickel wird in den Säulenversuchen nicht gefunden, fällt aber im Lysimeter auf. Dies ist auf die niedrigeren pH-Werte im Lysimeter und die hier höheren Nickellöslichkeiten zurückzuführen. Der Umstand der Nickelunterschätzung ist bei der Bewertung zu berücksichtigen, eine Güteüberwachung auf Nickel ist jedoch mit keinem Laborversuch sinnvoll. Der niedrigere pH-Wert im Lysimeter wird auf reduzierte Schwefelverbindungen in der HMVA zurückgeführt, die unter Einwirkung von Luftsauerstoff oxidieren und dabei Säure freisetzen und zu einer Neutralisierung der ursprünglich alkalischen Asche führt. Dies ist auch der Grund dafür, dass das Abklingen des Sulfats unter Freilandbedingungen langsamer abläuft als im Säulenversuch, da Sulfat nachgeliefert wird.

1.3.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten im Vergleich zu Konzentrationen im Schütteleluat



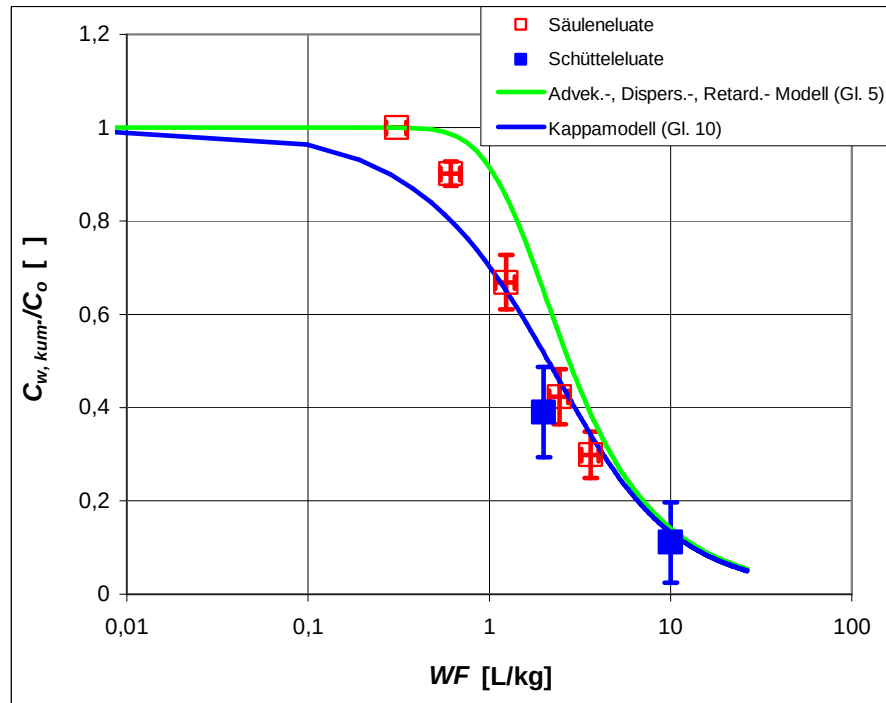




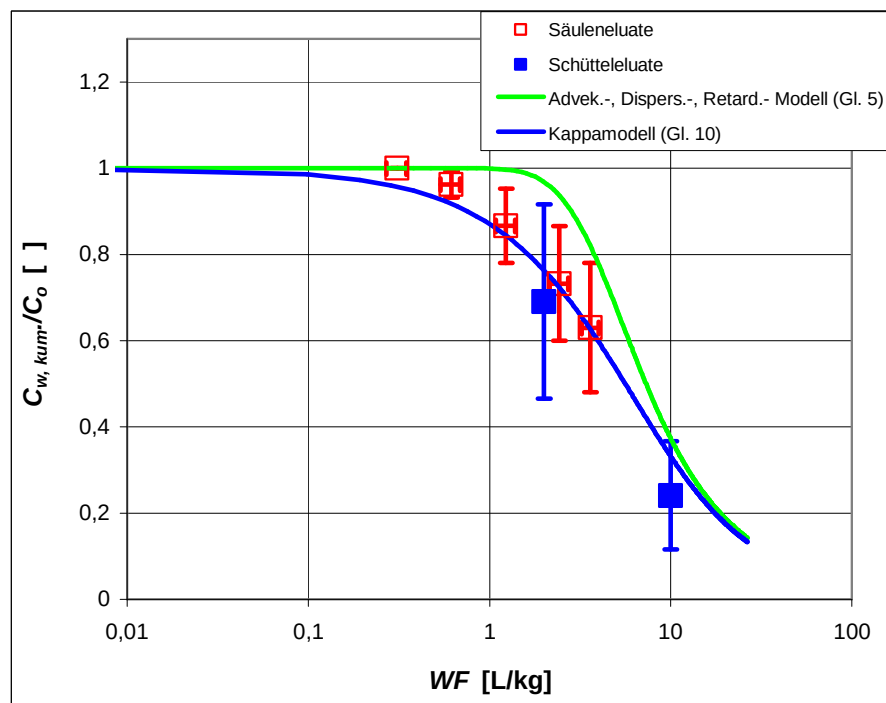


1.3.5 Standardabweichungen der Mittelwerte der Relativkonzentrationen relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs, des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) und der Schütteleluate bei WF 2 und 10 sowie Modellfittergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

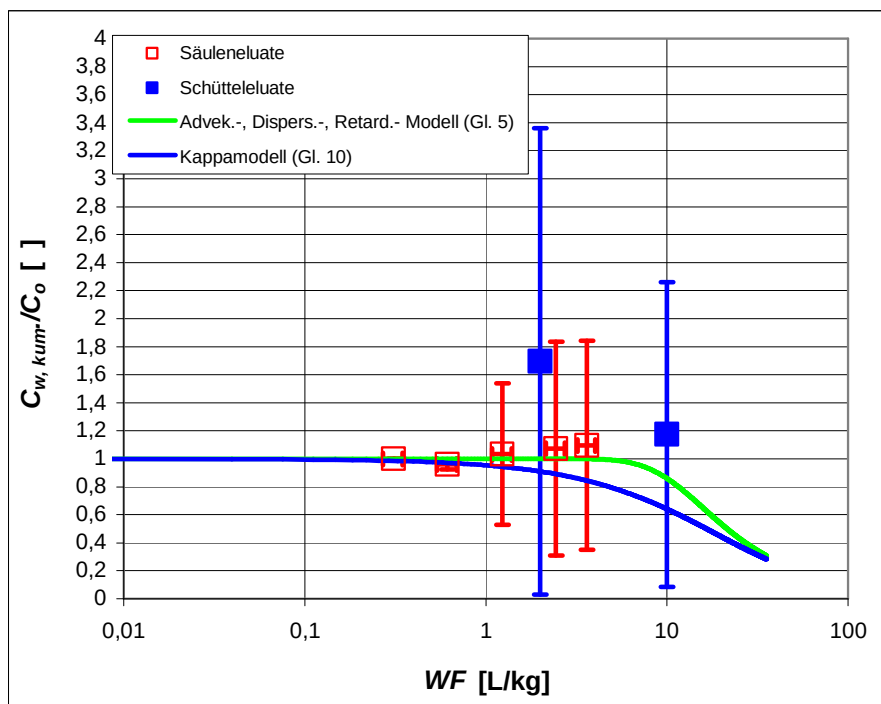
Chlorid



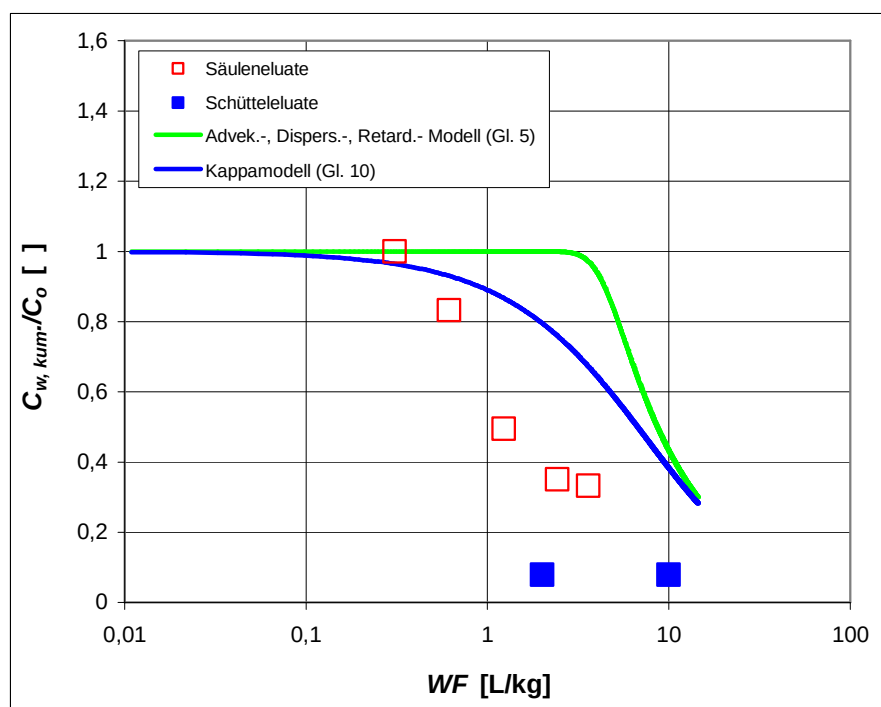
Sulfat



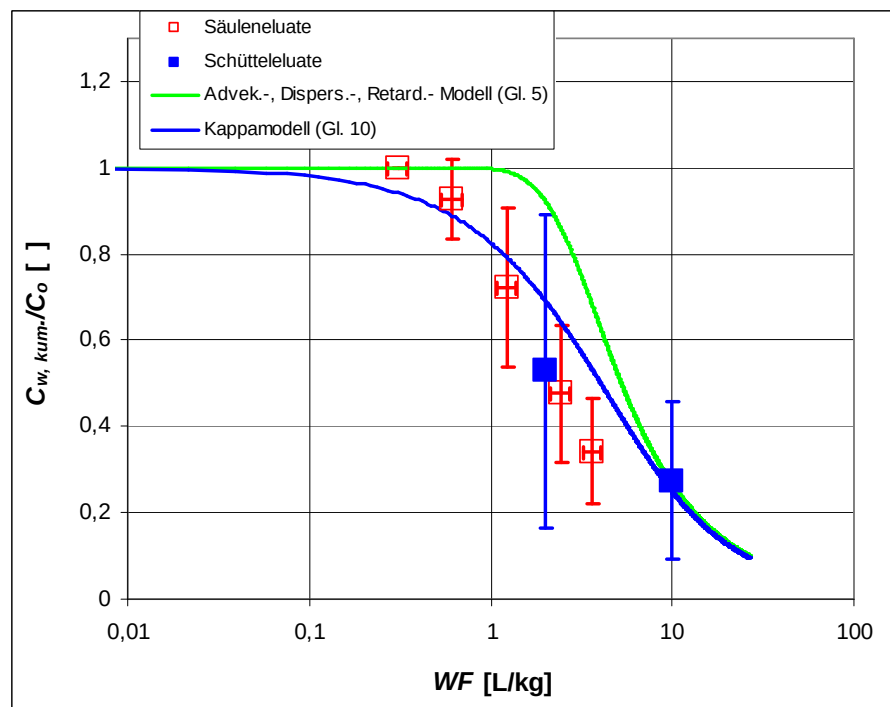
Antimon



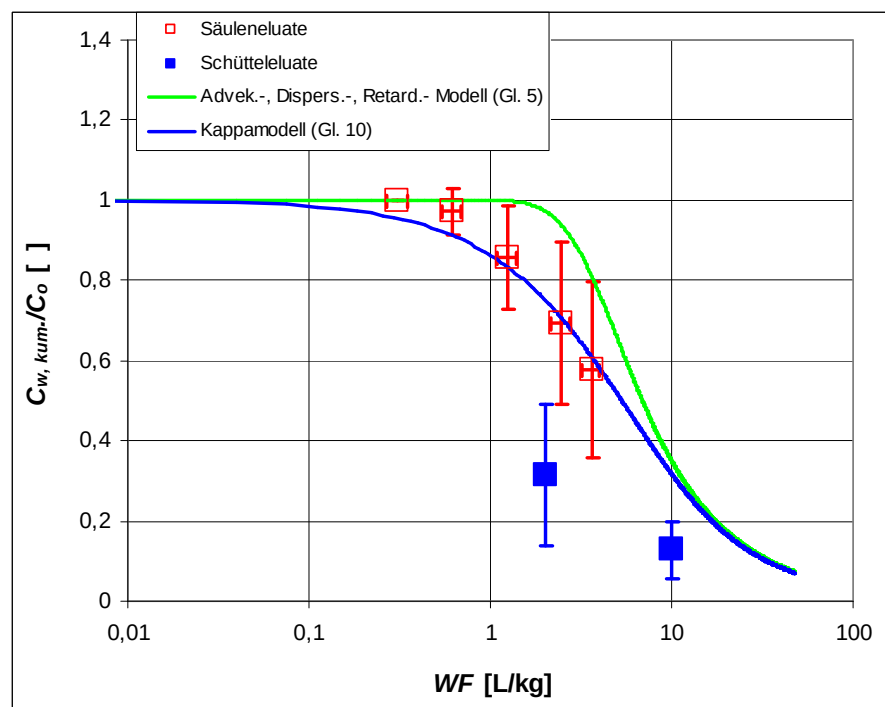
Arsen



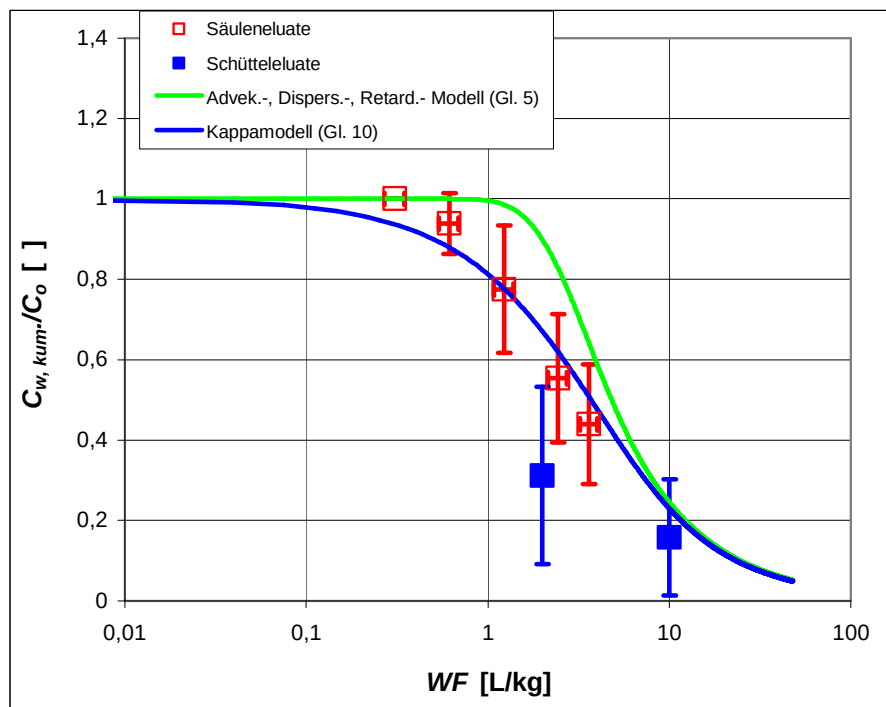
Chrom



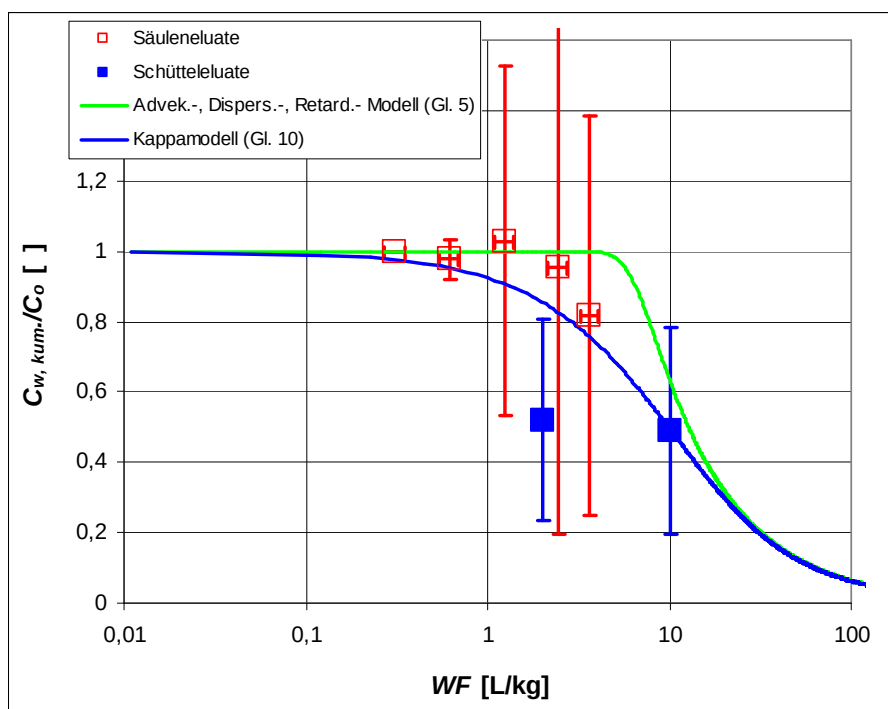
Kupfer



Molybdän



Vanadium



1.4 Hüttensande (HS)

1.4.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

HS	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	2	0/2	–	2	2	2	–	–
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	–		statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schütteluate bei WF 10 und Feststoffgehalte)					

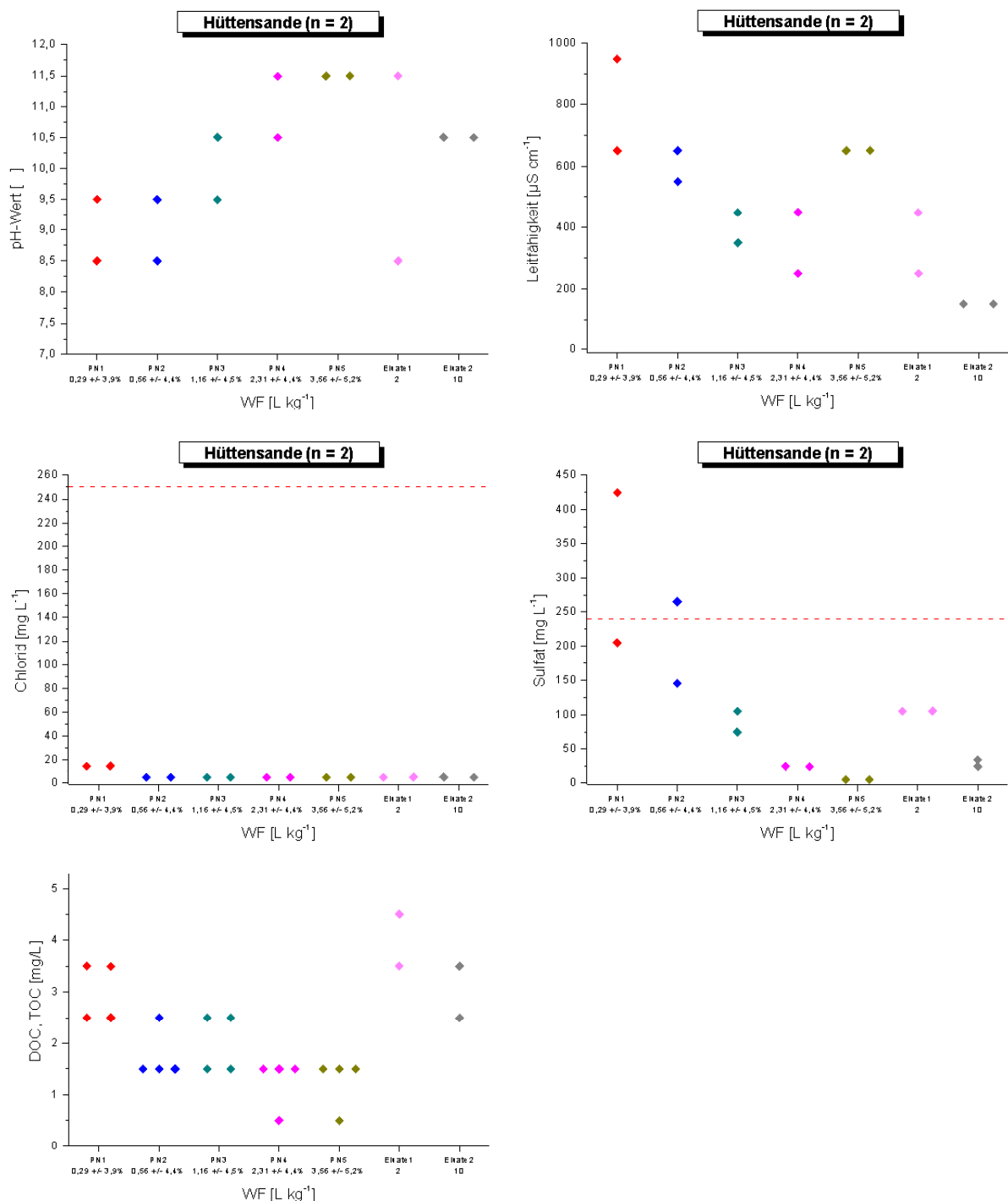
Analysenumfang

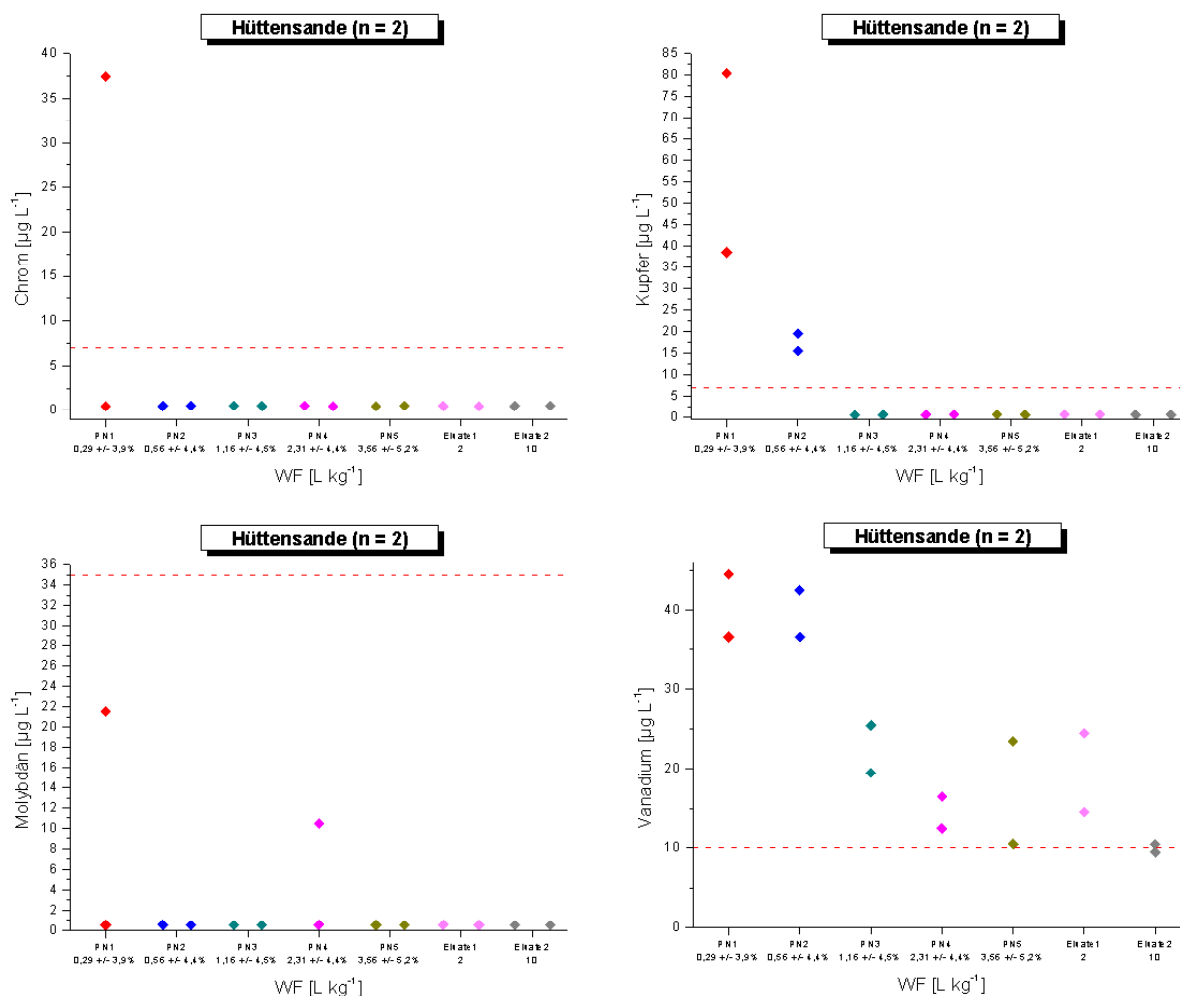
HS	Hydrochemische Parameter, Summen- parameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH, Trübe	Cl, SO ₄	As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn	DOC (TOC)
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	Cl, SO ₄ , Thiosulfat abgeleitet aus CSB, F	As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V, Zn, Cyanide	–

1.4.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf den Ergebnissen der Zusatzuntersuchungen des Ökoinstituts (Dehoust et al., 2007). Auswertungen zu pH, Leitfähigkeit und DOC sind nachrichtlich aufgeführt.

As, Cd, Co, Ni, Pb, Sb und Zn waren zu keinem Zeitpunkt im ausführlichen Säulenversuch und / oder in Eluaten nachweisbar und sind im Folgenden nicht dargestellt





1.4.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

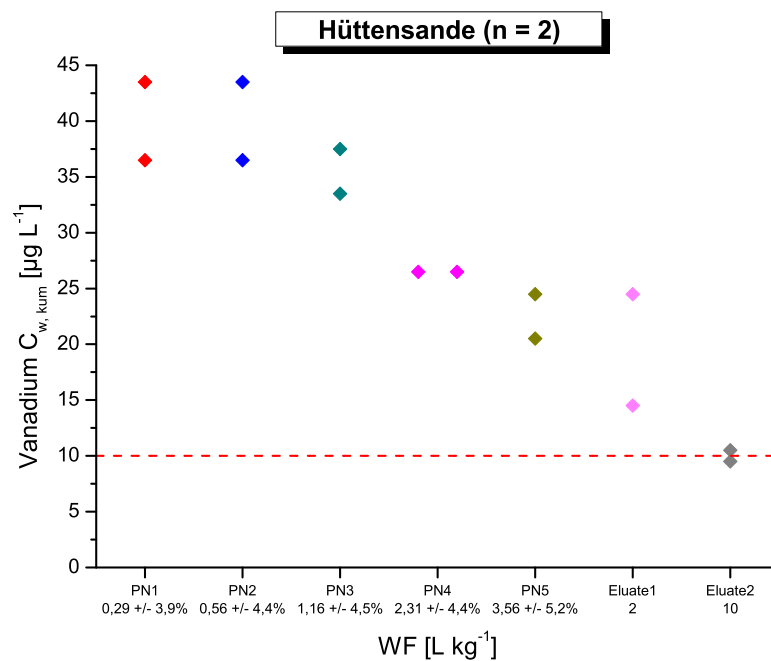
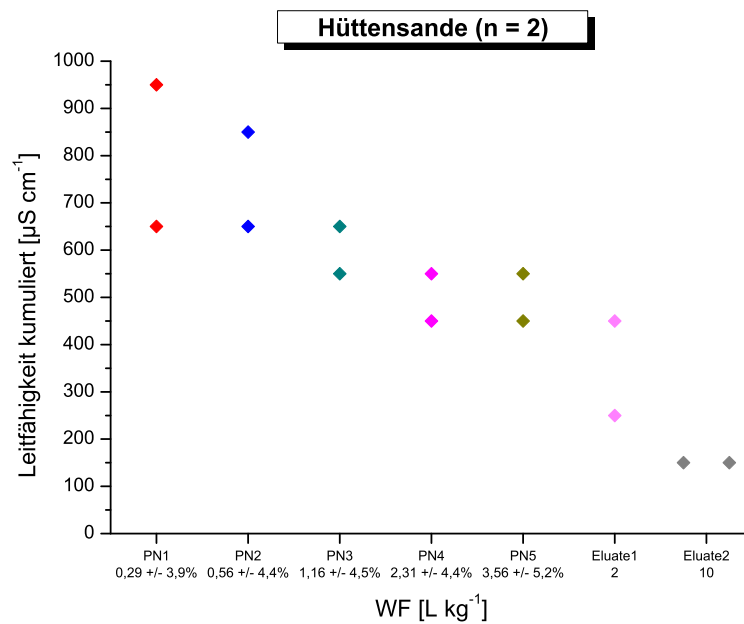
HS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	(SO ₄)	(Cu), V	—
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	Lf (Indikator), pH (Indikator)		V	—
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	V	—

Zusatzuntersuchungen Ökoinstitut: Sulfat weist anfänglich erhöhte über dem Bezugswert liegende Konzentrationen auf. Vanadium liegt stets über den Bezugswerten. Kupfer weist anfänglich erhöhte Konzentrationen auf, die dann zwischen WF 0, 5 und 1 unter die Bezugswerte zurückgehen

Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Das 80. Perzentil der Sulfatkonzentrationen liegt bei 42 mg/L.

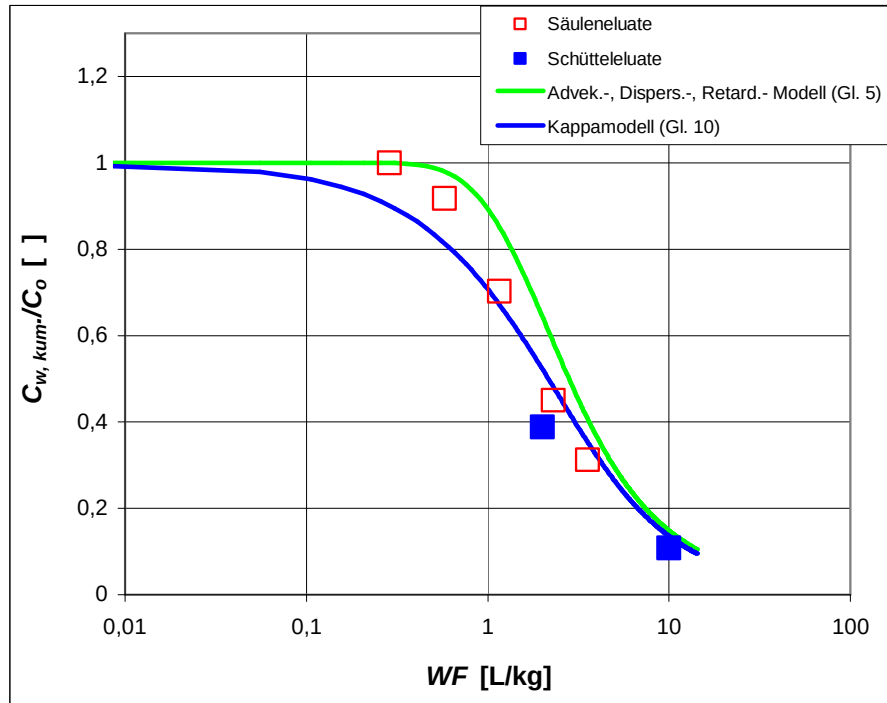
Zusammenfassende Bewertung: Die Sulfatproblematik ist aufgrund der glasigen Struktur im Vergleich zu Hochofenstüchschlacke anscheinend kaum gegeben. Es wird davon ausgegangen, dass auch die Oxidationsvorgänge der Hochofenstüchschlacke hier nicht relevant sind. Gleichwohl kann es in einzelnen wenigen Bauweisen zu einer Begrenzung des offenen Einbaus kommen. Insoweit wird neben V auch das Sulfat als bewertungsrelevant eingeschätzt.

1.4.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten im Vergleich zu Konzentrationen im Schüttteleuat

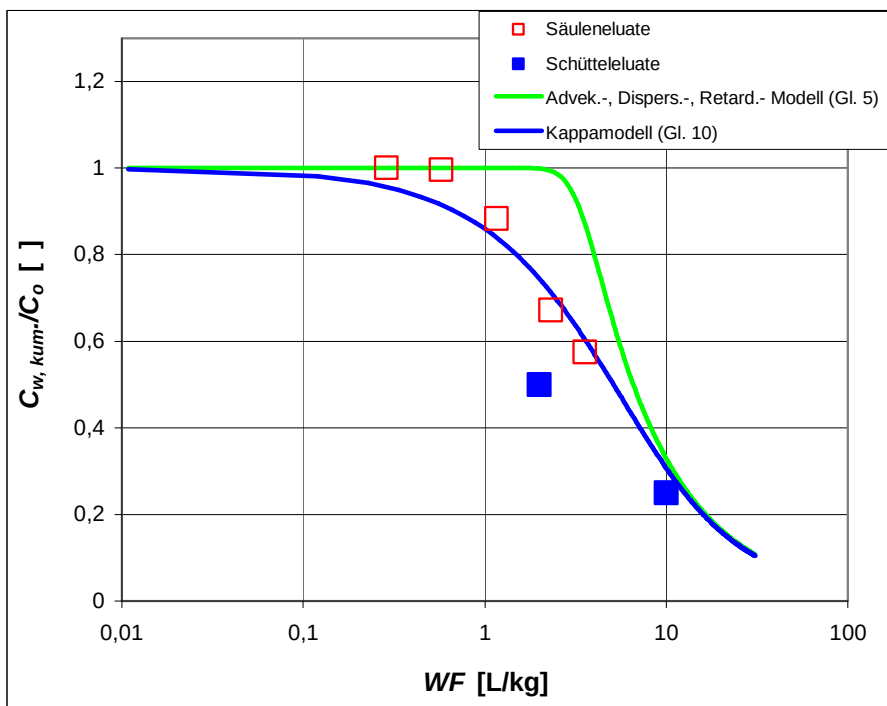


1.4.5 Mittelwerte der Relativkonzentrationen relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs, des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) und der Schütteluate bei WF 2 und 10 sowie Modellfittergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

Sulfat



Vanadium



1.5 Steinkohleflugasche (SFA)

1.5.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

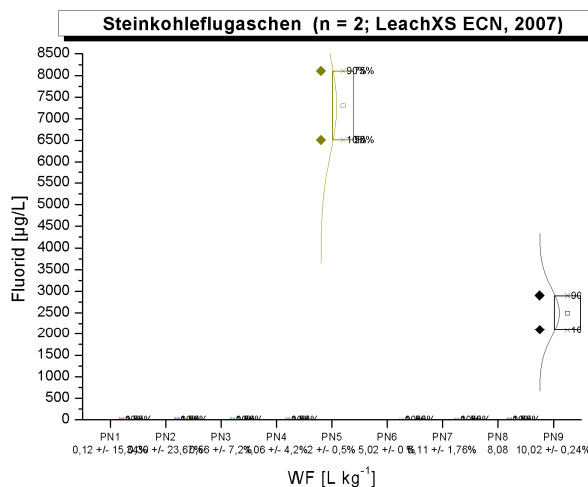
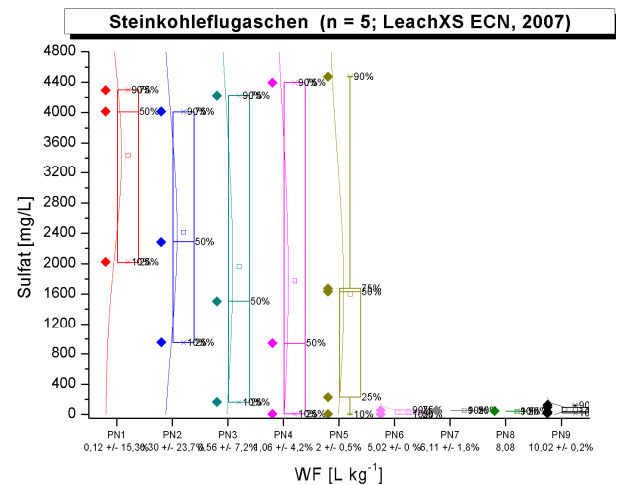
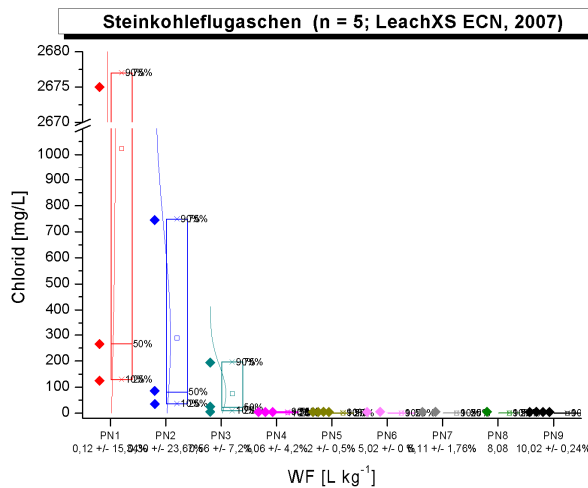
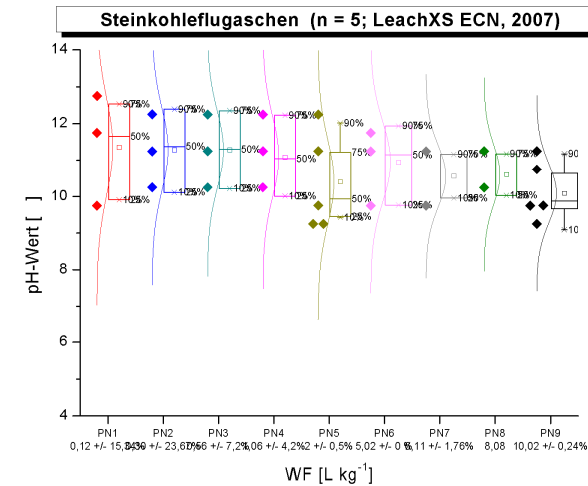
SFA	Anzahl Proben	Körnunge n	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)						
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1	pH stat
Ökoinstitut statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung									
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	n = 5	feinkörnig im Original	–	5	–	–	–	–	–
	n = 154	pulverisiert	–	–	–	154	–	–	–

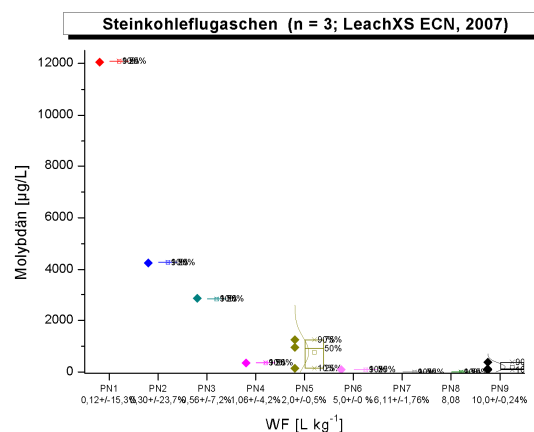
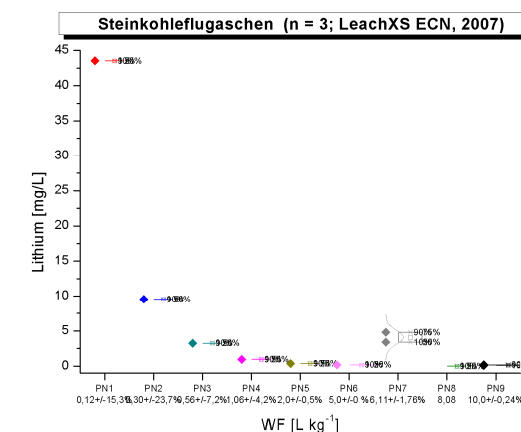
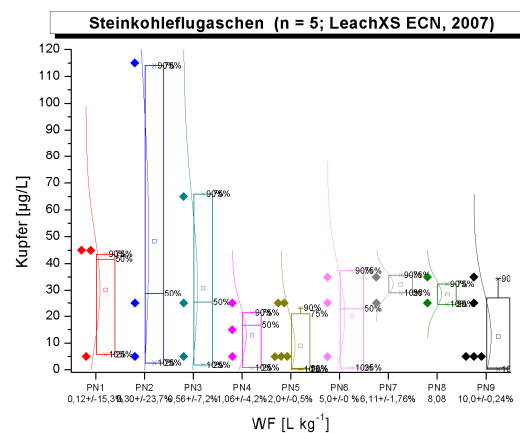
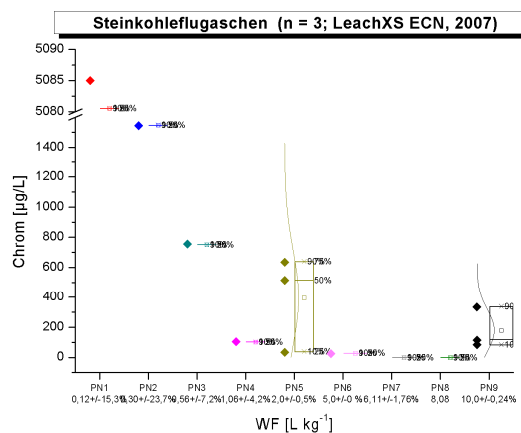
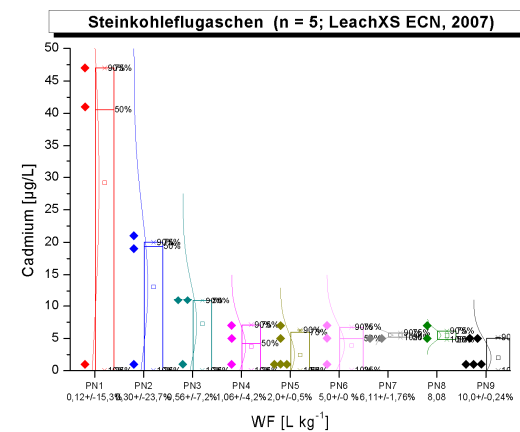
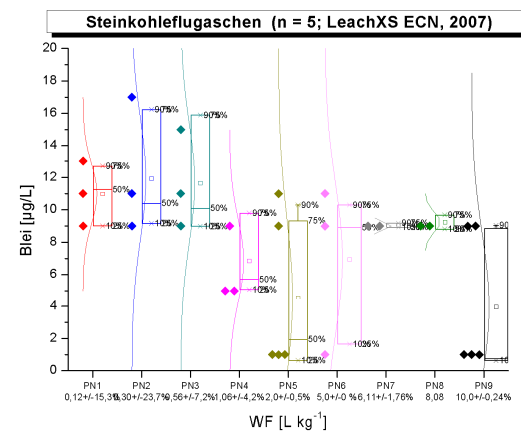
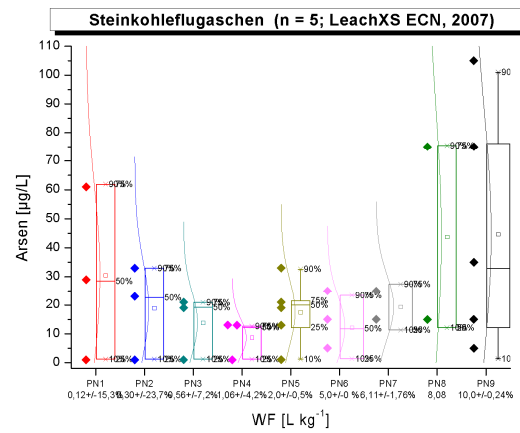
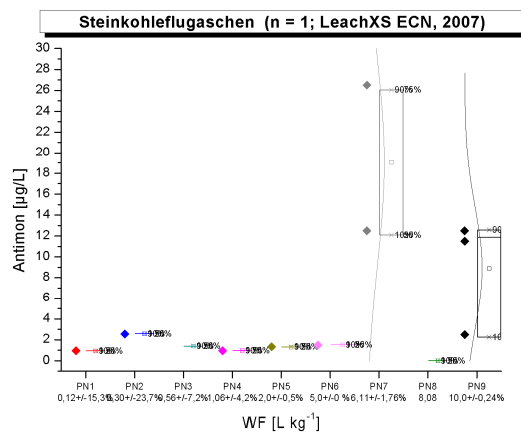
Analytikumfang

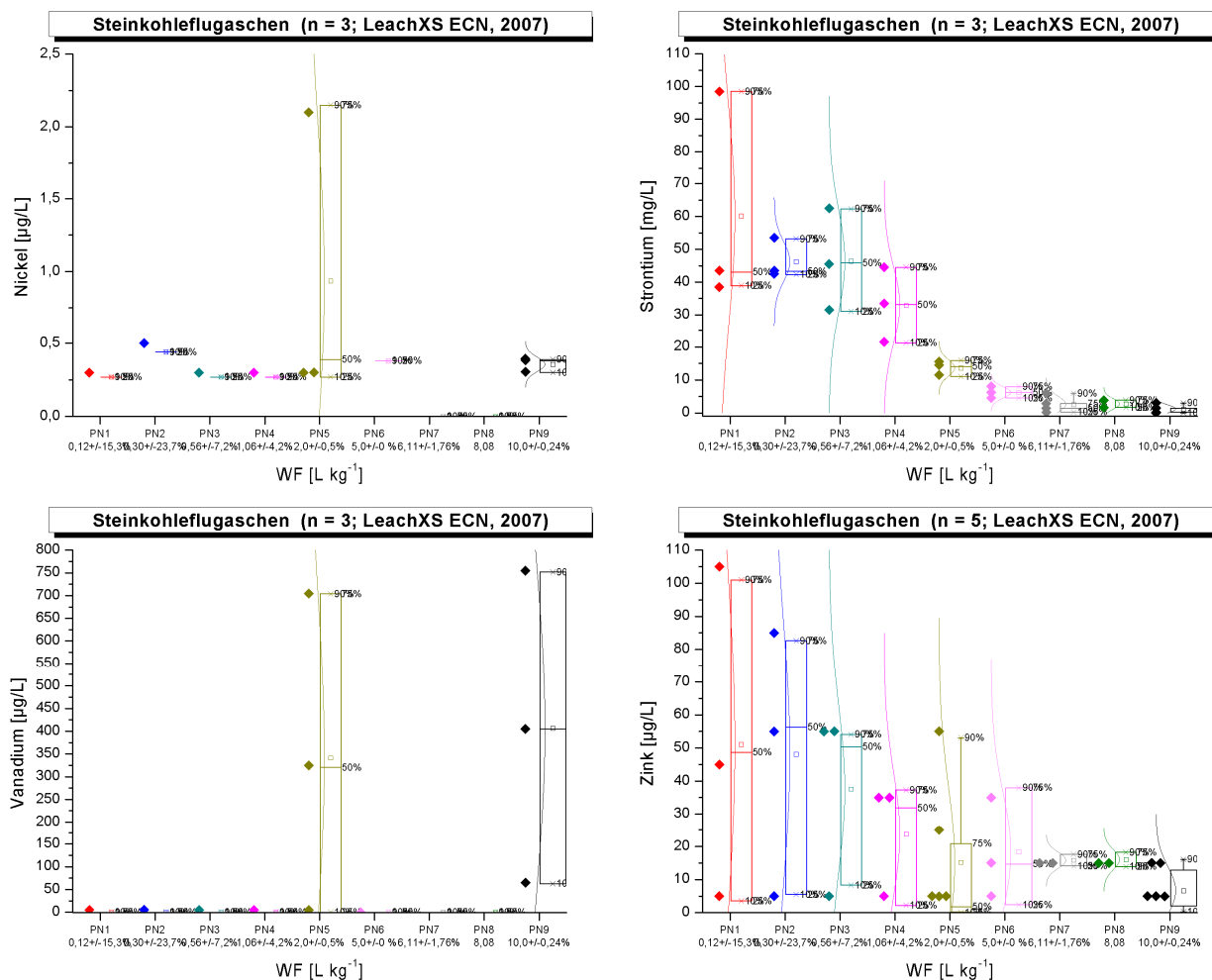
SFA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	–	Cl, SO ₄	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V, Zn	–
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	pH	Ca, Cl, F, SO ₄ , K, Mg, Na	Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, Sr, V, Zn	–

1.5.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf Säulenversuchsdaten aus der LeachXS Datenbank des ECN. Auswertungen zu pH sind nachrichtlich aufgeführt.







1.5.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

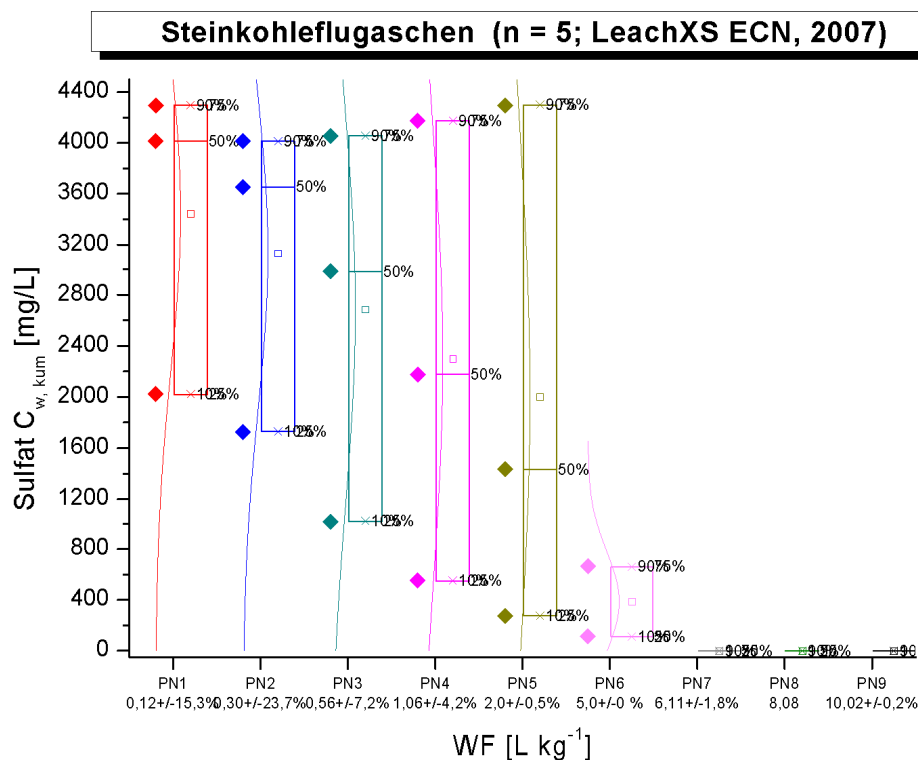
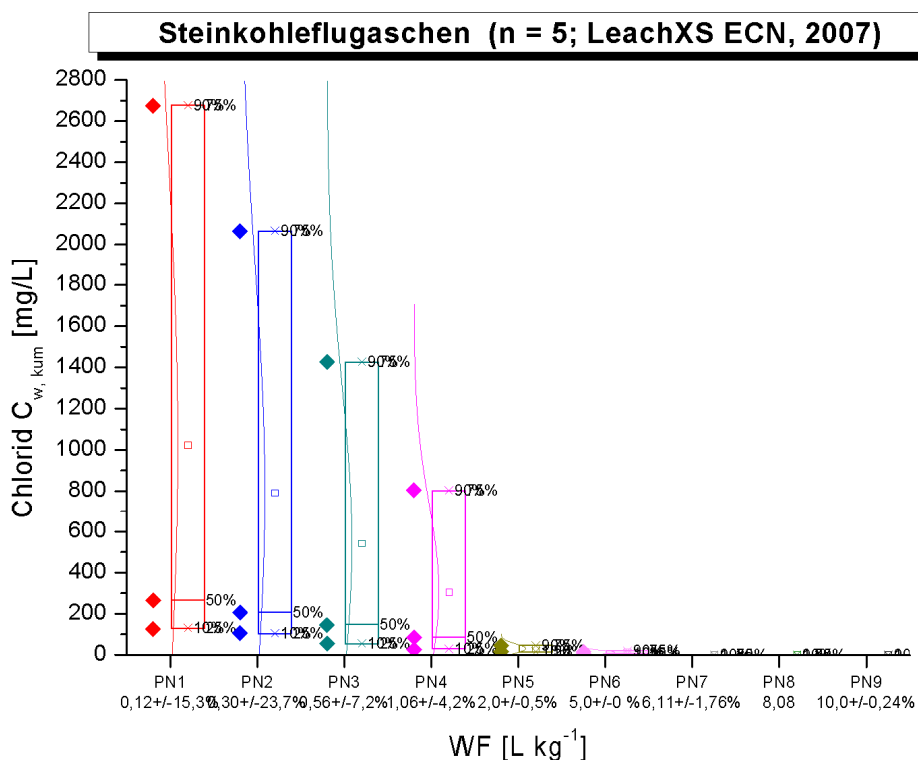
SFA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung) anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	As, Cd, Cr, (Hg), Pb, Sb, Ti, V	—
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	As, Cd, Cr, (Cu), (Li), Mo, (Sr), V	—

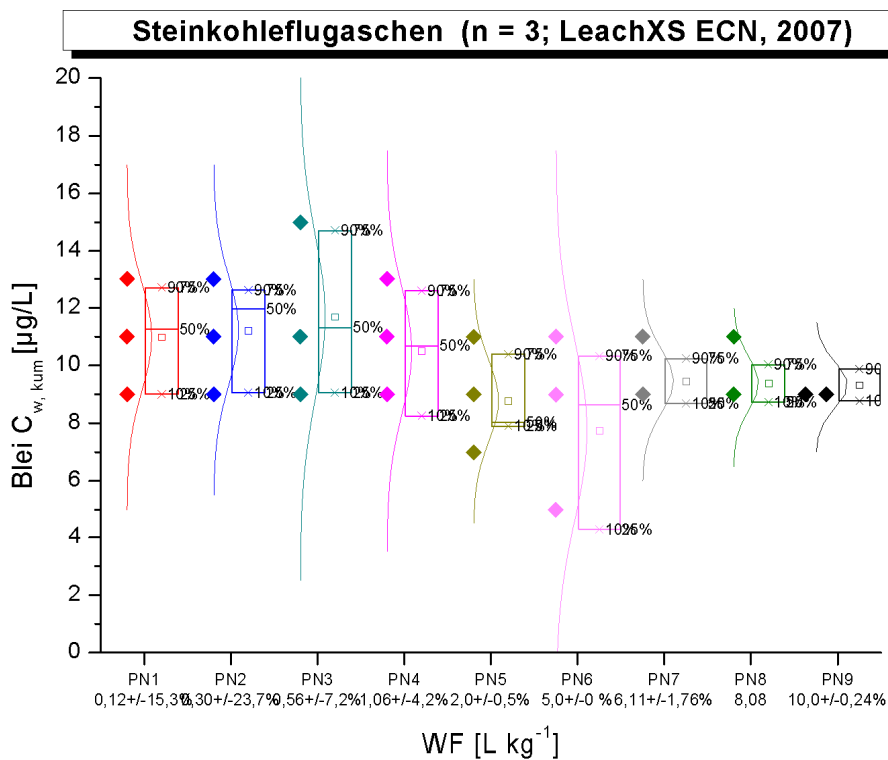
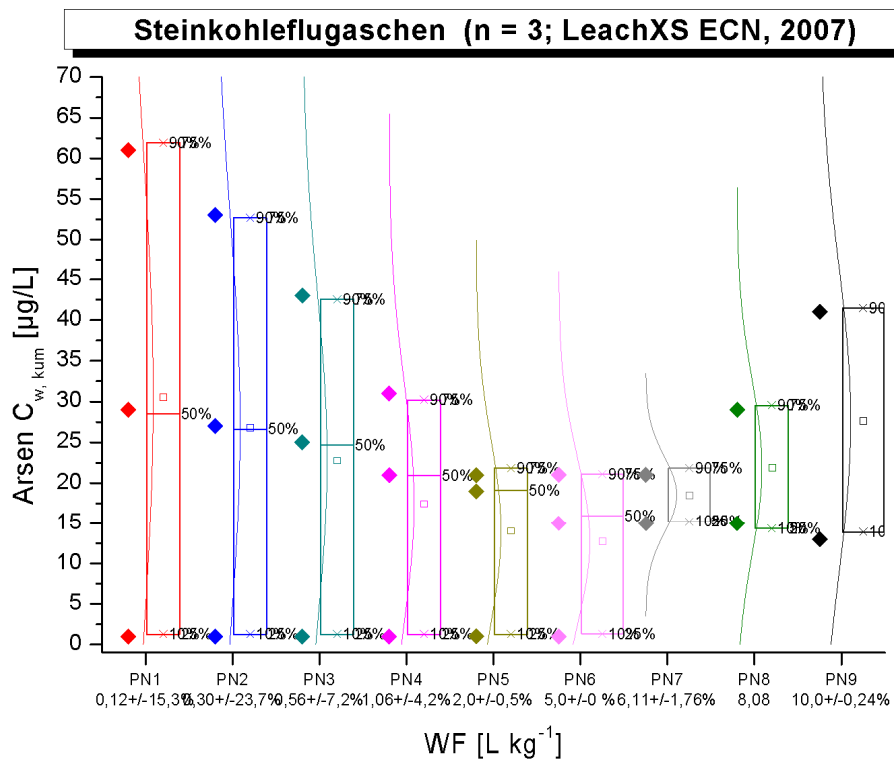
Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Neben den in den LAGA-Eckpunkten definierten Güteüberwachungsparametern weisen sich nach den Auswertungen von Dehoust et al (2007) noch Sb, Pb, Ti und V als relevant aus.

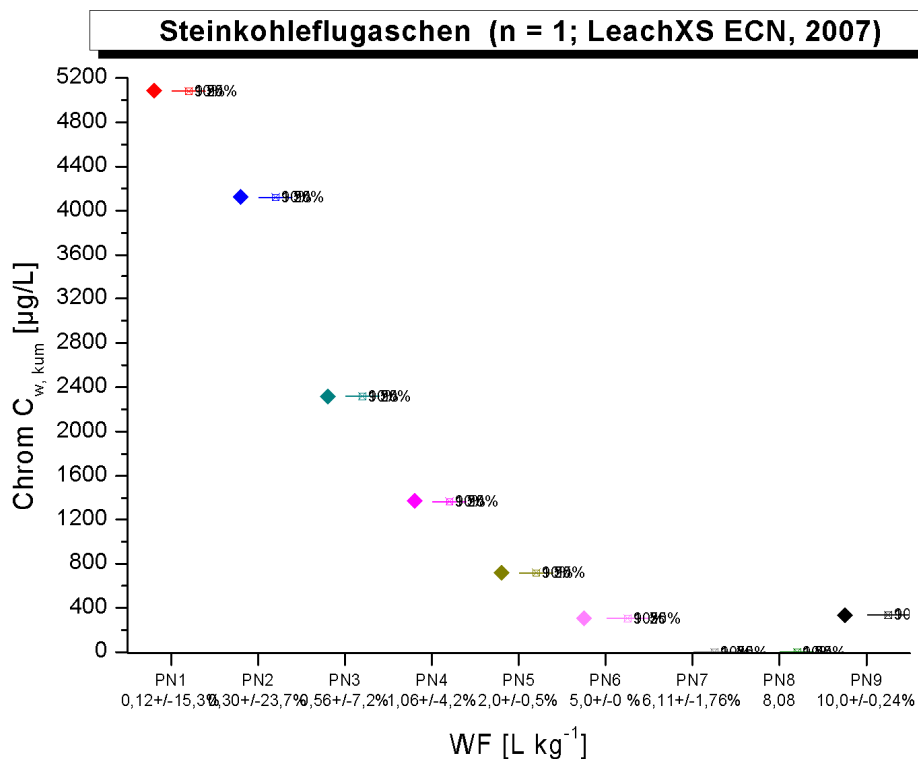
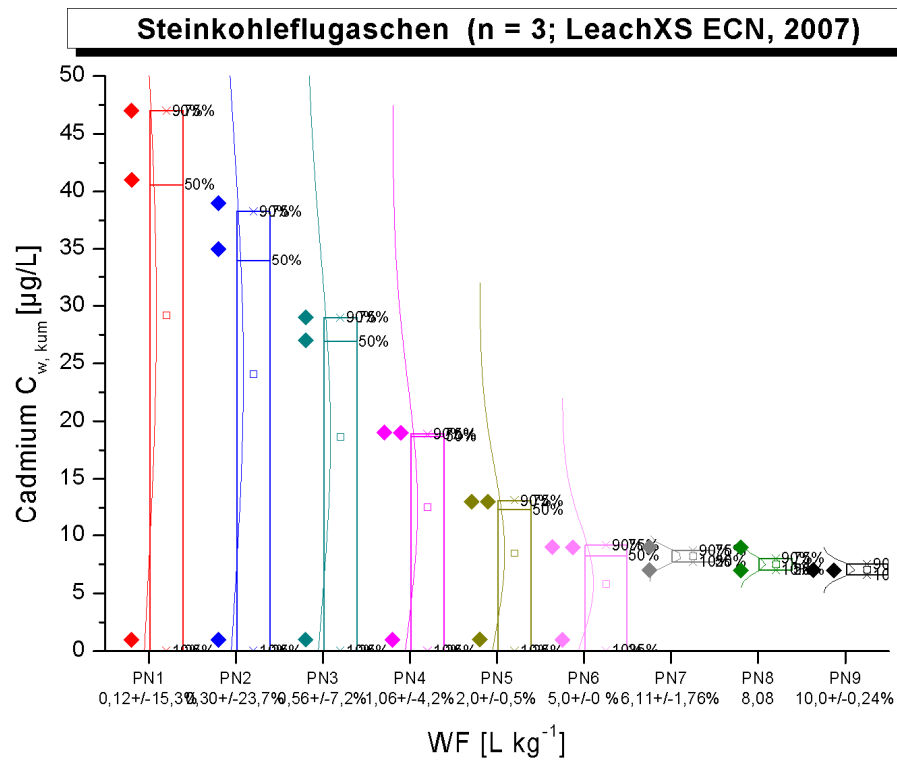
LeachXS: Grundsätzlich relevant sind SO₄, As, Cd, Cr, Cu, Mo und V. Cu liegt bei sehr niedrigen WF bei starken Schwankungen im Mittel oberhalb der Bezugswerte, bei höheren WF dann im Bereich der Bezugswerte. Li und Sr weisen im Vergleich zu Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser insbesondere bei niedrigen WF hohe Konzentrationen auf.

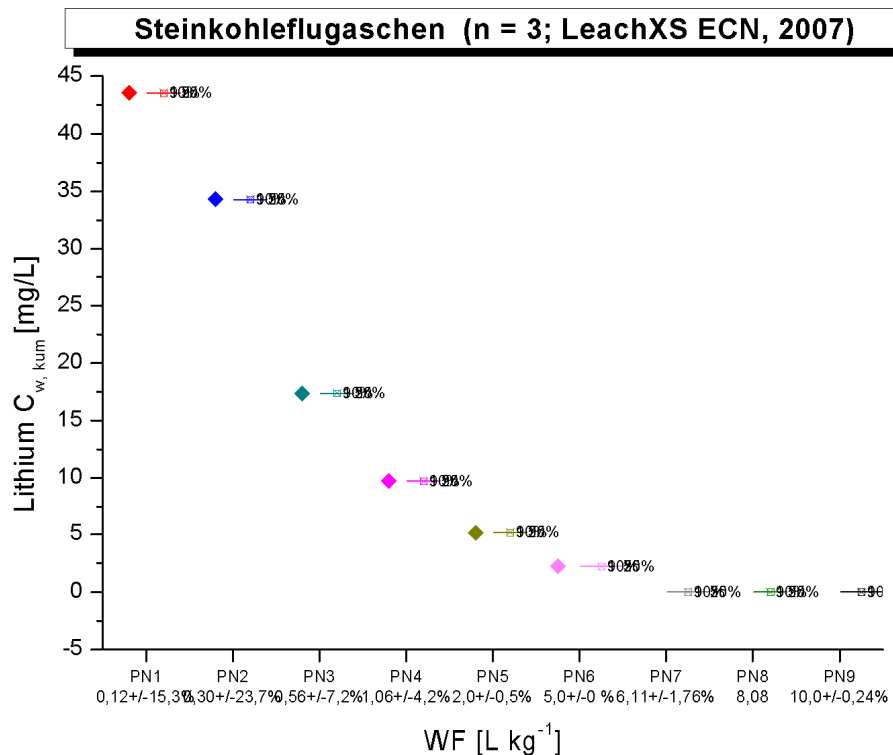
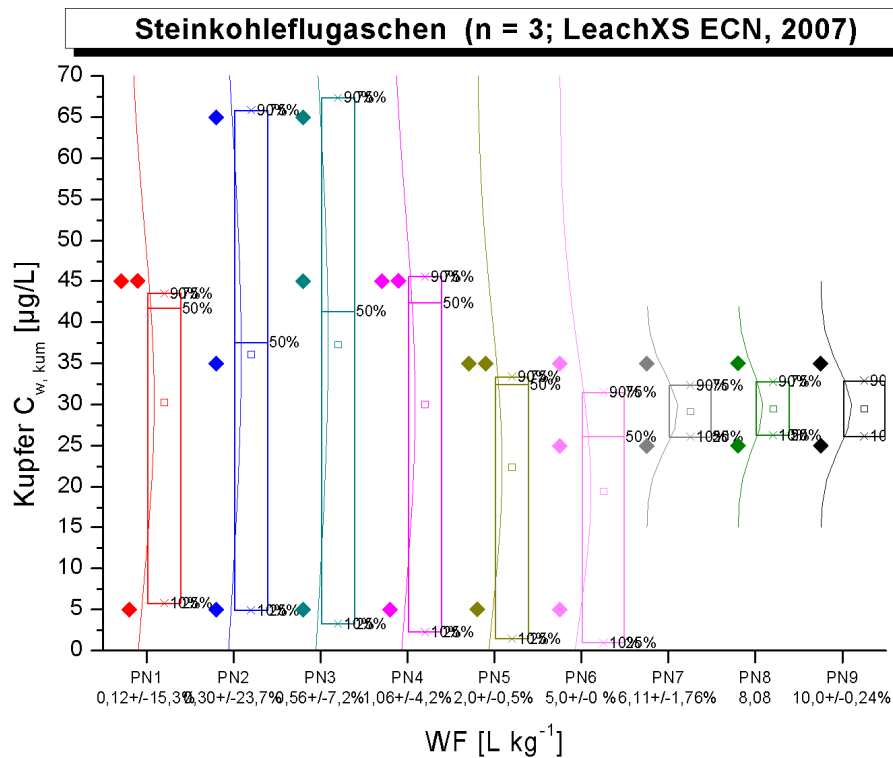
Zusammenfassende Bewertung: Als bewertungsrelevant werden SO₄, As, Cd, Cr, Mo und V eingeschätzt. Li und Sr werden aufgrund fehlender Bezugswerte nicht weiter betrachtet. Da nach den Erfahrungen Pb und Hg in Sickerwässern eher nicht auftreten, werden die Befunde der Güteüberwachungsdaten als Artefakte eingeschätzt. Bei Thallium sind ebenfalls keine Probleme bekannt. Da über die als bewertungsrelevant eingestuft Stoffe ein breites Spektrum von Mobilitätseigenschaften abgedeckt wird und einige dieser Stoffe in sehr hohen Konzentrationen (z. B. SO₄, Mo) auftreten und somit die Einbaumöglichkeiten bereits stark einschränken, ist das Restrisiko von Gefährdungen durch weitere ggf. problematische Stoffe gering.

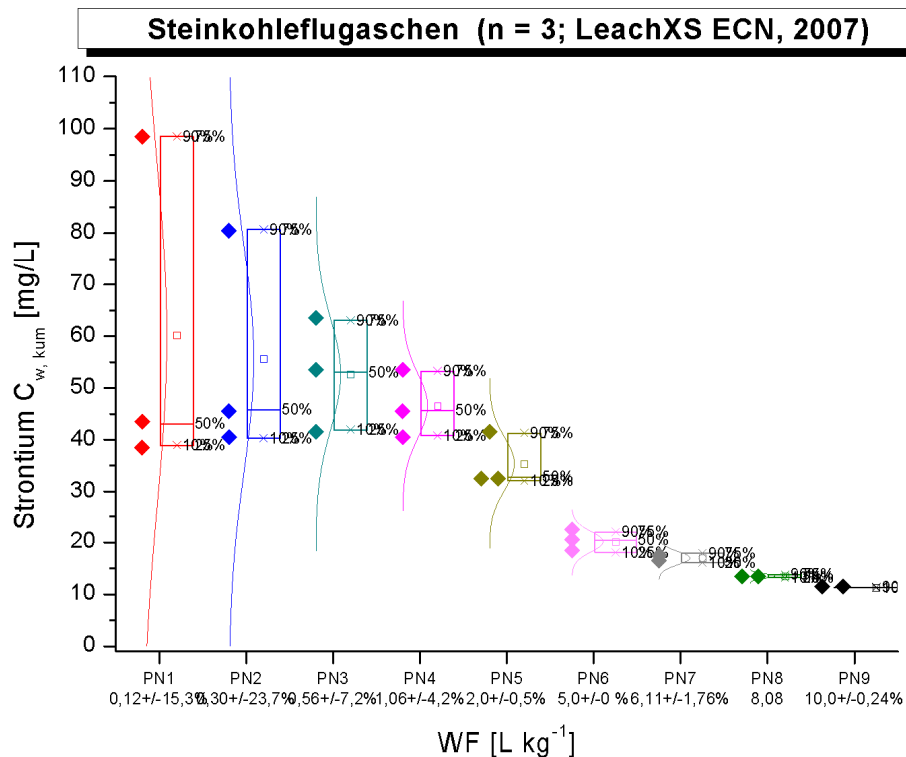
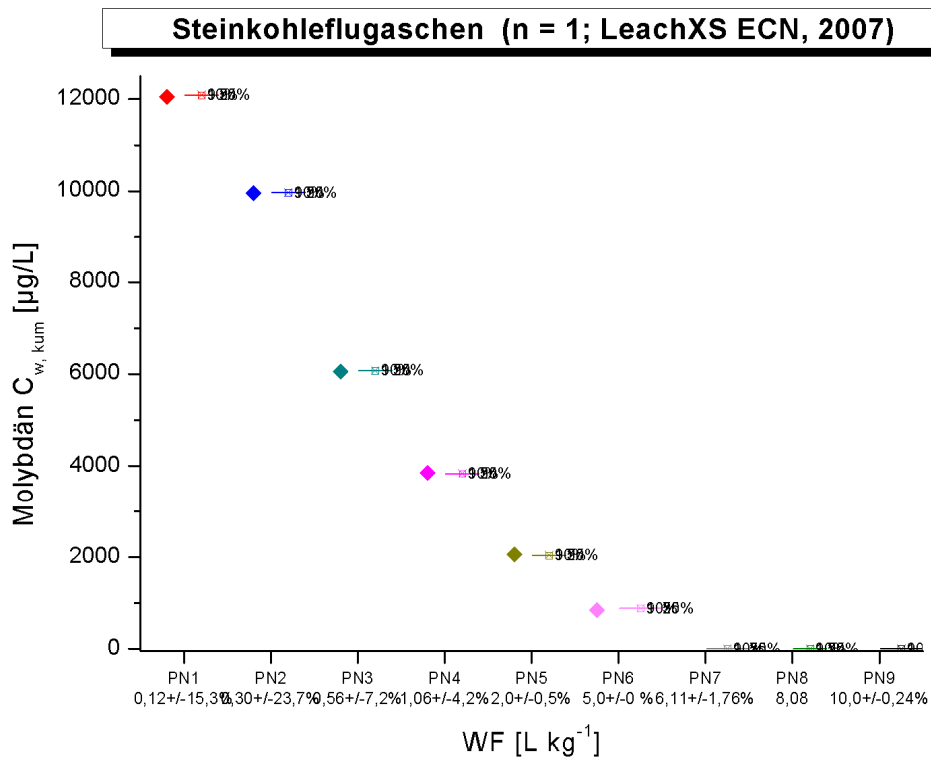
1.5.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten





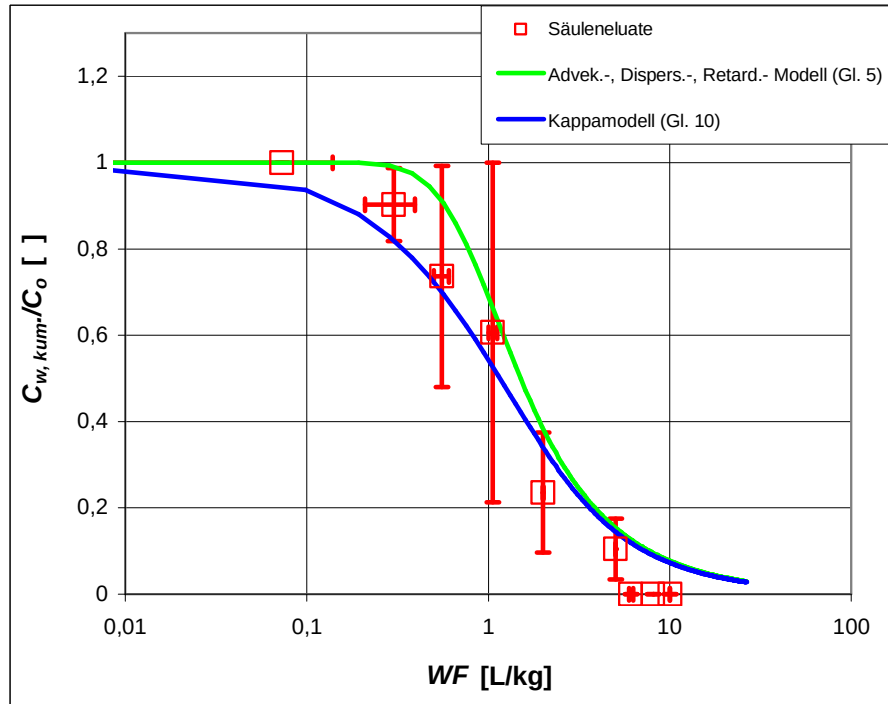




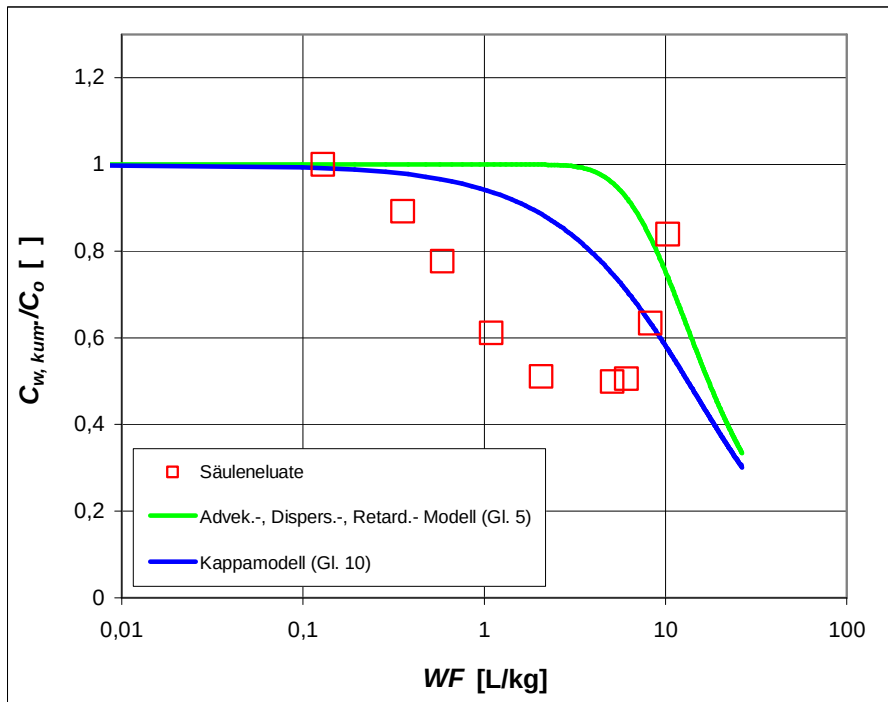


1.5.5 Mittelwerte der Relativkonzentrationen (sowie ggf. Standardabweichungen) relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs und des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) sowie Modellfittergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

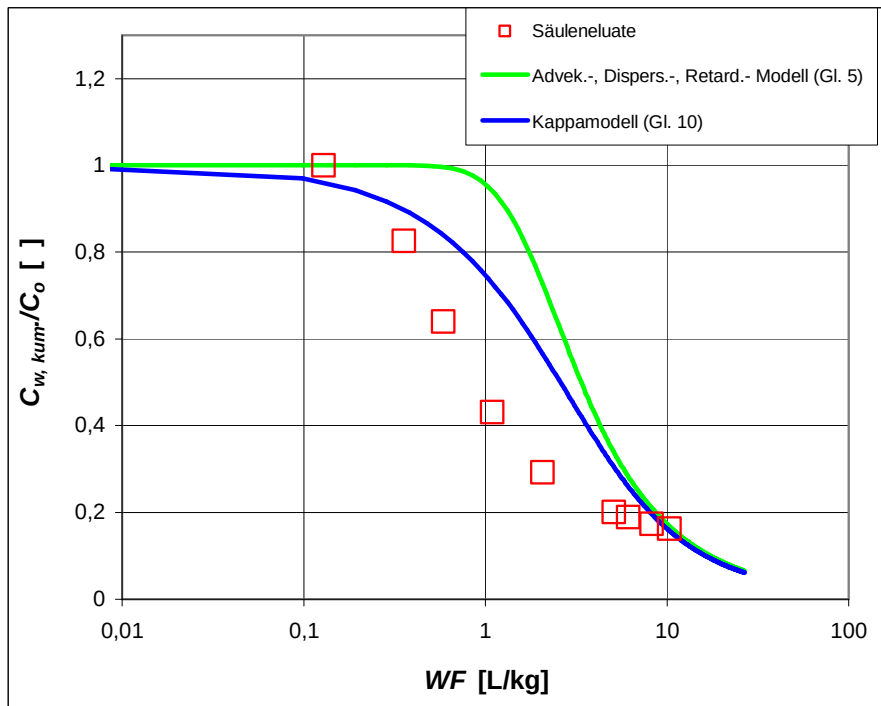
Sulfat



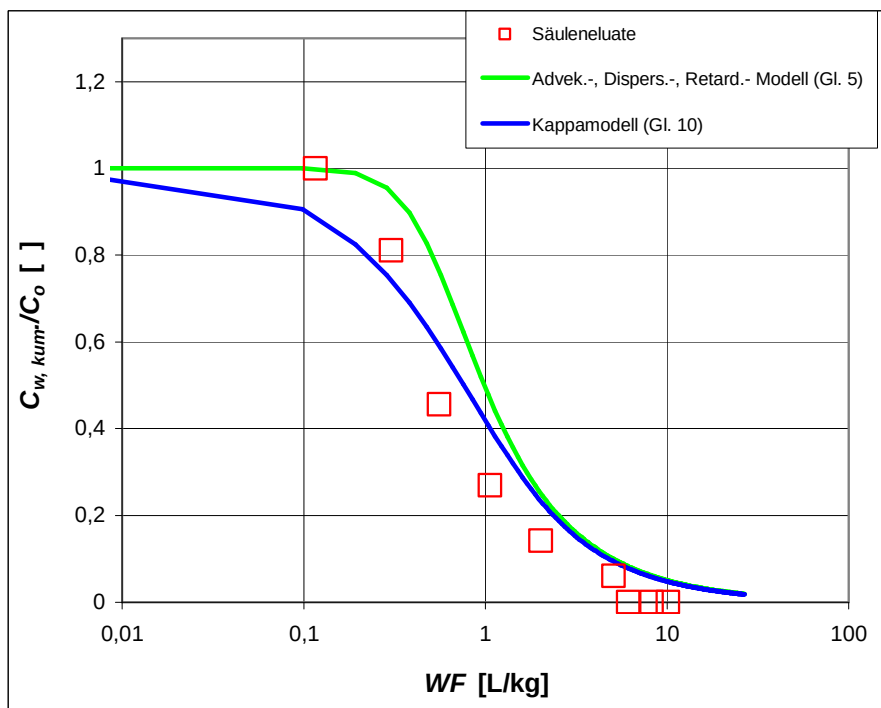
Arsen



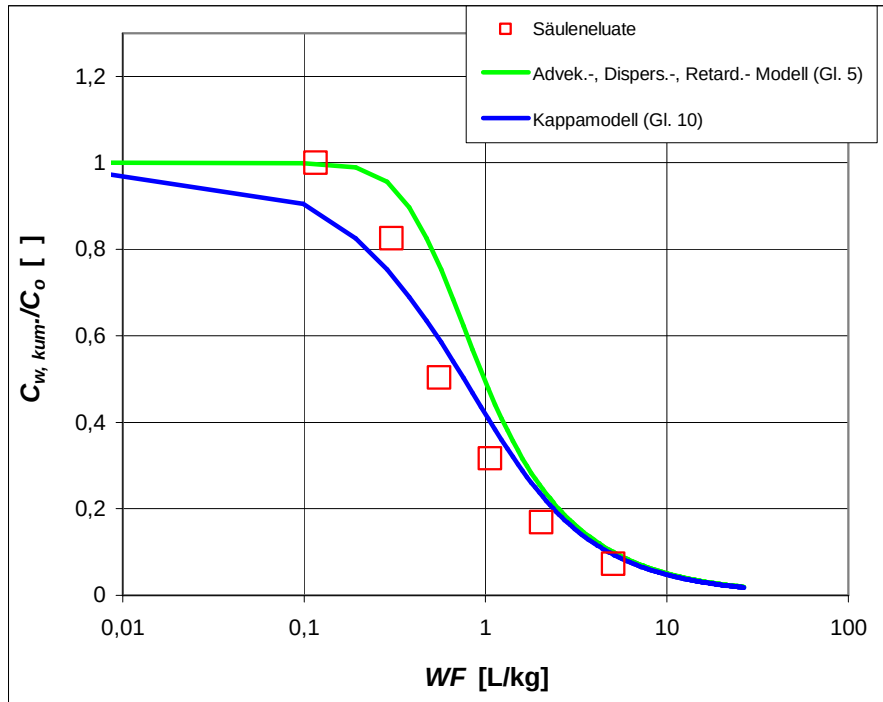
Cadmium



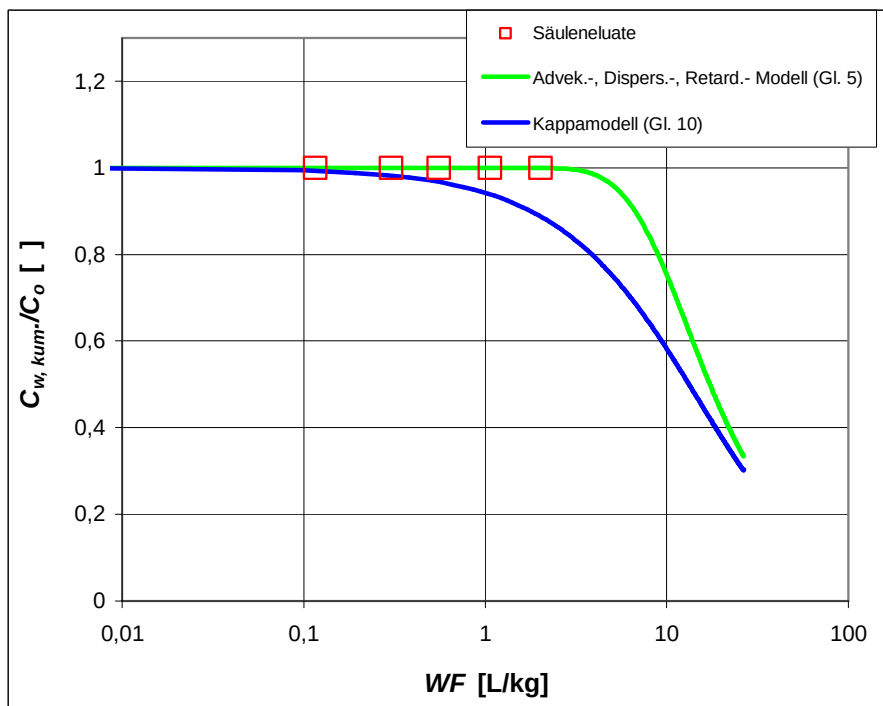
Chrom



Molybdän



Vanadium



1.6 Steinkohlekesselasche (SKA)

1.6.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

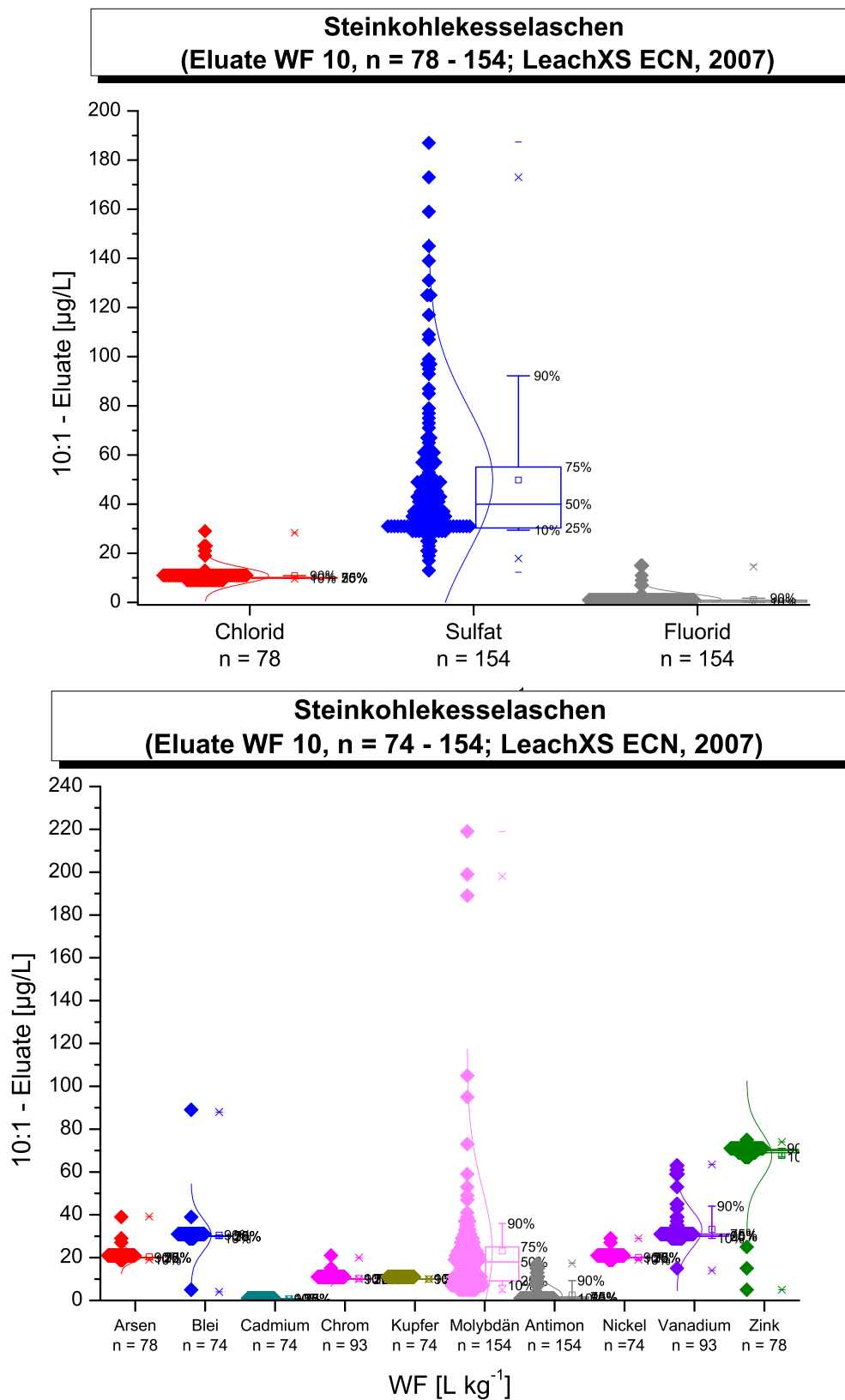
SKA	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)						pH stat
			Freiland-lysimeter	Säulen-versuch	Schüttel-versuch bei WF 2	Schüttel-versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF 1	
Ökoinstitut			statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schüttel-eluat bei WF 10 und Feststoffgehalte)						
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	154	granular diverse	–	–	–	154	–	–	–

Analysenumfang

SKA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	–	Cl, SO ₄	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn	–
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	pH	Ca, Cl, F, SO ₄ , K, Mg, Na	Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, Sr, V, Zn	–

1.6.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf Schütteleluaten bei WF 10 aus der LeachXS Datenbank des ECN.



1.6.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

SKA	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	As, Cd, Cr, (Hg), Pb, Sb, Ti, V	–
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	As, Pb, Cr, Mo, V	–
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄	As, Mo, V	–

Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Neben den in den LAGA-Eckpunkten definierten Güteüberwachungsparameter weisen sich nach den Auswertungen von Dehoust et al (2007) noch Sb, Pb, Ti und V als relevant aus.

LeachXS: Grundsätzlich relevant sind SO₄, As, Pb, Cr, Mo und V.

Zusammenfassende Bewertung: Als bewertungsrelevant werden SO₄, As, Mo und V eingeschätzt. Da nach den Erfahrungen Pb und Hg in Sickerwässern eher nicht auftreten, werden die Befunde der Güteüberwachungsdaten als Artefakte eingeschätzt. Bei Thallium sind ebenfalls keine Probleme bekannt. Chrom weist nach den Schüttelversuchsergebnissen niedrige Konzentrationen auf und scheint daher vermutlich weniger relevant zu sein.

Zu Kapitel 1.6.4 und 1.6.5

Es standen keine Säulenversuchs- und / oder Lysimeterdaten zur Modellierung von Kappwerten zur Verfügung. Hilfsweise wurden K_d -Werte des TAC (2000) zugrunde gelegt und aus den statistischen Kennwerten (80. Perzentil, Datensatz des VGB) für das Eluat bei WF 10 für Sulfat, Arsen, Molybdän und Vanadium einsatzlimitierende Werte im Säulenkurzeluat bis WF 2 abgeleitet (s. Kap 4.2., Tab. 4.2.2.12).

1.7 Stahlwerksschlacken (SWS)

1.7.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

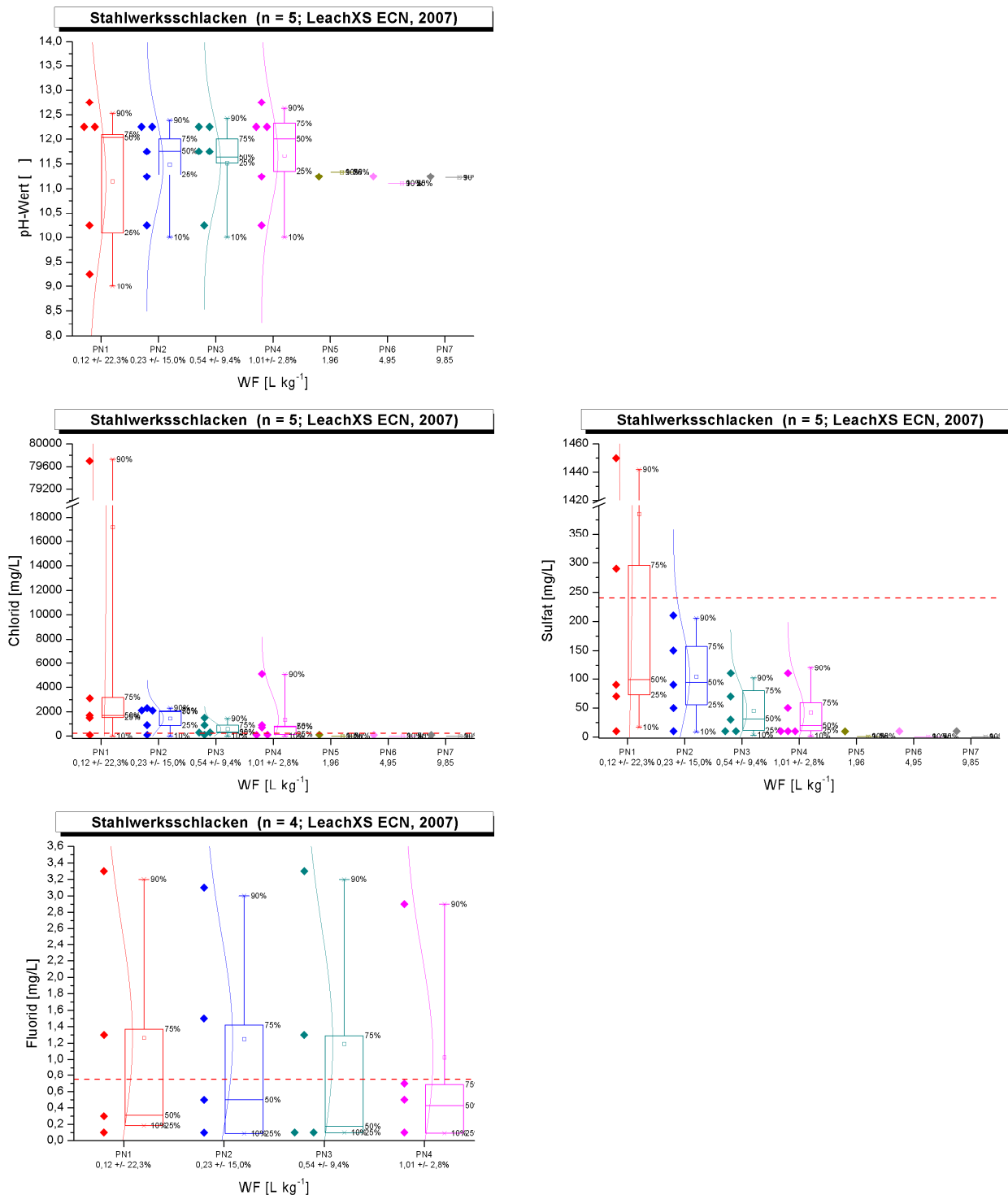
SWS	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)						
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF = 1	pH stat
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)			statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schüttelleuate bei WF 10 und Feststoffgehalte)						
anonymisierte Daten der Datenbank	SWS: 6	granular, diverse	—	5	—	—	—	—	6
LeachXS des ECN	LD: 16	granular, diverse	—	—	—	16	—	—	—

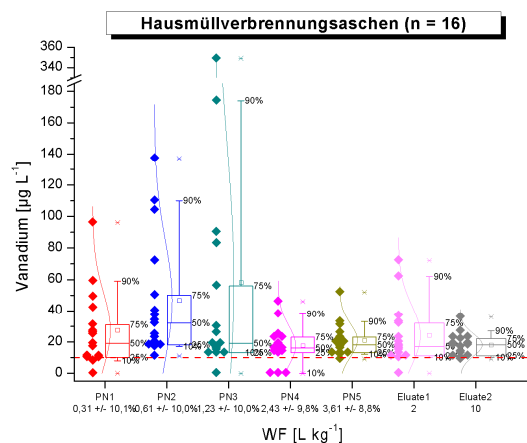
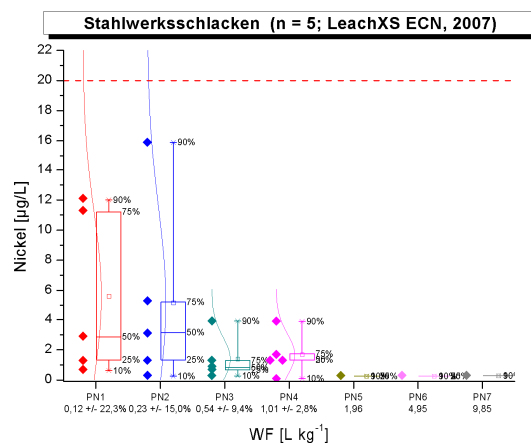
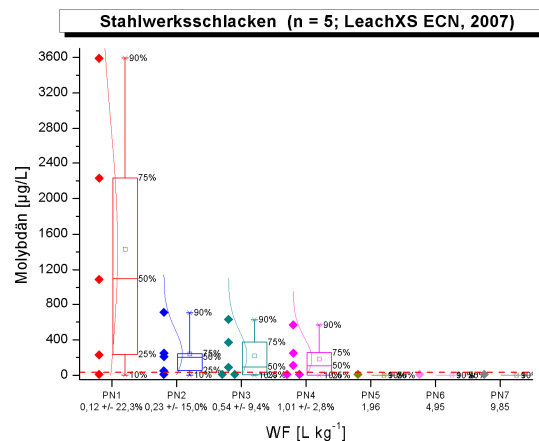
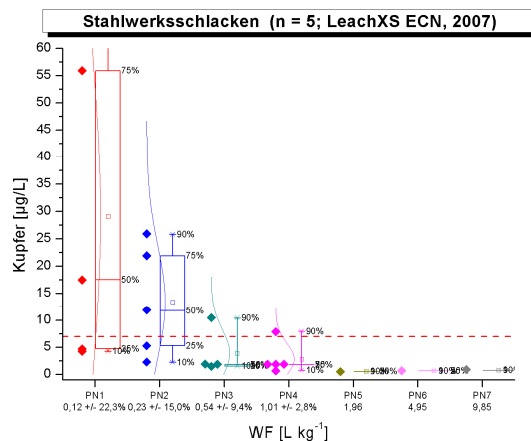
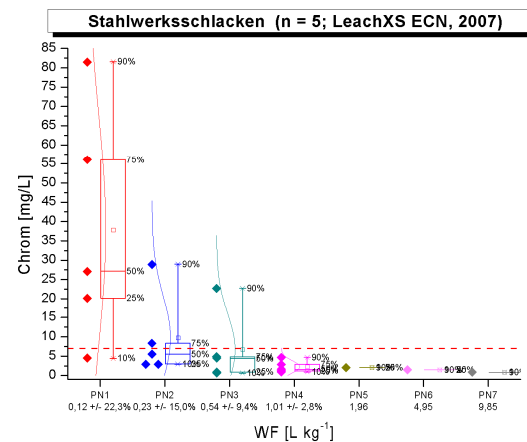
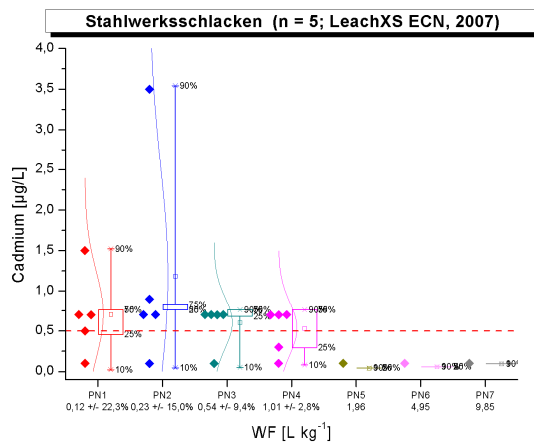
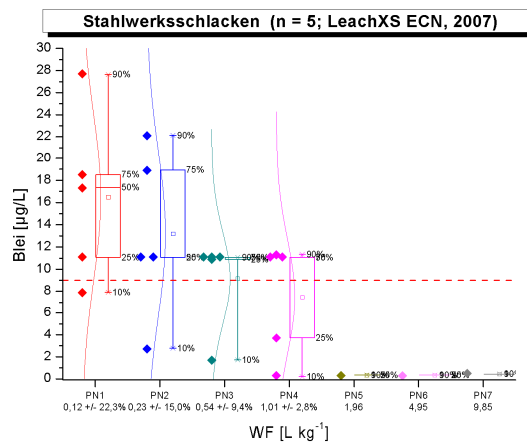
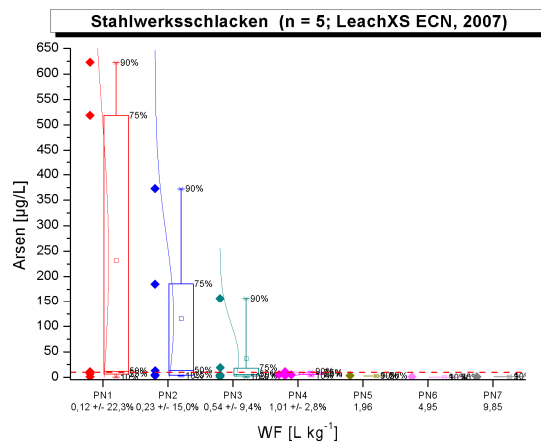
Analytikumfang

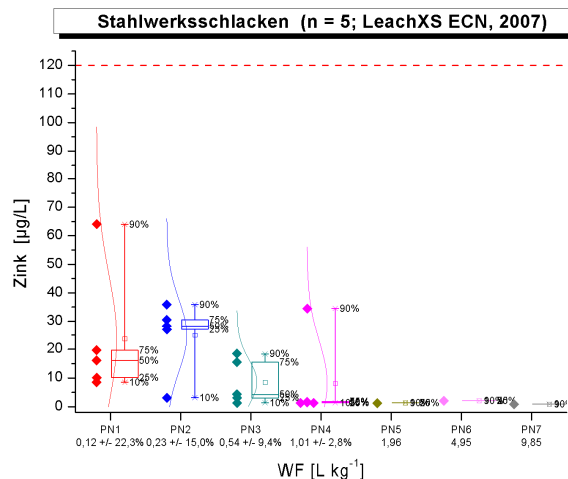
SWS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf, pH	Cl, SO ₄ , F	As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Tl, V, Zn, Cyanide	–
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	pH	Ca, Cl, F, SO ₄ , K, Mg, Na	Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Si, Sr, V, Zn	–

1.7.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Nachfolgende Auswertungen beruhen auf Säulenversuchsdaten aus der LeachXS Datenbank des ECN. Auswertungen zu pH sind nachrichtlich aufgeführt.







1.7.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

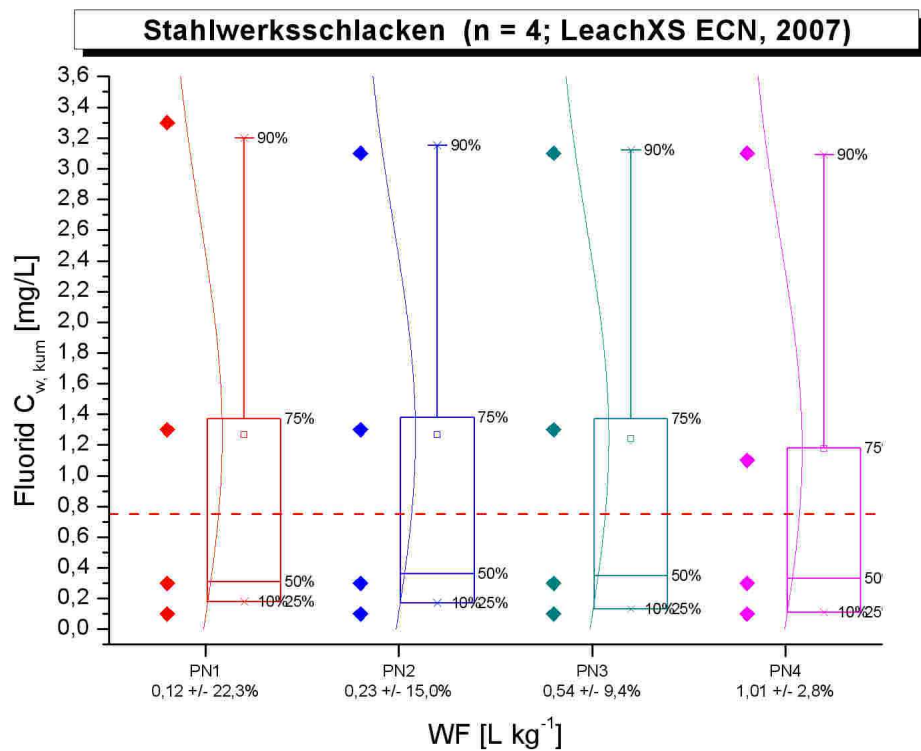
SWS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	F	(As), Cr, V	—
anonymisierte Daten der Datenbank LeachXS des ECN	Lf (Indikator), pH (Indikator)	(Cl, F)	(As), (Cu), (Pb), (Cr) Mo, V	—
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	F	Mo, V	—

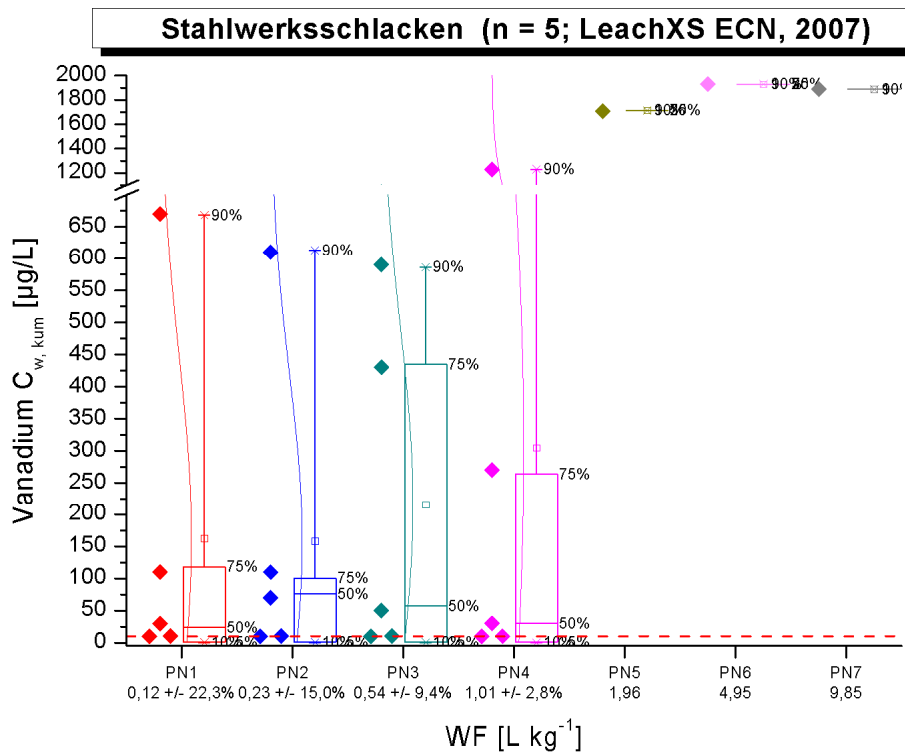
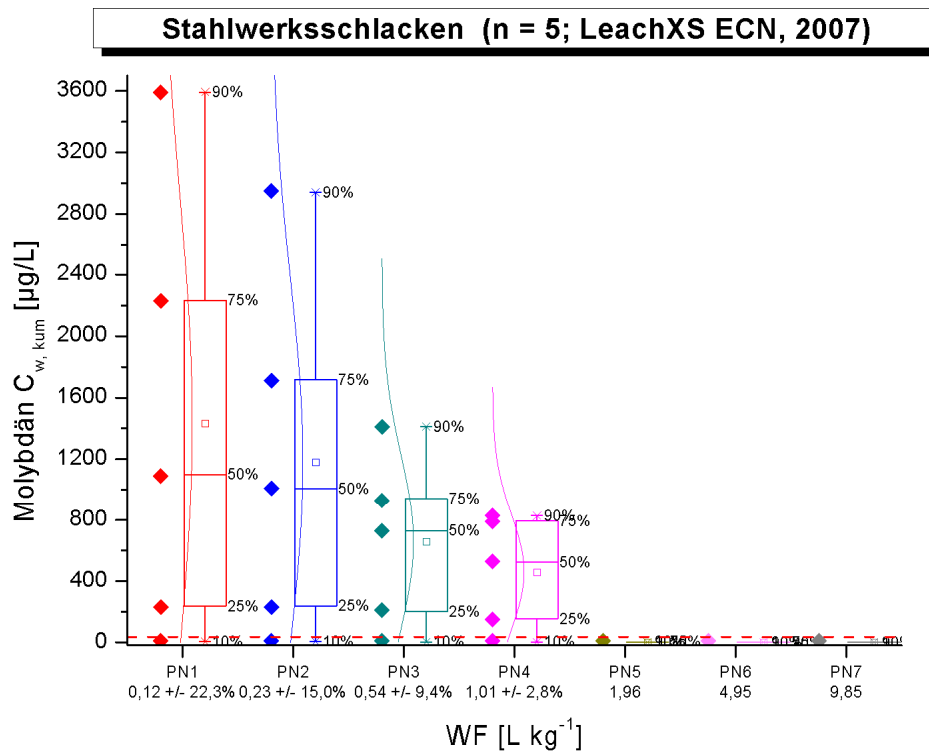
Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Neben den in den LAGA-Eckpunkten definierten Güteüberwachungsparameter (F, Cr, V) weist sich nach den Auswertungen von Dehoust et al (2007) noch As als relevant aus.

LeachXS: Nach den Säulenversuchsergebnissen weisen insbesondere Mo und V erhöhte Konzentrationen auf. As, Cu, Pb und Cr liegen anfänglich bei sehr niedrigen *WF* über den Bezugswerten unterschreiten diese jedoch ab ca. *WF* 2.

Zusammenfassende Bewertung: Als bewertungsrelevant werden wegen der produktionsspezifischen Indikatoren F und die Legierungselemente Mo und V betrachtet. Das bisher für relevant erachtete Cr scheint wenig problematisch zu sein.

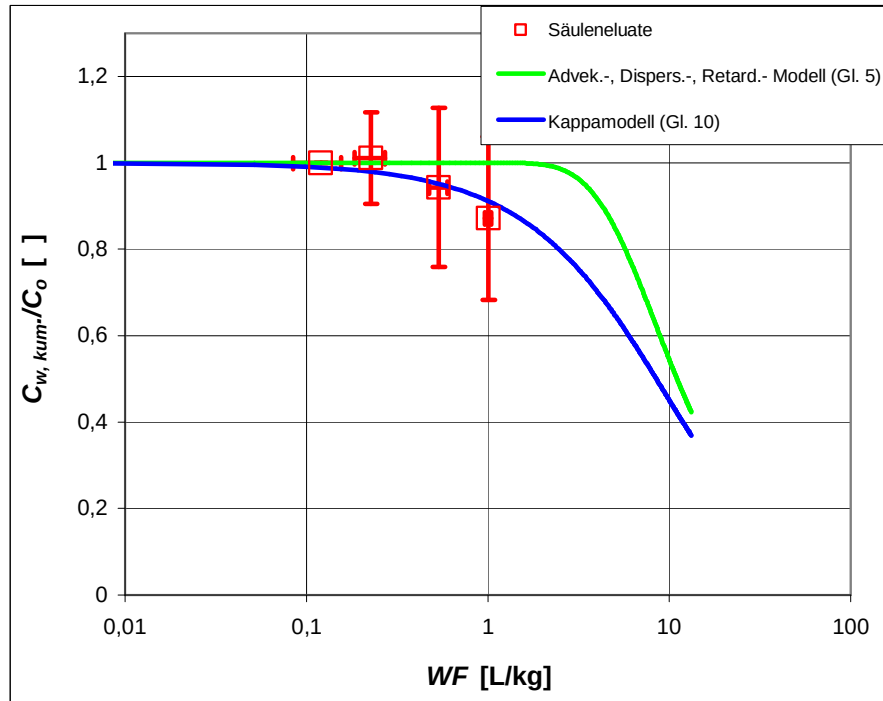
1.7.4 Rechnerisch kumulierte Konzentrationen in Säuleneluaten



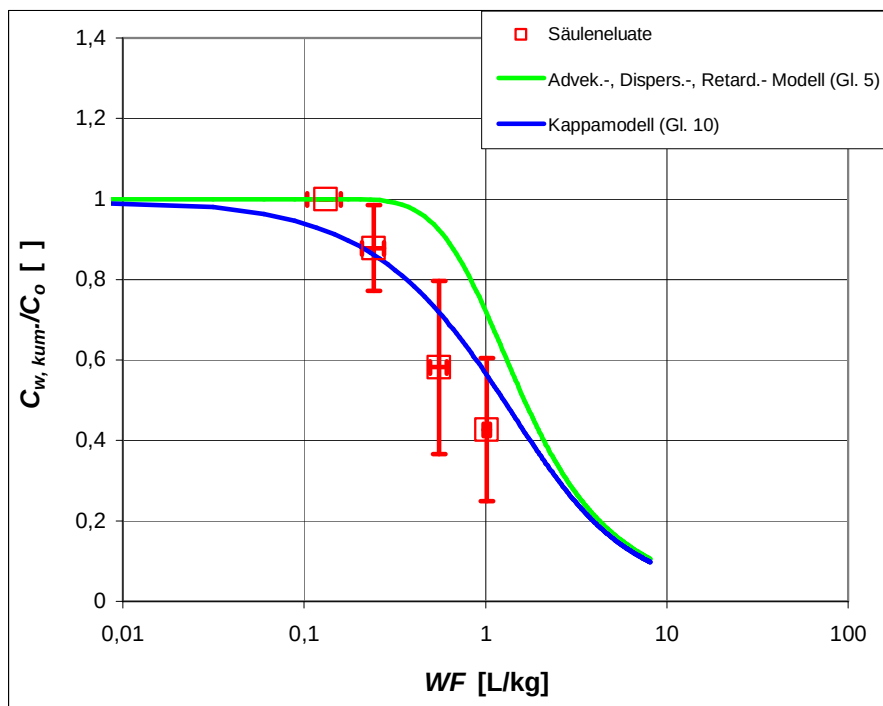


1.7.5 Mittelwerte der Relativkonzentrationen (sowie ggf. Standardabweichungen) relevanter Stoffe in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs und des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) sowie Modellfittergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

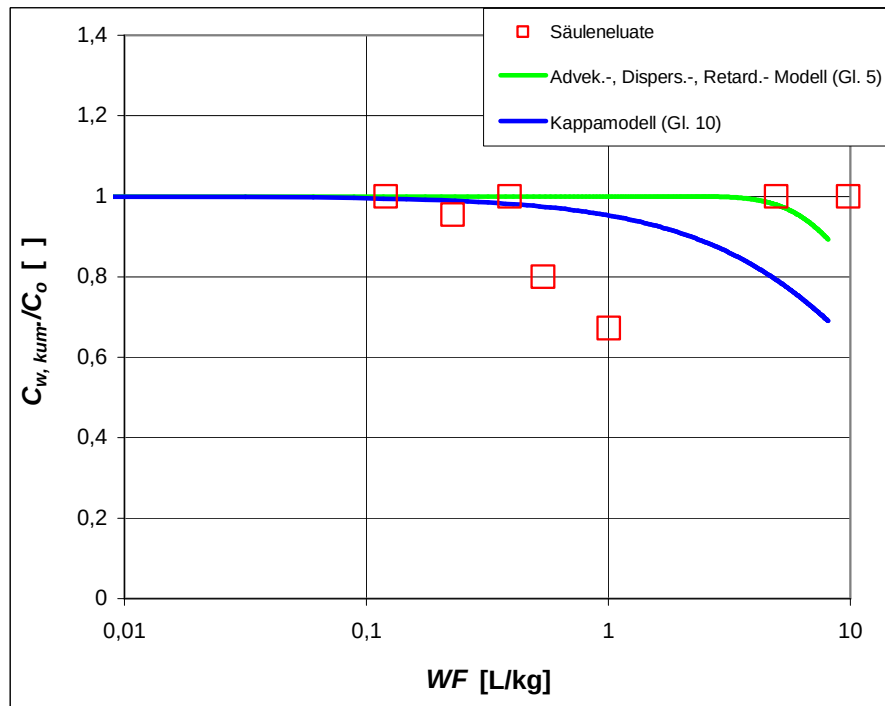
Fluorid



Molybdän



Vanadium



1.8 Hochofenschlacken (HOS)

1.8.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

HOS	Anzahl Proben	Körnungen	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF = 1
LANUV NRW	1	0/32	1	2	2	2	2	2
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	–		statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schütteluate bei WF 10 und Feststoffgehalte)					

Analytikumfang

HOS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH, Trübe	Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄ , F, NH ₄ , NO ₃ , Säurekapazität, Basekapazität Thiosulfat abgeleitet aus CSB	Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Te, Ti, V, Zn	DOC (TOC)
Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	Cl, SO ₄ , Thiosulfat abgeleitet aus CSB, F	As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V, Zn, Cyanide	–

1.8.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Vergleiche hierzu Kapitel 4.2 und detaillierte Auswertungen von Lysimeter- und Säulenversuchsdaten sowie Eluaten in Susset & Leuchs (2008).

1.8.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

HOS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄ , Thiosulfat abgeleitet aus CSB	saure Elutionsphase: (Cd), Cr, Co, (Cu), Ni, (Zn) anschl. neutrale Elutionsphase: Ni, (Se), (V) Cr	–
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄ , Thiosulfat abgeleitet aus CSB		–
Zusammenfassende Bewertung	Lf (Indikator), pH (Indikator)	SO ₄ , Thiosulfat abgeleitet aus CSB	–	–

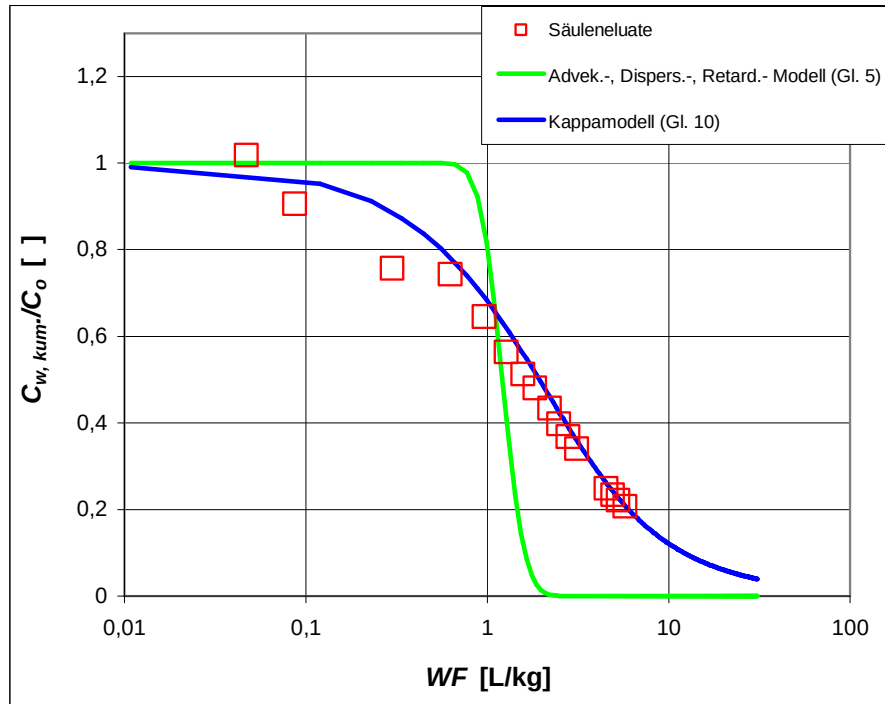
LANUV NRW: HOS durchläuft aufgrund der Thiosulfatoxidation eine Versauerungsphase in Freilandlysimeterversuchen bei der eine Reihe von Metallen in hohen Konzentrationen freigesetzt werden. In der anschließenden neutralen Phase sind dann noch Nickel und eingeschränkt Se und V relevant. Ob eine Versauerung erfolgt, hängt von der Durchlüftung der HOS ab. Unter Einbaubedingungen, bei denen HOS stärker verdichtet wird, ist der Sauerstoffzutritt gehemmt. Bei Untersuchungen der HOS in einer als Lysimeter ausgebauten Straße wurden keine niedrigen pH-Werte beobachtet (frdl. Mit. Dr. Motz, FEhS).

Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: Cr ist nach den LANUV-Untersuchungen nur während der sauren Phase relevant. Diese kann jedoch in keinem Laborversuch abgebildet werden

Zusammenfassende Bewertung: Sulfat und Thiosulfat sind die bedeutenden Parameter für HOS. Im Säulenversuch konnte wegen begrenztem Wasservolumen nur Sulfat bestimmt werden. Der kumulierte Sulfatgehalt würde im Säulenversuch auch dadurch unterschätzt, dass keine Nachlieferung des Sulfats durch die Oxidation von Thiosulfat erfolgen kann. Die während der sauren Elutionsphase festgestellten Schwermetallkonzentrationen können durch keinen praktikablen Laborversuch nachgebildet werden. Nickel und Selen findet man aufgrund der stark alkalischen Elutionsbedingungen im Säulenversuch nicht in relevanten Konzentrationen. Die hohen Sulfatkonzentrationen von HOS (vgl. Kap. 4.2) führen nach dem Ableitungskonzept i. d. R. bereits zu einer Beschränkung der Einsatzmöglichkeiten von HOS 1 und HOS 2 auf geschlossene oder gering wasserdurchlässige Einbauweisen. Im Falle dünner Schichten (ungebundene Deckschicht) und bei kleinräumig begrenztem Sulfatreservoir (so genannte Zwickelfälle, Einbauweisen unter gebundenen Deckschichten vgl. Tab. 3.6.1 und Anmerkung 1 zu Tab 3.6.1) wird ein Einbau außerhalb von Wasserschutzgebieten dann für zulässig gehalten, wenn günstige Deckschichteneigenschaften vorliegen (vgl. Einbautabellen in Anhang 2). Diese sind notwendig um die, in den genannten Studien nachgewiesenen, potentiellen Metallausträge zurückzuhalten.

- 1.8.4 Mittelwerte der Relativkonzentrationen von Sulfat in Eluaten des ausführlichen Säulenversuchs und des Säulenkurzeluates bis WF 2 (rechnerisch) sowie Modellfittingergebnisse der Quellstärkefunktionen zur Bestimmung von K_d - bzw. Kappawerten

Sulfat



1.9 Gießereisande (GRS)

1.9.1 Untersuchungsumfang

Materialien und Untersuchungsmethoden

GRS	Anzahl Proben	Körnung n	Untersuchungsmethoden (teilweise Mehrfachansätze)					
			Freiland- lysimeter	Säulen- versuch	Schüttel- versuch bei WF 2	Schüttel- versuch bei WF 10	Extrakt bei WF 0,25	Extrakt bei WF = 1
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	2	0/2	2	4	4	4	4	4
	Probe 1: tongeb. GRS							
	Probe 2 harzgeb GRS							
Ökoinstitut (Dehoust et al., 2007)	–		statistische Auswertungen von Daten aus der Güteüberwachung (Schüttelleuate bei WF 10 und Feststoffgehalte)					

Analytikumfang

GRS	Hydrochemische Parameter, Summen- parameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor und Cyanide	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH, Trübe	Ca, Mg, Na, K, Cl, SO ₄ , F, NH ₄ , NO ₃ , Säurekapazität, Basekapazität	Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Te, Ti, V, Zn	DOC (TOC), Σ15 EPA PAK, Phenolindex, AOX
Ökoinstitut Dehoust et al., 2007)	Lf, pH	Cl, SO ₄ , F, NH ₄	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Ti, Zn	Cyanide, DOC, Phenolindex im Feststoff: BTEX, EOX, LHKW, MKW, Σ15 EPA PAK, PCB ₆ , TOC

1.9.2 Nachweisbare Stoffkonzentrationen in Eluaten

Vergleiche hierzu Kapitel 4.2 und detaillierte Auswertungen von Lysimeter- und Säulenversuchsdaten sowie Eluaten in Susset & Leuchs (2008).

1.9.3 Relevante Stoffe nach den verschiedenen Studien

GRS	Hydrochemische Parameter, Summenparameter	Salze, chemische Hauptbestandteile	Metalle, Bor	Organika, organische Gruppen- und Summenparameter
LANUV NRW (Susset & Leuchs, 2008)	Lf, pH	(F)	harzgeb. GRS (Säureaustrag): Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Mo, Sb, Se, Ti, Zn, V	DOC (TOC), (Σ 15 EPA PAK), Phenolindex
Ökoinstitut (statistische Auswertung von Daten aus der Güteüberwachung)	pH	F	tongeb. GRS: (Cr), (Mo) Cr, Ni	DOC, im Feststoff: (BTEX), TOC
Zusammenfassende Bewertung	Lf, pH		Cr, Mo, Ni, V	DOC, Σ 15 EPA PAK

LANUV NRW: Im Lysimeterablauf des harzgebundenen Restsands wurden sehr hohe DOC-Konzentrationen festgestellt, die auf Bestandteile von Phenol- und Furanharzen sowie andere organische Hilfsstoffe der Härtersubstanzen zurückzuführen sind. Gleichzeitig führt die Auswaschung von z. B. Paratoluolsulfonsäure zu sehr niedrigen pH-Werten und damit verbunden zur massiven Schwermetallfreisetzung. Wegen der festgestellten ungünstigen Befunde sollte harzgebundener Gießereirestsand nicht für einen Einbau zugelassen werden. Der vom LANUV untersuchte tongebundene Gießereirestsand aus einer Stahlgießerei weist eine vergleichsweise gute Qualität auf. Nach den Lysimeterergebnissen sind nur Chrom und Molybdän in etwas erhöhten Konzentrationen zu finden. Fluorid wird sehr rasch ausgewaschen (Werte bei WF 2 bereits unterhalb des Bezugsmaßstabes). Die Bedeutung der bisher im Feststoff bewerteten PAK, die Gehalte bis 20 mg/kg aufweisen können, ist überschätzt worden. Dies wird darauf zurückgeführt, dass der abgegossene Glanzkohlenstoffbildner gute Sorptionseigenschaften aufweist und PAK bei den hier gefundenen TOC-Gehalten von 1,5 – 2% nur in sehr geringen Konzentrationen freigesetzt werden. Der vom LANUV untersuchte tongebundene Gießereirestsand wies im Lysimeterablauf nur sehr geringe PAK-Konzentrationen.

Ökoinstitut Güteüberwachungsdaten: BTEX war nur in einem von drei Datensätzen mit vergleichsweise geringem Probenumfang im Feststoff auffällig. Aufgrund der vergleichsweise hohen Flüchtigkeit von BTEX kann davon ausgegangen werden, dass keine relevanten BTEX-Konzentrationen im Wasser entstehen.

Zusammenfassende Bewertung: Als Standarduntersuchungsumfang werden pH, Lf und DOC sowie Cr, Ni, Mo, V und PAK vorgeschlagen. DOC, pH und Lf dienen dazu, problematische harzgebundene Gießereirestsande auszuschließen. Chrom, Ni, Mo und V sind häufig Bestandteil von Stählen; Chrom wird darüber hinaus über Chromitsande zugeführt. Da PAK im Formsand in höheren Gehalten auftreten können, sollten diese ebenfalls regelmäßig im Eluat kontrolliert werden, ob sie wasserverfügbar sind. Sofern in den Gießereien weitere Legierungselemente eingesetzt werden, sollten diese im Rahmen des Eignungsnachweises gemessen werden.

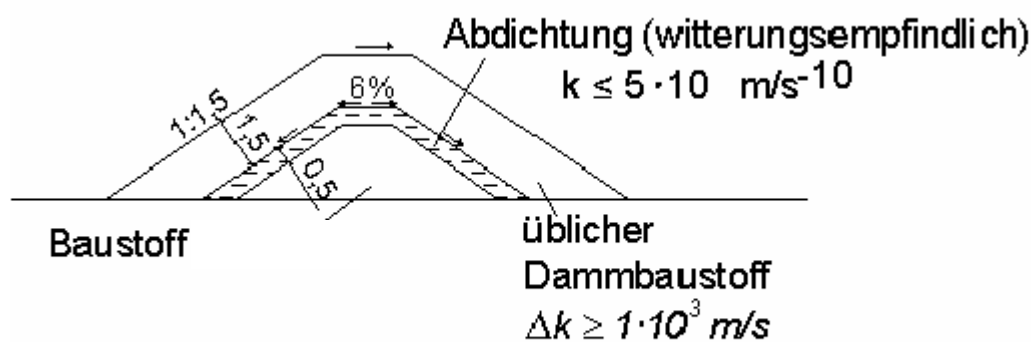
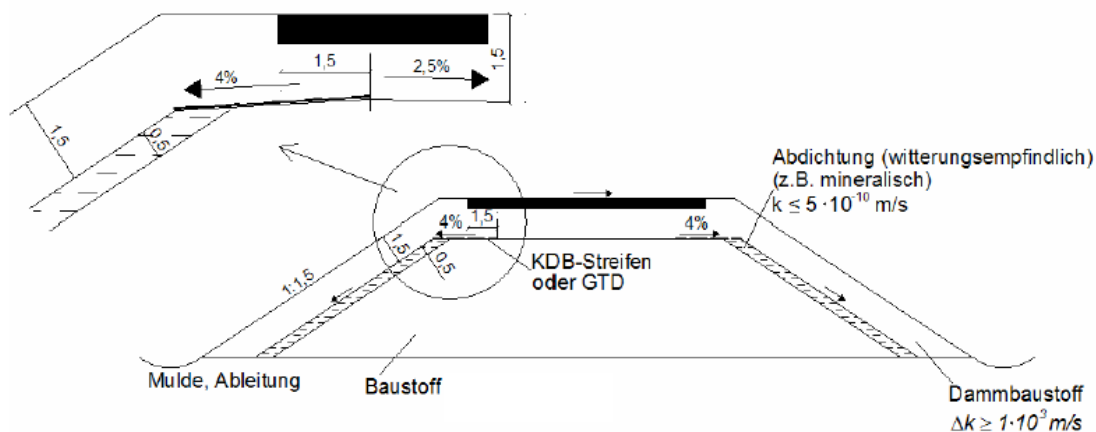
Zu Kapitel 1.9.4 und 1.9.5

Zur materialspezifischen Festlegung von Güteüberwachungswerten fehlen bewertbare Daten. Hinzu kommt, dass je nach Art des Gießverfahrens und des Gusswerkstücks verschiedene Legierungsstoffe relevant sein können (zur weiteren Bewertung s. Kap. 4.2). Detaillierte Auswertungen von Lysimeterversuchen und Säulenversuchen mit zwei GRS-Proben zeigen Susset & Leuchs (2008).

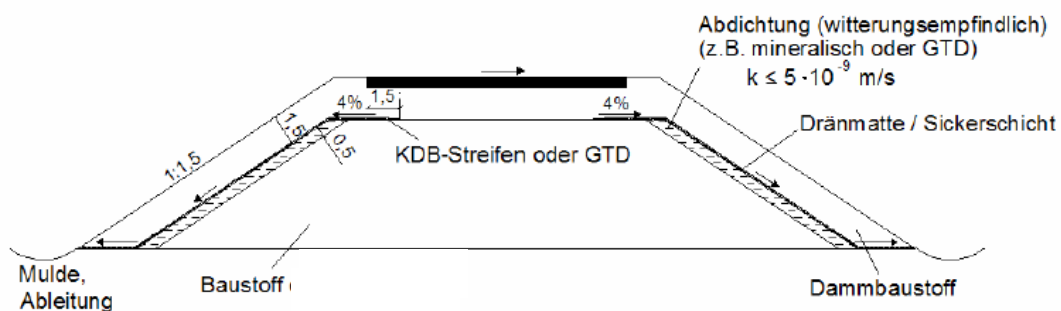
2. Erdbauweisen mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Nachfolgende Bauweisen A bis F wurden dem Merkblatt über Technische Sicherungsmaßnahmen bei schadstoffbelasteten Böden und Baustoffen im Erdbau, Teil 2: Bauweisen - (E2007)“ (FGSV E-2007) entnommen.

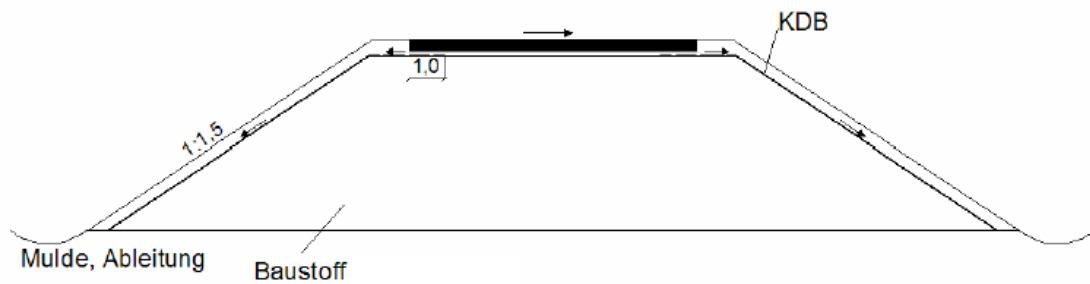
Bauweise A: Damm und Wall mit witterungsempfindlicher Abdichtung



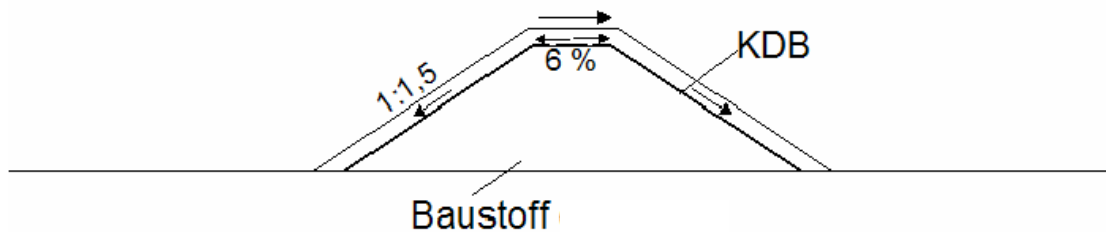
Bauweise B: Damm mit witterungsempfindlicher Abdichtung und Sickerschicht (III.2-D) analog Wall



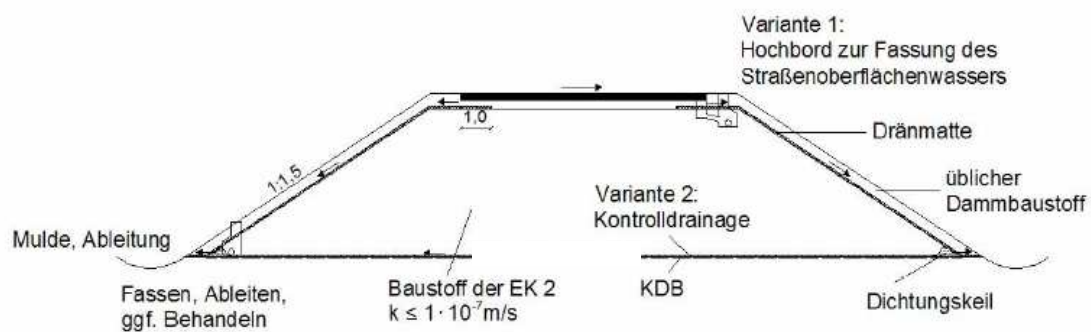
Bauweise C: Damm bzw. Wall mit witterungsunempfindlicher Abdichtung (III.3-D/W)



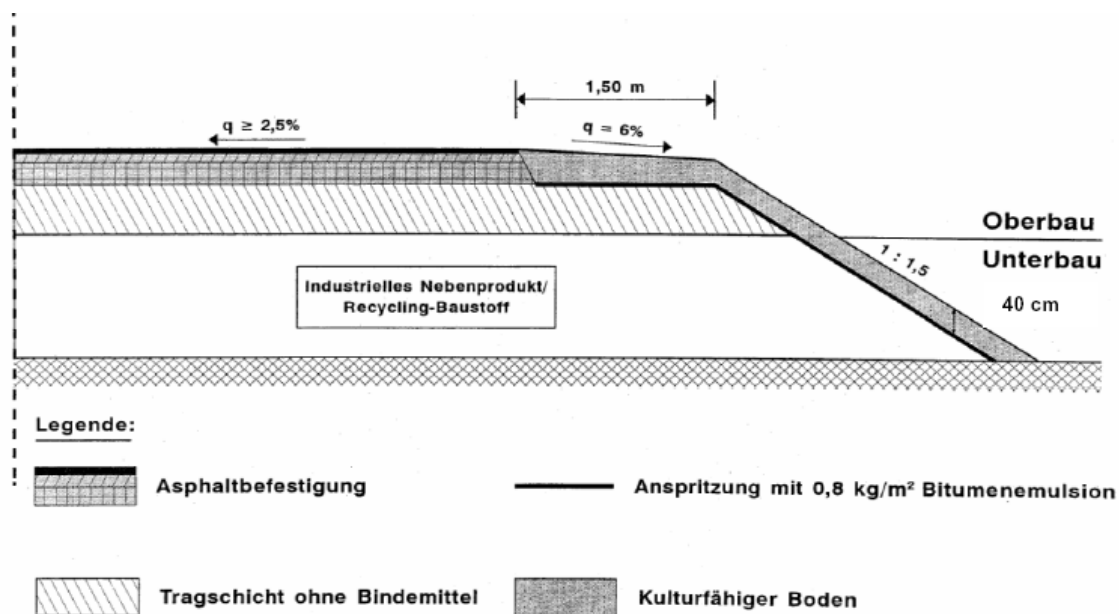
Bauweise D: Damm aus schwach durchlässigem Boden oder Baustoff



Bauweise E: Damm mit Kern aus Boden oder Baustoff



Bauweise F: Damm/Wall mit einer Anspritzung aus Bitumenemulsion und einer Andeckung aus natürlichem/kulturfähigem Boden



3. Einbautabellen für den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken

Für folgende mineralische Ersatzbaustoffe sind jeweils eigene Einbautabellen (16 Tabellen) aufgeführt:

- BM-0 bis BM-3
- RC-1 bis RC-3
- HMVA-1
- HMVA-2
- HS
- HOS
- SWS-1 bis SWS-3
- SKG: wie BM-0
- SKA
- SFA

Die folgenden Ersatzbaustoffe werden analog zu anderen Materialien bewertet. Insoweit gibt es hierfür keine eigenen Tabellen

- GS-0 bis GS-3 wie BM-0 bis BM-3
- GRS-0 bis GRS-3 (tongebunden wie BM-0 bis BM-3)
- SKG wie BM-0
- GKOS wie SWS

Außerhalb von Wasserschutzgebieten und Wasservorranggebieten werden in den Tabellen drei Eigenschaften der Grundwasserdeckschichten unterschieden („ungünstig“, „günstig - Sand“, „günstig-Lehm/Schluff“). Der Abstand zwischen Planum des Bauwerks und dem mittleren Grundwasserhöchststand muss mindestens 0,1 m betragen. Die beiden Transportvarianten müssen grundwasserfrei sein. Folgt man der Auffassung des LAWA-AG ist ein zusätzlicher grundwasserfreier Raum von 1 m in der Legende zur Einbautabelle zu definieren. Innerhalb der Wasserschutzgebiete und Wasservorranggebiete wird in Anlehnung an die RuA-StB (2001) der Einbau auf Standorte mit günstigen Deckschichteigenschaften begrenzt. Hiervon ausgenommen sind wie auch in der RuA-StB Asphaltbauweisen.

Mineralstoffe, bei denen ein Materialwert für Sulfat einzuhalten ist, dürfen grundsätzlich nicht übereinander in mehreren ungebundenen Schichten des gleichen Bauwerks eingesetzt werden.

Die Beurteilung von Baustraßen bei Verfüllungen erfolgt analog der ToB unter Deckschicht ohne Bindemittel, die der Böschungsstabilisierung analog des Lärmschutzwalles.

Abkürzungen und Eintragungen:

A	Einsatz der Mineralstoffe in bitumengebundener oder hydraulisch gebundener Bauweise in Wasserschutzgebieten auch auf ungünstigen Eigenschaften der Grundwasserdeckschicht
B	Zugelassen Im Abstand von mindestens 1 km von der Fassungsanlage
E	Zugelassen außerhalb von Wohngebieten
K	Zugelassen in Bauweise nach RAS-Ew (2005)
M	Zugelassen bei Ausbildung der Bodenabdeckung als Dränschicht (Kapillarsperreneffekt)
ToB	Tragschicht ohne Bindemittel
U	Zugelassen auf Lehm/Schluff (Wasserschutzgebiete)
V	Zugelassen bei verdichtetem Einbau
/	Bautechnisch nicht relevant analog NRW-Verwertererlasse (MUNLV, 2001)

Mineralstoff: BM-0						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	günstig Sand S Lehm/Schluff L/U		WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IVI	Wasservor- ranggebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
ToB unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	+	+	+
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	+	+	+	+	+	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	+	+	+	+	+	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	+	+	+	+	+	+
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	+	+	+	+	+	+
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	+	+	+	+	+	+

Mineralstoff: BM-1						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	günstig		günstig		Wasservor- ranggebiete
		Sand S	Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	WSG III B HSG IVI	
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
ToB unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	+	+	+
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	-	U	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	+	+	-	U	+
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	K	K	-	KU	K
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	K	K	-	KU	K
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	+	+	BU	U	+

Mineralstoff: BM-2						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
ToB unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	-	E	E	E	E	E
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	+	-	-	U
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	+	-	-	U
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	+	-	-	U
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	+	-	-	U
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	+	-	-	U
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	+	-	-	U
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	+	-	-	U
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	+	-	-	U
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	K	-	-	KU
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	K	-	-	KU
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	+	-	-	U

Mineralstoff: BM-3						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	-	+	+	-	U	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	-	+	+	-	U	+
ToB unter gebundener Deckschicht	-	-	-	-	-	-
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	-	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	-	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	-	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-

Mineralstoff: RC-1						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- rangangebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	B	+	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	E	E	E	E	E	E
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+ ¹⁾	+ ¹⁾	BU	U	+
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	-	U	+
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	+	+	-	U	+
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	K ²⁾	K ²⁾	-	KU	K
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	K ²⁾	K ²⁾	-	KU	K
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	M	M	-	MU	M

1) Sulfat bis 800 mg/L

2) Sulfat bis 1000 mg/L

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: RC-2							
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht						
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten			
	ungünstig	günstig		günstig		Wasservor- ranggebiete	
		Sand S	Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	WSG III B HSG IV		
	1	2	3	4	5	6	
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A	
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A	
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+	
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	B	+	+	
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+	
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+	
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+	
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Deckschicht ohne Bindemittel	E	E	E	E	E	E	
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	+ ¹⁾	-	-	U	
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+ ²⁾	BU	U	+	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	-	-	K ³⁾	-	-	KU	
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	K ³⁾	-	-	KU	
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-	

1) Sulfat bis 800 mg/L 2) PAK bis 15 µg/L 3) Sulfat bis 1000 mg/L

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: RC-3							
Einsatzmöglichkeiten		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
		außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
		ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
		1	2	3	4	5	6
	Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
	Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
	Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
	Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
	Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
	Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	U	+	+
	Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	U	+	+
	ToB unter gebundener Deckschicht	-	_1)	_2)	-	-	-
	Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	_1)	_2)	-	-	-
	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	_1)	_2)	-	-	-
	Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	-	U	+
	Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	-	U	+
	Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	-	U	+
	Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	-	+	+	-	+	+
	Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	E	-	-	E
	ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-
	Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-
	Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-

1) zugelassen wenn PAK ≤ 6,5 µg/L 2) zugelassen wenn PAK ≤ 9 µg/L

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: HMVA-1							
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht						
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten			
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete	
	1	2	3	4	5	6	
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A	
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A	
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+	
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	B	+	+	
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+	
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+	
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+	
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Deckschicht ohne Bindemittel	E	E	E	E	E	E	
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+	
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	-	K	K	-	KU	K	
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	K	K	-	KU	K	
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-	

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: HMVA-2							
Einsatzmöglichkeiten		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
		außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
		ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
		1	2	3	4	5	6
	Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
	Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
	Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	-	+	+	-	U	+
	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	-	+	+	-	U	+
	Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	-	+	+	-	U	+
	Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	-	-	-	-	-	-
	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	-	-	+	-	-	-
	Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	-	-	+	-	-	-
	ToB unter gebundener Deckschicht	-	-	-	-	-	-
	Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
	Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	-	+	-	-	-
	Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	-	-	+	-	-	-
	Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	-	+	-	-	-
	Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
	ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
	Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
	Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-
	Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-
	Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: HS							
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht						
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten			
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IVI	Wasservor- ranggebiete	
	1	2	3	4	5	6	
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A	
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A	
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+	
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	
ToB unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+	
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Deckschicht ohne Bindemittel	+	+	+	+	+	+	
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+	
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	-	U	+	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	+	+	-	U	+	
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	K	K	+	BK	K	+	
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	K	K	+	BK	K	+	
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	M	M	-	MU	M	

Mineralstoff: HOS-1						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- rangangebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	-	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	-	U	+
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	-	U	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	-	U	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	-	U	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	-	U	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	-	U	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	/	/	/	/	/	/
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	-	+	+	-	+	+
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	KV	-	-	KUV
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	KV	-	-	KUV
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	/	/	/	/	/	/

Mineralstoff: HOS-2						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	-	+	+
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	-	U	+
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	-	-	U
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	-	-	U
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	-	-	U
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	+	+	-	-	U
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	-	+	+	-	-	U
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	/	/	/	/	/	/
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	-	+	+	-	+	+
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	/	/	/	/	/	/

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: SWS-1							
Einsatzmöglichkeiten		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
		außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
		ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
		1	2	3	4	5	6
	Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
	Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
	Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
	Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
	Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
	Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
	Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
	ToB unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
	Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
	Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
	Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
	Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
	Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
	Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
	Deckschicht ohne Bindemittel	E	E	E	E	E	E
	ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
	ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
	Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	BU	U	+
	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	+	+	-	U	+
	Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	+	+	-	U	+
	Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	+	+	BU	U	+
	Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	K	K	+	BK	K	+
	Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	K	K	+	BK	K	+
	Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	+	+	BU	U	+

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: SWS-2							
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht						
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten			
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete	
	1	2	3	4	5	6	
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A	
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A	
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	-	+	+	
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	-	+	+	
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	-	+	+	
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+	
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+	
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+	
Deckschicht ohne Bindemittel	E	E	E	E	E	E	
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	-	K	K	-	KU	K	
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	K	K	-	KU	K	
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-	

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: SWS-3							
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht						
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten			
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete	
	1	2	3	4	5	6	
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A	
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A	
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+	
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+	
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+	
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	-	+	+	-	-	U	
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	-	-	+	-	-	U	
ToB unter gebundener Deckschicht	-	-	-	-	-	-	
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-	
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	+	+	-	U	+	
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	-	+	+	-	U	+	
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	+	+	-	U	+	
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-	
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-	
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-	
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-	
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-	
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-	

Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe - Anhang

Mineralstoff: SKA						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- ranggebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	/	/	/	/	/	/
Tragschicht bitumengebunden	/	/	/	/	/	/
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	+	+	+	+	+	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	+	+	+	+	+	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	+	+	+	-	+	+
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	+	+	+	+	+	+
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	/	/	/	/	/	/
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+
ToB unter gebundener Deckschicht	-	+	+	B	+	+
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	+	+	B	+	+
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	+	+	+	+	+	+
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	+	+	+	+	+	+
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	+	+	+	+	+	+
Deckschicht ohne Bindemittel	/	/	/	/	/	/
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungs- bereich unter kulturfähigem Boden	-	K	K	-	KU	K
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	K	K	-	KU	K
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-

Mineralstoff: SFA						
Einsatzmöglichkeiten	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
	außerhalb von Wasserschutzgebieten			innerhalb von Wasserschutzgebieten		
	ungünstig	Sand S	günstig Lehm/Schluff L/U	WSG III A HSG III	günstig WSG III B HSG IV	Wasservor- rangsgebiete
	1	2	3	4	5	6
Decke bitumen- oder hydraul. gebunden	+	+	+	A	A	A
Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	A	A	A
Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten	-	+	+	-	U	+
Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	-	+	+	-	U	+
Bodenverfestigg. unter gebundener Schicht	-	+	+	-	U	+
Verfüllung v. Leitungsgräben unter geb. Schicht	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter geb. Schicht	-	-	-	-	-	-
Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen	-	-	+	-	-	-
Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	-	-	+	-	-	-
ToB unter gebundener Deckschicht	/	/	/	/	/	/
Bodenverbessg. unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Schicht	-	-	-	-	-	-
Dämme gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	-	+	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken analog Bauweisen A-F (FGSV (2007)	-	-	+	-	-	-
Schutzwälle gem. Bauweisen A-F (FGSV 2007)	-	-	+	-	-	-
Bettungssand unter Pflaster, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Deckschicht ohne Bindemittel	/	/	/	/	/	/
ToB, Bodenverbesserung unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	/	/	/	/	/	/
ToB, Bodenverbesserung unter Pflaster	/	/	/	/	/	/
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Deck- schicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel, Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Dämme im Böschungsbereich unter kultur- fähigem Boden	-	-	-	-	-	-
Schutzwälle unter kulturfähigem Boden	-	-	-	-	-	-