

**An das
Magistrat der Stadt Wien
Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz**

**z.H. Dipl.-Ing. Oppenauer
Ebendorferstr. 4
1082 Wien**

Wien, 10.01.2000
wo/b00 0003

**BESTANDSAUFNAHME
DER BODENBELASTUNG IN WIEN
PAK, KW, SCHWERMETALLE
(GESAMTGEHALTE)**

**erstellt von
ESW Consulting Wruss Ziviltechnikergesellschaft m.b.H.
A-1120 Wien, Rosasgasse 25-27**

Dr. G. Woisetschläger DI S. Musser Dr. A. Lindlbauer Univ. Prof. Dr. W. Wruss

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeines	1
2. Probenahme und Analysenparameter	2
3. Probenaufarbeitung und Analytik	3
4. Relevanz der analysierten Parameter	
4.1. Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)	3
4.2. Summe der Kohlenwasserstoffe (KW)	4
4.3. Schwermetalle	5
5. Darstellung der Analysenresultate	5
6. Statistik	
6.1. Vergleichbarkeit der Daten	6
6.1.1. Probenahme	6
6.1.2. Analysenrichtigkeit	6
6.1.2.1. Vergleichbarkeit von PAK- Analyseergebnissen unterschiedlicher Herkunft	
6.1.2.1.1. Einfluß des Trocknungsverfahrens auf die Ergebnisse der PAK – Analytik	7
6.1.2.1.2. Durchführung	7
6.1.2.1.3. Ergebnisse	9
6.1.2.1.4. Diskussion	12
6.1.2.2. Vergleichbarkeit der Metallanalysedaten.....	12
6.2. Verwendete statistische Kenngrößen	13
7. Richt- und Grenzwerte	14
8. Ergebnisse	15
8.1. Bodenbelastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen	15
8.1.1. Bodenbelastung mit Benzo(a)pyren	18
8.2. Bodenbelastung mit Kohlenwasserstoffen	20
8.3. Bodenbelastung mit Schwermetallen	23

9. Beurteilung der Einzelergebnisse	
9.1. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	
9.1.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung	29
9.1.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken	29
9.2. Kohlenwasserstoffe	
9.2.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung	30
9.2.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken	30
9.3. Schwermetalle	
9.3.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung	31
9.3.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken	31
10. Praktische Anwendung der Deponieverordnung	32
11. Zusammenfassende Bewertung, Stichwörter	33

Anlagen:

Anlage 1: Analysenergebnisse der Bodenanalysen

Anlage 2: Verwendete Methoden und Bestimmungsgrenzen

Anlage 3: Tabellen der verwendeten Richt- und Regelwerke

Anlage 4: Description and Conclusion of the Study (Engl. Zusammenfassung)

1. Allgemeines

Die Firma ESW-Consulting-Ziviltechniker GesmbH wurde vom Magistrat der Stadt Wien - MA22 mit der Durchführung einer Studie über die Qualität des Wiener Bodens und eine Bewertung gemäß Deponieverordnung beauftragt. Ziel der Studie soll ein Überblick über die Gehalte an Schwermetallen, PAK und KW der Wiener Böden, sowie die Erörterung der Auswirkungen der Anwendung der Deponieverordnung sein. So wie im Jahr 1995 eine Bestandsaufnahme über die Wiener (Ober-) Böden durchgeführt wurde, sollen nun die tiefer gelegenen Bereiche, die im Zuge von Baustellentätigkeiten zur Entsorgung anstehen, statistisch untersucht werden.

Datengrundlage sind Gutachten und Gesamtbeurteilungen, die das Material von Baustellen im Stadtgebiet Wiens, bzw. in den Umkreisgemeinden charakterisieren, der Parameterumfang umfaßt zumindest die im Stadtgebiet erfahrungsgemäß relevanten Parameter, wie Gesamtgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Kohlenwasserstoffen (KW). Vor allem dem Parameter PAK wird wegen seiner Häufigkeit der Einstufungsrelevanz und der unregelmäßigen Vorgangsweisen im Analysengang besonderes Augenmerk gewidmet werden.

Im Gegensatz zu den weitestgehend unberührten, bzw. v.a durch landwirtschaftliche Nutzung beeinflussten Böden im ländlichen Gebiet sind die städtischen Böden anthropogen beeinflusst, wobei Schadstoffeinträge über mechanische Umwälzung und die Luft die wesentlichsten Quellen für Kontaminationen sind. So finden sich gewachsene Böden beinahe nur mehr in Außenbezirken, bzw. in relativ hohen Tiefen, während die oberflächlichen Bodenschichten zumeist aus angeschüttetem Boden bestehen. Durch frühere Bau- und Abbruchstätigkeit, bzw. kriegsbedingte Zerstörungen sind aber immer wieder auch Bau- und Brandschuttanteile anzutreffen.

Durch Emissionen aus Verkehr und Hausbrand wird v.a. der durchwurzelte Oberboden betroffen. Straßen stellen in Hinblick auf die Schadstoffbelastung eine Linienquelle dar, wobei aus Abgasen und Abrieb stammenden Emissionen überwiegend in straßennahen oberflächennahen Schichten abgelagert werden. Ebenso ist der Einfluß des Straßenbelages von Bedeutung, da (ehemals, aber auch jetzt noch bestehende) teergebundene Oberflächen zu Kontaminationen mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen führen. Ein weiteres Problem ist die Kontamination des Bodens durch Asphaltteile, die bei Straßenbaustellen unweigerlich entstehen. Obwohl dieses Material als weitgehend inert betrachtet werden kann, kommt es bei der Bestimmung von Kohlenwasserstoffgesamtgehalten zu Grenzwertüberschreitungen, die durch die in der Deponieverordnung festgelegte Bestimmung von Gesamtgehalten Zuordnungen zu Baurestmassen-, aber auch Reststoff- bzw. Massenabfalldeponien nötig machen.

2. Probenahme und Analysenparameter

Das Probensample umfaßt Bodenproben, die im Laufe des Jahres 1999 in Wien, bzw. dessen Umlandgemeinden aus Straßenbaustellen, bzw. straßennahen Grundstücken genommen wurden, wobei auch Proben, die vom Baurestmassenanteil einer Bodenaushubdeponie zugeordnet werden könnten, enthalten sind.

Daher ist vorzuschicken, daß durch die fehlende Systematik der Wahl der Probenahmepunkte die zugehörigen Analysenergebnisse ein Zufallssample bilden. Weiters ist festzuhalten, daß es sich bei den Probenahmepunkten um keine Altlasten und Verdachtsflächen handelt.

Die Probenahme erfolgte in Anlehnung an die relevante ÖNORM S2111 (Probenahme von Abfällen) aus einer Tiefe bis zu etwa 1,2 – 2 m. Da im alltäglichen Baustellenbetrieb optisch kaum unterscheidbare Schichten, die verschiedene Materialqualitäten umfassen, nicht getrennt werden können, wurden von untrennbaren Schichten Mischproben hergestellt, die typischerweise, wenn keine anderen Anhaltspunkte auf andere Kontaminationen auftraten, auf den in Tabelle 1 angeführten Parameterumfang analysiert wurden. Weiters wurden nur auffällige Schichten mit einer Mächtigkeit über 40 cm, die realistischerweise mit einer Baggerschaufel abgetrennt werden können (sofern es die Örtlichkeit der Bautätigkeit zuläßt), einzeln bewertet, anderenfalls anteilmäßig den Mischproben hinzugefügt.

Tabelle 1: Grundparameterumfang

Trockenverlust	Gew. %	
<i>Schadstoffgehalte im Eluat bezogen auf Trockensubstanz</i>		
pH-Wert	-	
Elektrische Leitfähigkeit	mS/m	
CSB	mg/l	
Ammonium	mg/l	
<i>Schadstoffgesamtgehalte bezogen auf Trockensubstanz</i>		
Summe PAK	mg/kg	
Summe KW	mg/kg	

Schwermetallgesamtgehalte wurden v.a. bei Verdacht auf diesbezügliche Kontaminationen analysiert, ebenso PAK und KW im Eluat. Da dadurch die Analysenanzahl zu gering für eine weitergehende statistische Auswertung ist, wurden Analysenergebnisse von anderen Zivilingenieurbüros in anonymisierter Form von Magistratsabteilungen der Stadt Wien zur Verfügung gestellt. Ebenso wird vergleichsweise auf Datenmaterial aus dem Bodenzustandsbericht 1995 zurückgegriffen. Zum Abgleich der Analysendaten wurden dazu drei Proben mittels DEV S7 aufgeschlossen und auf Metallgesamtgehalte untersucht. Dieser Test ist ebenfalls als Maß für die Reproduzierbarkeit des Normaufschlusses gemäß DEV S7 zu werten.

3. Probenaufarbeitung und Analytik

Die Elution der Bodenproben erfolgte nach DEV S4, Aufschlüsse gemäß DEV S7. Für die Analyse der Gesamtgehalte an KW wurden die Proben normgerecht mit 1,1,2 Trichlortrifluorethan gemäß DIN38409-H18 extrahiert und mittels IR-Spektroskopie bestimmt, die PAKs nach Gefriertrocknung und Extraktion mit Cyclohexan in Soxhlet-Extraktoren mittels HPLC-Fluoreszenzdetektion bestimmt, wobei als Trocknungsverfahren die Gefriertrocknung (12 Stunden einfrieren und anschließend Trocknung über ca. 5 Stunden mittels einer Gefriertrocknungsapparatur) angewandt wurde (Zur Problematik der Probenvorbereitung für die PAK-Analytik vgl. Kapitel 6.1.2.1), Metallgehalte in Eluat und Feststoff wurden mittels ICP (Optima 2000), bzw. AAS (FIAS 4100) bestimmt (Verwendete Normen und Bestimmungsgrenzen vgl. Anlage 3).

4. Relevanz der analysierten Parameter

4.1. Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Gesamtgehalt) hat sich in der überwiegenden Anzahl der Bodenproben als einstufigsrelevant gemäß Deponieverordnung herausgestellt. Zuordnungen zu Baurestmassendeponien, aber auch Reststoff-, bzw. Massenabfalldéponien sind keine Seltenheit.

PAK im Eluat von Bodenproben treten selten auf, was durch die geringe Wasserlöslichkeit dieser Substanzen (Löslichkeit und Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten (KOW) vgl. Tabelle 2) und andererseits durch hohe Sorption am Boden bedingt ist. Dieses für die Löslichkeit bestimmende Sorptionsvermögen des Bodens ist weitestgehend vom Gehalt an organisch gebundenem Kohlenwasserstoff abhängig. Die Wasserlöslichkeit selbst ist primär von der Hydrophobität abhängig, die mit der Molekülmasse (Ringanzahl) steigt, ist aber auch in Suspension, oder durch Sorption an Schwebstoffen möglich. Lösungsvermittler sind eine weitere Möglichkeit zur Mobilisierung dieser Substanzen.

Erfahrungsgemäß ist der Gesamtgehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ein sensibleres Maß für die Einstufung des Bodens als Eluatgehalte, die zumeist unter der Nachweisgrenze liegen, sodaß auf die Analyse zumeist verzichtet wird.

Tabelle 2: Löslichkeit Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient (KOW) und Sättigungsdampfdruck von PAKs

PAK- Kongenere (EPA-Liste)	Summenformel	Wasserlöslichkeit[mg/l]	log(K _{ow})	Sättigungsdampfdruck [torr]
Naphtalene	C ₁₀ H ₈	31,7 ¹	3,36 ⁴	4,92 x 10 ⁻²
Acenaphtalene	C ₁₂ H ₁₀	16,1 ²	4,07 ⁴	2,90 x 10 ⁻²
Acenaphtene	C ₁₂ H ₁₀	3,93 ³	4,03 ³	2,00 x 10 ⁻²
Fluorene	C ₁₃ H ₁₀	1,98 ²	4,47 ³	1,30 x 10 ⁻²
Phenanthrene	C ₁₄ H ₁₀	1,29 ¹	4,57 ⁵	6,80 x 10 ⁻⁴
Anthracene	C ₁₄ H ₁₀	0,073 ¹	4,54 ⁵	1,96 x 10 ⁻⁴
Fluoranthene	C ₁₆ H ₁₀	0,26 ¹	5,22 ⁽³⁺⁵⁾	6,00 x 10 ⁻⁶
Pyrene	C ₁₆ H ₁₀	0,135 ⁽¹⁺³⁾	5,18 ⁵	6,85 x 10 ⁻⁷
Chrysene	C ₁₈ H ₁₂	0,002 ¹	5,91 ³	6,30 x 10 ⁻⁷
Benz[a]anthracene	C ₁₈ H ₁₂	0,014 ⁽¹⁺³⁾	5,91 ⁽³⁺⁵⁾	5,00 x 10 ⁻⁹
Benzo[k]fluoranthene	C ₂₀ H ₁₂	0,00055 ¹	6,84 ⁶	5,00 x 10 ⁻⁷
Benzo[b]fluoranthene	C ₂₀ H ₁₂	0,0012 ¹	6,57 ⁶	5,00 x 10 ⁻⁷
Benzo[a]pyrene	C ₂₀ H ₁₂	0,0038 ⁽¹⁺³⁾	6,04 ⁶	5,00 x 10 ⁻⁷
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	C ₂₂ H ₁₂	0,062 ¹	7,66 ⁶	1,00 x 10 ⁻¹⁰
Dibenzo[a,h]anthracene	C ₂₂ H ₁₄	0,0005 ⁽¹⁺³⁾	7,19 ⁵	1,00 x 10 ⁻¹⁰
Benzo[g,h,i]perylene	C ₂₂ H ₁₂	0,00026 ⁽¹⁺³⁾	7,23 ⁶	1,00 x 10 ⁻¹⁰

- 1) Mackay et al.(1977) weitgehend übereinstimmend mit Sims und Overcrash (1981), dort ist Acenaphtalene mit 3,93 mg/l deutlich zu niedrig angegeben
- 2) Walters (1984)
- 3) Yalkowsky et al. (1979) identisch mit Miller et al. (1985)
- 4) Karickhoff et. al. (1983)
- 5) Miller et. al (1985)
- 6) Sims et. al. (1983)

4.2. Summe der Kohlenwasserstoffe (KW)

Für Kohlenwasserstoffe im Boden gilt sinngemäß dasselbe wie für die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe. Auch hier ist v.a. der Gesamtgehalt, untersucht nach der Deponieverordnung, einstufigsrelevant, während die Eluatwerte zumeist unter der Analysenbestimmungsgrenze liegen. Durch die bereits oben erwähnte Kontamination durch feine Asphaltbruchstücke bei Grabungsarbeiten im Straßenraum ist auch dieser Parameter in vielen Fällen für die Einstufung des Aushubmaterials maßgeblich, obwohl derartige Asphaltpartikel ökologisch und toxikologisch keine Relevanz besitzen.

4.3. Schwermetalle

Schwermetallgehalte sind kaum einstufigsrelevant, wenn man von der Oberflächenschicht im straßennahen Bereich und geologisch bedingten Werten absieht. In diesem Fall sind vor allem mechanischer Abrieb von Kfz und Treibstoffadditiva verantwortlich für Grenzwertüberschreitungen. Auch Emissionen aus Industrie und Hausbrand führen zu Belastungen des Bodens, die allerdings auf oberflächliche Bereiche beschränkt bleiben. Im Eluat liegen die Analysenergebnisse der gesetzesrelevanten Metalle in den meisten Fällen unter der Bestimmungsgrenze.

5. Darstellung der Analysenergebnisse

Für die in Anlage 1 aufgelisteten Analysenergebnisse wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit und der für statistische Berechnungen relativ geringen Probenanzahl pro Bezirk das Stadtgebiet in fünf etwa gleich große und ähnlich genutzte und verbaute Gebiete aufgeteilt (Probenanzahl n und Gebietseinteilung vgl. Tabelle 3). Die Proben wurden mit der Bezirksbezeichnung als Präfix durchnummeriert, für die Gemeinden außerhalb Wiens wurde die 24 verwendet. Analysenergebnisse unter der Bestimmungsgrenze (die sich in Abhängigkeit von den Analysenbedingungen ergibt) sind mit einem „<“-Zeichen gekennzeichnet, wobei für die Mittelwertberechnung diese Werte einerseits durch den nächst niedrigeren Wert, andererseits durch den Nullwert ersetzt wurden, wodurch sich ein Ergebnisintervall ergibt, das den Minimalwert und den Maximalwert umfaßt. Weiters wurde ein Ausreißertest durchgeführt, um trotz des niedrigen Samples an Analysendaten eine Verfälschung der Durchschnittskonzentrationen zu vermeiden.

Tabelle 3: Gebietseinteilung und Probenanzahl der Gebiete n, der Bezirke (n')

Bezirke 1 – 9 und 20	n = 27	n' = 3 / 2 / 6 / 1 / 7 / 0 / 4 / 1 / 3 / 0
Bezirke 21 und 22	n = 41	n' = 35 / 6
Bezirke 14 – 19	n = 39	n' = 8 / 2 / 7 / 11 / 2 / 9
Bezirke 10 – 13 und 23	n = 41	n' = 12 / 6 / 10 / 6 / 7
Stadtrandgemeinden*)	n = 26	n' = 26

*) Ma. Enzersdorf, Langenzersdorf, Traiskirchen, Mödling, Guntramsdorf, Gerasdorf, Wr. Neudorf, Schwechat, Kaltenleutgeben

6. Statistik

6.1. Vergleichbarkeit der Daten

Durch unterschiedliche Probenahmetiefen kommt es eventuell zu Verdünnungen von Schadstoffen aus oberflächennahen Kontaminationen durch zumeist tieferliegenden weniger belasteten Boden. Ebenso ist bei unterschiedlichen Laboratorien mit geringfügigen Differenzen in den Analysendaten zu rechnen, weshalb die PAK-Daten, bei denen die höchsten Abweichungen zu erwarten sind (vgl. Kapitel 6.1.2.1.), nur von hausinternen Analysen verwendet werden.

6.1.1. Probenahme

Das Problem unterschiedlicher Probenahmetiefen ist dadurch, daß die Mehrzahl der Schurftiefen bei ca 1,2 – 2,0 m liegt, nicht von bedeutendem Einfluß. Eventuell auftretende Verdünnungen werden gleichermaßen berücksichtigt und durch die Mittelwertbildung werden Ergebnisse einzeln beprobter Bodenhorizonte auf die Endtiefe gemittelt.

6.1.2. Analysenrichtigkeit

Die empirisch ermittelten Kenngrößen der von der ESW-Consulting Wruss Ziviltechnikergesellschaft m.b.H. verwendeten analytischen Verfahren sind der Anlage 2 zu entnehmen.

Für die Analysenergebnisse anderer Laboratorien ist darauf hinzuweisen, daß diesbezüglich kaum Daten verfügbar sind. Da allerdings nur Schwermetallgesamtgehalte in diese Studie aufgenommen wurden, deren Analysengang gut normiert ist, ist mit ähnlichen Fehlerintervallen zu rechnen. Als Referenz dafür wird beispielhaft auf die in Kapitel 6.1.2.2. dargestellte Vergleichsmessung von Bodenproben von der MA22 und der ESW-Consulting Wruss verwiesen.

Auf die Verwendung von anderen Parametern von anderen Labors wurde abgesehen, da einerseits die Probenmenge für einen Überblick ausreicht und andererseits die Analysensicherheit bei Vergleichsdaten in der Regel fehlt. So ist v.a. in der PAK- Analytik sowohl bei Eluatanalysen (filtriert, zentrifugiert, extrahiert oder Bondelut-angereichert), als auch bei Gesamtgehaltsbestimmungen (Trockenmethode) Regelungsbedarf gegeben (vgl. Kapitel 6.1.2.1), weil die unterschiedlichen Verfahren der Probenvorbereitung zu nicht konsistenten Analysenergebnissen, und somit zu unterschiedlichen Werten der Bodenbelastung führen. Ebenso ist die Analysenmethode nicht festgelegt (HPLC oder GC-MS), weshalb auch hier unterschiedliche Meßergebnisse auftreten können.

6.1.2 1. Vergleichbarkeit von PAK- Analysenergebnissen unterschiedlicher Herkunft

6.1.2.1.1 Einfluß des Trocknungsverfahrens auf die Ergebnisse der PAK – Analytik

Ziel dieses Kapitels ist es, den für die Einstufung nach der Deponieverordnung relevanten Analysenparameter Summe PAK (Gesamtgehalte an 6 PAK nach DIN) auf seine Aussagekraft zu durchleuchten. In der Deponieverordnung ist nur angegeben, daß die Isolierung der PAKs aus dem Feststoff mittels Soxhletextraktion (über 6 Stunden) zu erfolgen hat. Es soll gezeigt werden, daß durch diese ungenauen Angaben in der Deponieverordnung bezüglich der PAK Analytik der Spielraum in der Probenvorbereitungsprozedur zu unterschiedlichen Ergebnissen führt.

In der PAK-Analytik stellt die Probenvorbereitung, die äußerst komplex und aufwendig ist, neben der Probenahme den fehleranfälligsten Teil der Prozedur dar. Dazu zählt die Probentrocknung, der Extraktionsvorgang, die Einengung des Extraktes am Rotavapor und die Herstellung der Verdünnungen für die Analyse. Die Analyse selbst, die entweder mit HPLC/FD oder GC/MS durchgeführt werden kann, ist der genaueste Teil der Arbeit. Im speziellen Fall soll nur die Auswirkung der unterschiedlichen Trocknungsverfahrens für die Feststoffproben behandelt werden. Die Probenvorbereitung kann auf unterschiedliche Weisen durchgeführt werden. Üblicherweise werden Lufttrocknung, Gefriertrocknung und die Behandlung mit einem Trocknungsmittel (üblicherweise NaSO_4) angewandt. Aus Zeitgründen werden Proben oft auch bei 105°C im Trockenschrank getrocknet. Um darzustellen, daß das Trocknungsverfahren durchaus einen Einfluß auf das Analysenergebnis und somit auch auf die Einstufung des Feststoffes nach Deponieverordnung hat, wurden verschiedene Feststoffproben nach den oben angeführten vier unterschiedlichen Trocknungsmethoden behandelt und auf PAKs analysiert. Die Proben wurden dabei so ausgewählt, daß unterschiedliche Konzentrationsbereiche abgedeckt wurden.

6.1.2.1.2. Durchführung

Es wurden aus den bereits in diesem Jahr im Labor der ESW-Consulting Wruss Ziviltechniker GesmbH analysierten Proben drei Rückstellproben ausgewählt, von denen die PAK – Konzentrationen bekannt waren. Es wurde darauf geachtet, daß die Proben unterschiedliche PAK Gehalte aufwiesen. Die ausgewählten Proben haben die Probennummern 14-007, 17-001, 05-003.

Trocknung der Feststoffproben

Gefriertrocknung (GTR): Dazu wurden die bereits gefüllten Soxhlethülsen 12 Stunden im Gefrierfach eingefroren und dann mittels einer Gefriertrocknungsapparatur ca. 5 Stunden lang getrocknet.

Lufttrocknung (TR(30)): Die Soxhlethülsen wurden 24 Stunden lang in einem Trockenschrank bei 30° C aufbewahrt.

Trocknung im Trockenschrank (TR(105)): Die Soxhlethülsen wurden für 12 Stunden in einen Trockenschrank bei 105°C aufbewahrt.

Trocknung mit Natriumsulfat (NaSO₄): Eine Probenmenge von 25g wurde mit 25g Natriumsulfat vermischt und in einer Mühle für 10 Minuten gemahlen. Daraufhin wurde sofort die Extraktion durchgeführt.

Bei den Methoden 1 bis 3 wurde die Probe direkt in die Soxhlethülsen eingewogen, bei der vierten Methode wurde die Probe nach dem Mahlen nochmals abgewogen, um den Verlust in der Mühle zu bestimmen.

Extraktion und Verdünnung

Die Proben wurden mit 250 ml n-Hexan in einer Soxhletapparatur für einen Zeitraum von ca. 12 Stunden bei einer Hubdauer von ca. 2 Minuten extrahiert. Daraufhin wurden die Extrakte mit einem Rotavapor auf 2 ml eingeeengt. Es wurden 1g/1ml Verdünnungen der Extrakte hergestellt, indem bei den Proben GTR, TR(30) und TR(105) 960µl THF vorgelegt und mit 40 µl Extrakt auf 1000µl aufgefüllt bzw. bei den mit NaSO₄ getrockneten Proben 920µl vorgelegt und mit 80µl auf 1 ml aufgefüllt wurden. Diese Verdünnungen wurden bei den Proben 17-011 und 5-003 direkt mittels HPLC analysiert, bei der höchstbelasteten Probe wurde die 1g/ml Verdünnungen vor der Analyse nochmals in einem Verhältnis 1 + 9 mit THF verdünnt.

6.1.2.1.3 Ergebnisse

Im folgenden sind die gesamten Meßergebnisse der HPLC Analysen in Tabellenform und als Diagramme angegeben.

Analysenergebnisse der Probe 14-007:

Probennahmedatum: 1.10.1999

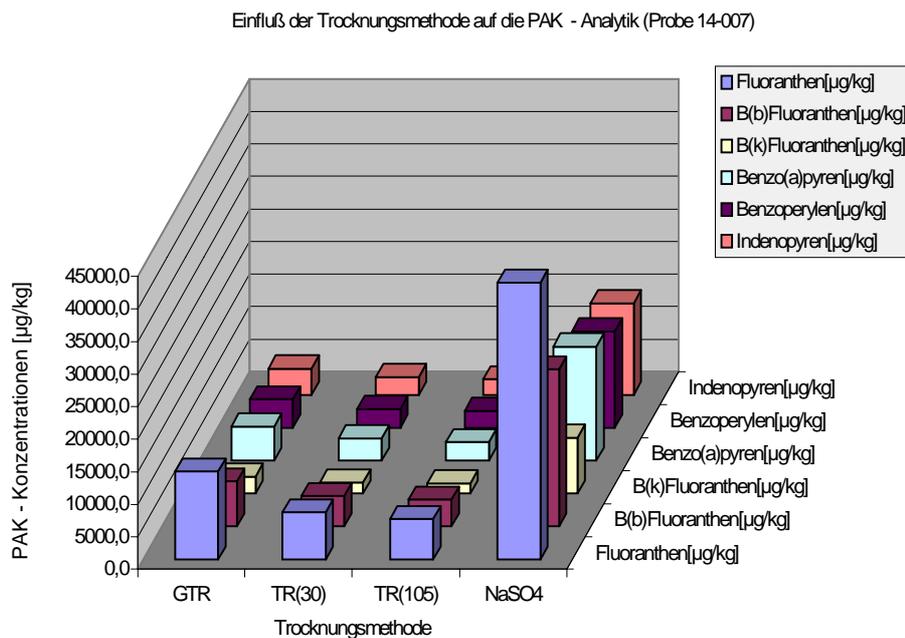
Hierbei handelte es sich um eine mittelbraune, geruchlose Bodenprobe.

Tabelle 4: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung

14-007	GTR	TR(30)	TR(105)	NaSO ₄
Einwaage	50,1	50,4	50,8	27,5
Gewicht nach Trocknen	46,4	46,9	45,5	26,0
Trockenverlust[%]	7,3	7,0	10,3	5,7 ^{*)}
Fluoranthen[µg/kg]	13517	7232	6190	42545
B(b)Fluoranthen[µg/kg]	6963	4683	4138	24124
B(k)Fluoranthen[µg/kg]	2600	1704	1546	8585
Benzo(a)pyren[µg/kg]	5225	3434	2843	17540
Benzoperylen[µg/kg]	4363	2901	2613	14818
Indenopyren[µg/kg]	4039	2718	2388	14063
PAK ges[µg/kg]	36670	22502	19422	110492

^{*)} Manipulationsverlust

Abbildung 1: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung



Analysenergebnisse der Probe 17-011:

Probennahmedatum: 28.9.1999

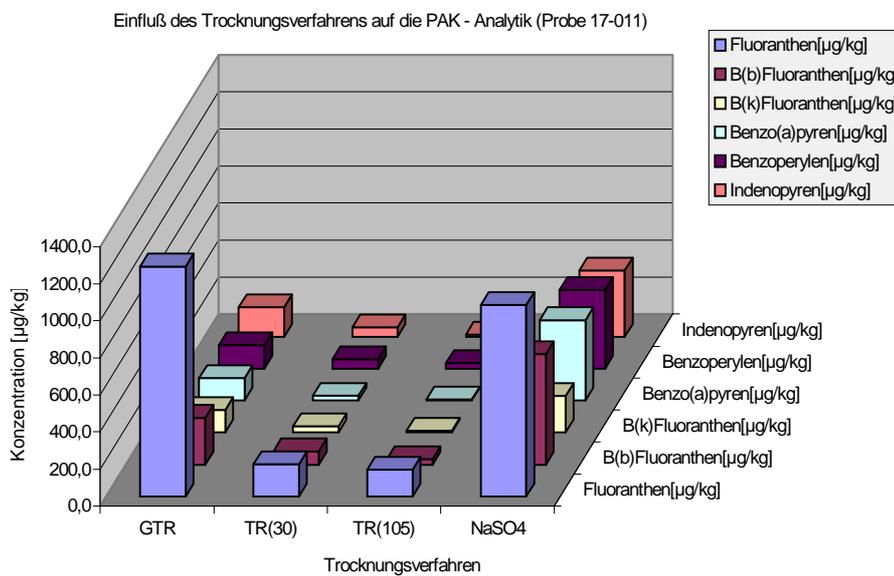
Hierbei handelte es sich um grau – braunen, schottrigen, durchwurzeltten Boden.

Tabelle 5: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung

Probe 17-011	GTR	TR(30)	TR(105)	NaSO ₄
Einwaage[g]	50,4	50,0	50,3	25,1
Gewicht nach Trocknen[g]	48,9	49,7	48,8	24,8
Trockenverlust[%]	3,0	0,7	3,1	1,3 ^{*)}
Fluoranthen[μg/kg]	1242	175	146	1033
B(b)Fluoranthen[μg/kg]	251	72	28	594
B(k)Fluoranthen[μg/kg]	123	36	10	196
Benzo(a)pyren[μg/kg]	121	26	7	435
Benzopyren[μg/kg]	126	50	29	425
Indenopyren[μg/kg]	159	50	12	358
PAK ges[μg/kg]	1945	405	223	2992

^{*)} Manipulationsverlust

Abbildung 2: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung



Analysenergebnisse der Probe 05-003:

Probennahmedatum: 28.9.1999

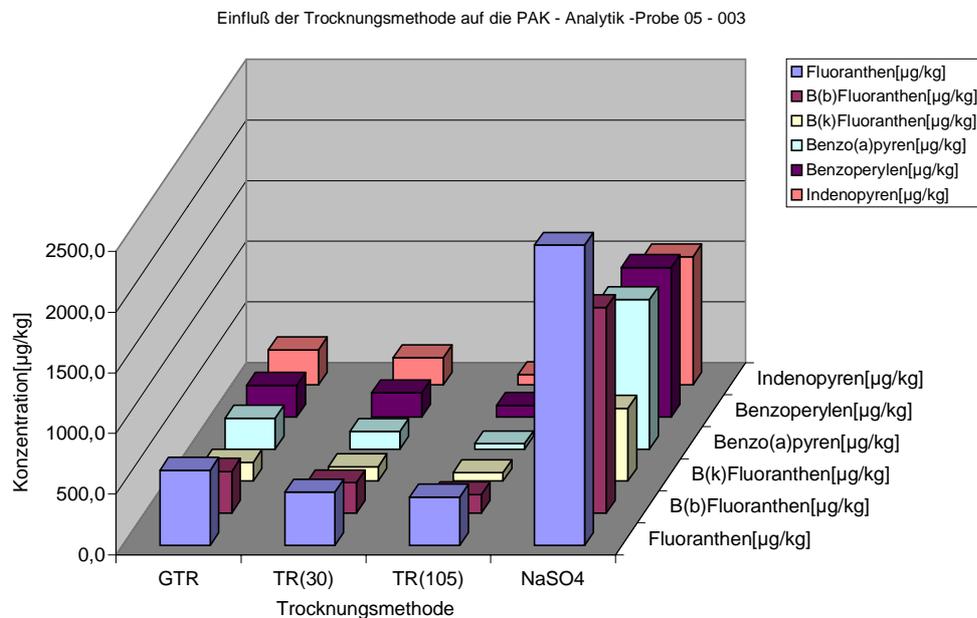
Hierbei handelte es sich um eine Mischprobe bestehend aus mit grauem Schotter und Sand durchsetzten braunem – schwarzen Boden

Tabelle 6: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung

Probe 05-003	GTR	TR(30)	TR(105)	NaSO ₄
Einwaage[g]	50,2	50,1	50,1	25,0
Gewicht nach Trocknen[g]	50,0	50,0	49,2	24,7
Trockenverlust[%]	0,4	0,2	1,7	1,4* ¹⁾
Fluoranthen[μg/kg]	619	437	397	2473
B(b)Fluoranthen[μg/kg]	346	252	154	1694
B(k)Fluoranthen[μg/kg]	157	121	69	602
Benzo(a)pyren[μg/kg]	256	145	44	1232
Benzoperylen[μg/kg]	263	200	96	1239
Indenopyren[μg/kg]	290	227	85	1059
PAK ges.[μg/kg]	1916	1376	829	8175

*¹⁾ Manipulationsverlust

Abbildung 3: PAK-Kongenerenkonzentrationen nach unterschiedlicher Trocknung



6.1.2.1.4. Diskussion

Wie aus den Tabellen und den Diagrammen zu ersehen ist, bewirken unterschiedliche Trocknungsverfahren große Unterschiede in den Endergebnissen der PAK – Analysen. Obwohl es sich bei den drei untersuchten Proben um Realproben handelt (und somit heterogene Verteilung von Schadstoffen anzunehmen ist), ergibt sich tendenziell dasselbe Bild. Den geringsten Verlust an PAKs durch den Trocknungsschritt und somit die höchsten Analysenwerte lassen sich durch eine Behandlung mit NaSO₄ als Trocknungsmittel erzielen. Bei den Trocknungsprozessen, die eine Verwendung von Vakuum oder erhöhten Temperaturen beinhalteten, treten tw. hohe Verluste an Analyten auf. Die nach Gefriertrocknung analysierten Werte kommen den mit Natriumsulfat gemessenen Konzentrationen am nächsten. Die Lufttrocknung bei 30 °C führte zu einem noch höheren Verlust an PAKs. Dies kann als Beweis dafür gewertet werden, daß durch Temperatureinwirkung mehr Analyt verloren geht als durch das Anlegen eines Vakuums bei tiefen Temperaturen, wie dies bei der Gefriertrocknung der Fall ist. Die Abweichung von diesem Trend bei der Probe 17-011 bei Fluoranthren ist dadurch begründbar, daß die Konzentration niedriger als bei den anderen beiden Proben ist und somit die Analysenungenauigkeit einen Einfluß auf das Ergebnis haben kann.

Die Trocknungsmethode ist nur ein Aspekt der Probenvorbereitung, der die Resultate massiv beeinflusst. Auch bei der Extraktion selbst gibt es viele Parameter, die sich auf die Meßergebnisse auswirken, wie zum Beispiel Extraktionsdauer oder Zyklendauer. Die Vorgabe einer Extraktionszeit ohne Zyklenanzahl ist daher wenig zielführend.

6.1.2.2. Vergleichbarkeit der Metallanalysedaten

Da für diese Studie auch Metallanalysen von Fremdlabors verwendet werden, wurden zum Test, ob die Werte durch den normierten Analysengang und Aufschluß vergleichbar sind, drei Proben, die im Rahmen des Bodenzustandsberichtes der MA22 analysiert wurden, parallel im Labor der ESW-Consulting Wruss-ZiviltechnikergesmbH gemessen. Dabei ergeben sich die in Tabelle 7 aufgelisteten Vergleichswerte.

Tabelle 7: Vergleichsanalysen von Bodenproben (MA22/ESW)

Probenummer (MA22)		As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Ni	Hg	Zn
0212	ESW	10,72	46,2	<0,31	26,8	6,8	23,5	27,2	<0,31	127,23
	MA22	8,5	50	0,4	30,4	9,4	28	31	0,1	129
	Mittelwert	9,61	48,1		28,6	8,1	25,75	29,1		128,1
	Standardabw	1,11	1,9		1,8	1,3	2,25	1,9		0,885
0605	ESW	13,24	90,9	<0,32	28,3	7,6	63,7	29,6	0,35	213,37
	MA22	9,9	139	0,6	13,7	7,8	65,4	25,7	0,7	212
	Mittelwert	11,57	114,95	0,6	21	7,7	64,55	27,65	0,53	212,7
	Standardabw	1,67	24,05		7,3	0,1	0,85	1,95	0,18	0,685
1610	ESW	18,1	90,25	<0,34	49,1	10	36,7	42,4	<0,34	173,30
	MA22	10	81	1	43,6	12,2	36,3	38	0,1	182
	Mittelwert	14,05	85,625	1	46,35	11,1	36,5	40,2		177,7
	Standardabw	4,05	4,625		2,75	1,1	0,2	2,2		4,35

Aus den Daten ist ersichtlich, daß der Normaufschluß DEV S7, sowie die Analysenmethode auch wenn sie in unterschiedlichen Laboratorien ausgeführt werden, zu konsistenten Ergebnissen führen. Daher können Daten von unterschiedlichen Laboratorien in dieser Studie gemeinsam verwendet werden, sofern gemäß DEV S7 aufgeschlossen wird. Es ist anzunehmen, daß durch alternative Aufschlußmethoden, wie beispielsweise den Mikrowellenaufschluß andere Ergebnisse erhalten werden. Bei letzterem ist v.a. bei ultrabasischen Böden mit höheren Analysenwerten zu rechnen.

6.2. Verwendete statistische Kenngrößen

Als Kennwerte für die Belastung der Böden wurden Minima-Maxima-Werte bestimmt, wobei die Minima, außer bei den Schwermetallanalysen den Bestimmungsgrenzen der Analysenmethoden entsprechen.

Weiters werden die arithmetischen Mittelwerte, sowie die Medianwerte der Analyseergebnisse berechnet, um sowohl die Häufigkeit der aufgetretenen Werte, als auch die mittlere Höhe der Ergebnisse zu berücksichtigen (Analysendaten vgl. Anlage 1). Überblicksmäßig werden die Werte weiters in kumulierten Verteilungskurven dargestellt, aus denen die Perzentile ablesbar sind (vgl. Kapitel 8). Statistische Ausreißer sind im folgenden weder in den Kennwerten, noch in den Summenkurven enthalten, werden aber gesondert angeführt.

7. Richt- und Grenzwerte

Neben der für die Entsorgung von Bodenaushub maßgeblichen Deponieverordnung werden für die Beurteilung von Böden v.a. Landesgesetze die die Möglichkeit der Klärschlammaufbringung regeln, verwendet, die allerdings v.a. Schwermetallgehalte berücksichtigen, jedoch nicht die Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Allerdings gibt es Richtlinien für die Einschätzung der Qualität eines Bodens, die als allgemein anerkannt betrachtet werden können, wobei v.a. die „Nutzungs und schutzgutbezogenen Orientierungswerte für Schadstoffe in Böden“ hervorzuheben sind, die von Dr. Th. Eikmann und Prof. Dr. A. Kloke verfaßt wurden und Grund-, Toleranz- und Toxizitätswerte u. a. für Metallkonzentrationen und Benzo(a)pyren als maßgeblichen Parameter der PAK-Kongeneren umfassen. Gemäß diesem Regelwerk gelten die in Anlage 4, Tabelle 1 angeführten Orientierungswerte für die Einschätzung der Bodenqualität und die damit verbundene mögliche Nutzungsart.

Weiters hat die deutsche Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Richtwerte für Böden herausgegeben, die Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen umfaßt und auch die Wiederverwendung von mineralischen Stoffen, d.h. auch den Wiedereinbau von Böden behandelt. Diese Anforderungen (vgl. Anlage 4, Tabelle 2) an die Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen ähneln im Aufbau den Eikmann/Kloke-Werten, umfassen jedoch auch technische Regeln für Deponierung, Probenahme und Analytik.

Schließlich können als neueste Publikationen die deutsche Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 16.6.1999, sowie der Entwurf der Verordnung betreffend Qualitätsanforderungen an Kompost aus Abfällen zur Bewertung herangezogen werden. Bei der deutschen Publikation werden in Anhang 2 Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte für die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden- Nutzpflanze und Boden-Grundwasser für (Fein-) Böden dargestellt. Diese Verordnung regelt ebenso Untersuchungsumfang, Probenahme, Untersuchungsverfahren, sowie Maßnahmen-, Prüf und Vorsorgewerte (vgl. Anlage 3, Tabelle 3). Im Entwurf für die Qualitätsanforderungen an Kompost aus Abfällen werden Grenzwerte für Bodenaushub (aus der „Erden-Studie“) angegeben werden.

Festzuhalten ist, daß bei Eikmann/Kloke und der Dt. Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung nur die obersten Bodenschichten bis in Tiefen von 60 cm berücksichtigt werden.

8. Ergebnisse

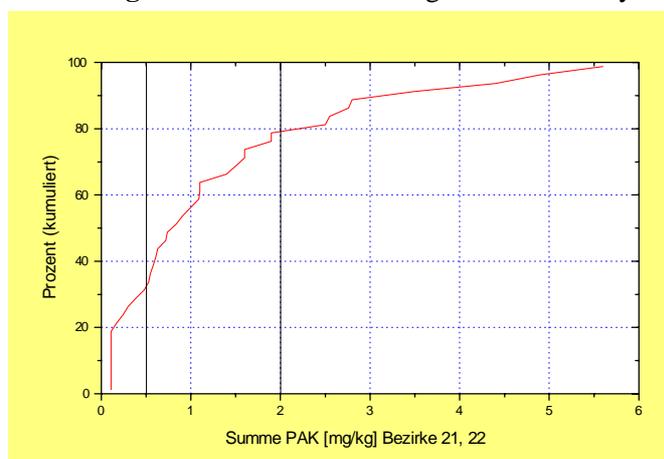
8.1. Bodenbelastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen

Die mittlere PAK-Konzentration im Wiener Boden bewegt sich zwischen 1,15 – 1,19 mg/kg, (ausreißerbereinigt: 1,08 – 1,11 mg/kg) wobei der Median, d.h. der mittlere Wert aller nach Größe geordneten Analysendaten, 0,39 mg/kg beträgt. Die Analysendaten bezogen auf die folgende Einteilung betragen:

Untersuchungsgebiet	Mittelwert ^{*)}	Median ^{*)}
21. und 22. Bezirk	1,27 - 1,29 mg/kg	0,79 mg/kg
Bezirke 1 – 9 und 20	1,94 - 1,96 mg/kg	0,68 mg/kg
Bezirke 14 – 19	0,71 - 0,76 mg/kg	0,18 mg/kg
Bezirke 10 – 13 und 23	0,99 - 1,03 mg/kg	0,29 mg/kg
Stadtrandgemeinden	0,57 - 0,61 mg/kg	0,31 mg/kg

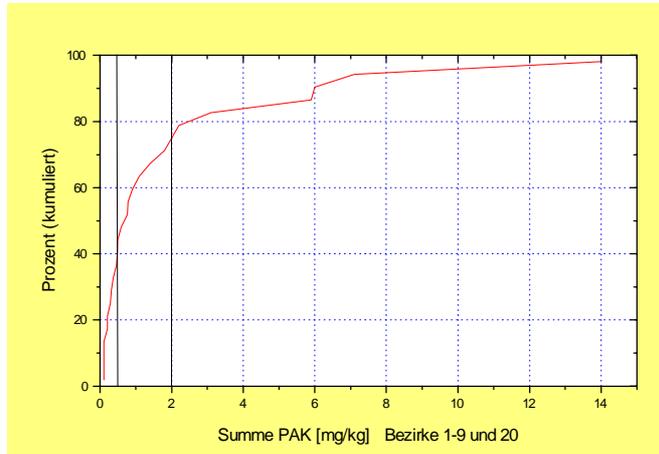
^{*)} Ausreißerbereinigte Daten

Abbildung 4: kumulierte Verteilung der PAK-Analysendaten (Bezirke 21 und 22)



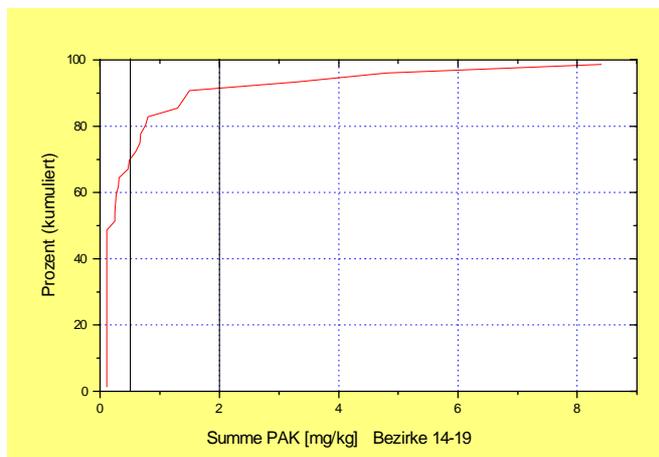
Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, daß etwa 20% der Daten unter der Bestimmungsgrenze (<0,12 mg/kg) liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien (0,5 mg/kg) liegen etwa 30 % der Proben, Baurestmassendeponien (Grenzwert 2 mg/kg) können etwa weitere 50 % der Proben zugeordnet werden. Als Ausreißerwert (21-022) wurde ein Wert von 6,9 mg/kg aus dem Datensatz eliminiert.

Abbildung 5: kumulierte Verteilung der PAK-Analysendaten (Bezirke 1-9 und 20)



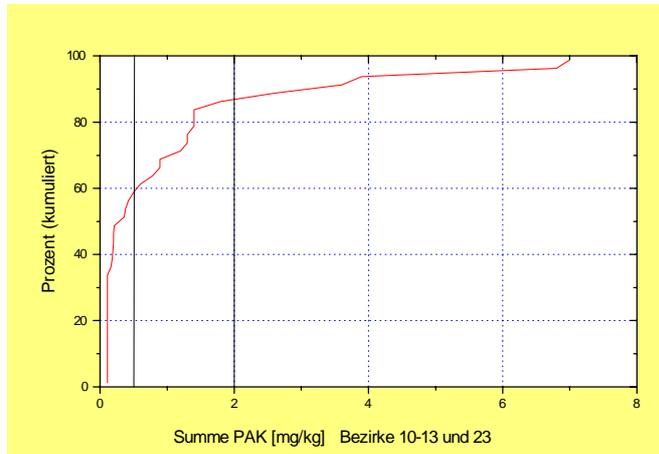
Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, daß etwa 12% der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 40% der Proben, Baurestmassendeponien können weitere 38 % der Proben zugeordnet werden. Ein Ausreißerwert (09-001) mit 33 mg/kg wurde aus der Berechnung ausgeschlossen.

Abbildung 6: kumulierte Verteilung der PAK-Analysendaten (Bezirke 14- 19)



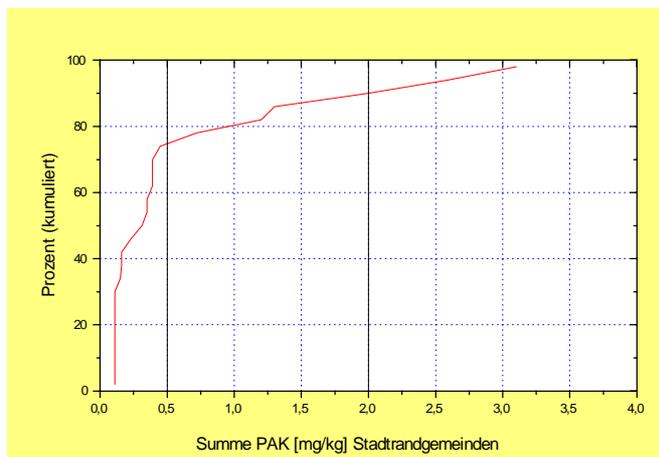
Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, daß etwa 50% der Analysenergebnisse unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 70% der Proben, Baurestmassendeponien können weitere 20 % der Proben zugeordnet werden. Der Wert von 16-006 wurde mit 22 mg/kg als Ausreißer aus dem Datensatz genommen.

Abbildung 7: kumulierte Verteilung der PAK-Analysendaten (Bezirke 10 - 13 und 23)



Aus Abbildung 7 ist ersichtlich, daß etwa ein Drittel der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 60 % der Proben, Baurestmassendeponien können ca. weitere 25 % der Proben zugeordnet werden. Mit 11 mg/kg wurde der Wert von 11-001 aus der Berechnung ausgeschlossen.

Abbildung 8: kumulierte Verteilung der PAK-Analysendaten (Stadttrandgemeinden)



Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, daß etwa 30 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 75 % der Proben, Baurestmassendeponien können weitere 15 % der Proben zugeordnet werden. Der Ausreißertest ergab, daß die Probe 24-017 aus dem Datensatz genommen wurde.

8.1.1 Bodenbelastung mit Benzo(a)pyren

Für die Bestimmung der Benzo(a)pyrengehalte wurde die Anzahl der Analysendaten, die vier in der Bewertung verwendete Orientierungswerte (vgl. Kapitel 8) überschreiten, ermittelt, sowie die Konzentrationen mittels kumulierter Verteilung dargestellt. In Tabelle 8 wird die Anzahl der Richtwertüberschreitungen an der Gesamtzahl der Analysen n angegeben.

Tabelle 8: Anzahl der Richtwertüberschreitungen von Benzo(a)pyren von n Proben

Untersuchungsgebiet	n	>2 mg/kg [*]	>1mg/kg ^{**)}	>0,5 mg/kg ⁺	>0,3 mg/kg ⁺⁺⁾
21. und 22. Bezirk	44	1	1	3	5
Bezirke 1 – 9 und 20	27	1	2	5	7
Bezirke 14 – 19	39	1	2	3	4
Bezirke 10 – 13 und 23	41	0	0	2	4
Stadtrandgemeinden	26	0	0	0	3

*⁾ Dt. Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung

**⁾ Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Zuordnungswert Z1.2.
 Eikmann/Kloke BW 1

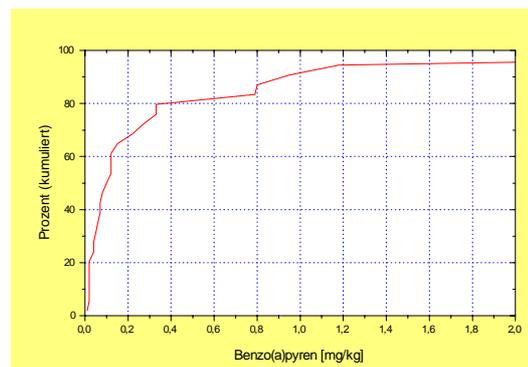
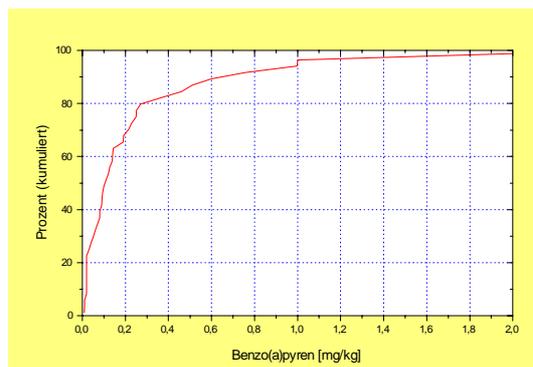
+⁾ Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Zuordnungswert Z1.1.

++⁾ Dt. Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung

Abbildung 9: kumulierte Verteilung der Benzo(a)pyren-Analysendaten

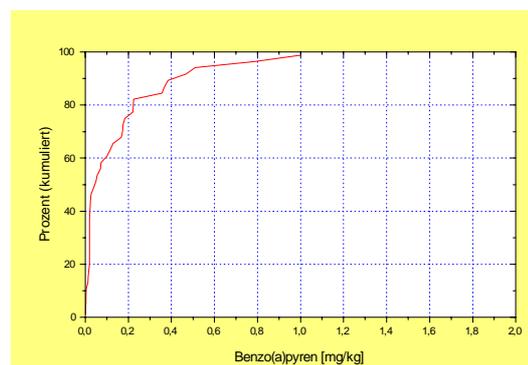
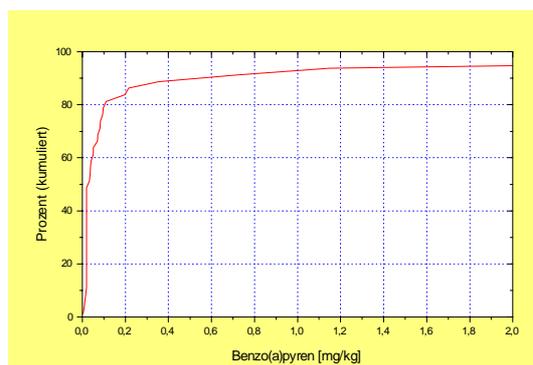
(Bezirk 21, 22)

(Bezirke 1-9, 20)

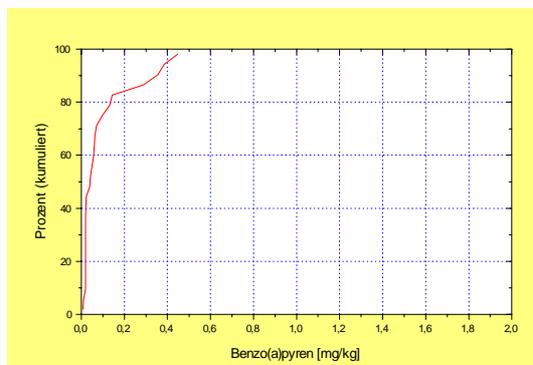


(Bezirke 14 - 19)

(Bezirke 10 – 13 und 23)



(Stadtrandgemeinden)

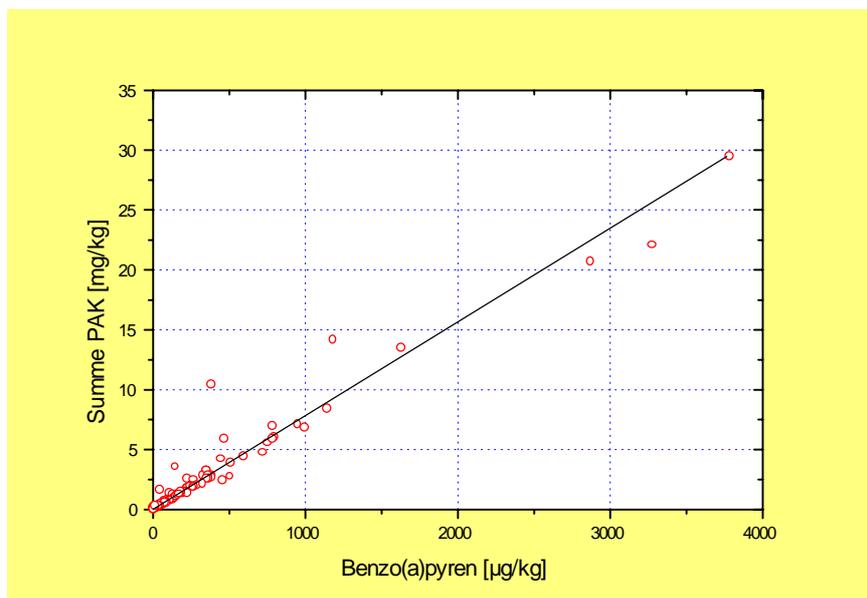


Beim Vergleich der PAK – Konzentrationen mit den Benzo(a)pyren-Konzentrationen fällt auf, daß die Kurvenverläufe der Abbildung 9 hohe Ähnlichkeiten mit den zugehörigen Verläufen der PAK-Konzentrationsverteilungen (Abbildungen 4-8) aufweisen. Eine Korrelationsberechnung ergibt die in Tabelle 9 aufgelisteten Ergebnisse.

Tabelle 9: Ergebnisse der Korrelation der Gesamtkonzentration an PAK mit einzelnen Kongeneren

Kongenerere	Sample (n)	Korrelationskoeffizient für Summe PAK
Fluoranthen	184	0,982
Benzo[b]Fluoranthen	185	0,255
Benzo[k]Fluoranthen	185	0,995
Benzo(a)pyren	185	0,976
Benzoperylen	185	0,981
Indenopyren	185	0,980

Abbildung 10: Korrelation der Gesamtkonzentration an PAK mit Benzo(a)pyren



In Abbildung 10 ist beispielhaft die lineare Abhängigkeit des PAK-Gesamtgehaltes (6 Kongenere lt. DIN) vom Benzo(a)pyrengengehalt dargestellt. Die Analysenergebnisse der anderen Kongenere ergeben ein ähnliches Bild, d.h. eine mit wenigen Ausnahmen offensichtliche lineare Abhängigkeit der PAK-Konzentration von den Konzentrationen der Kongenere. Das kann einerseits darauf hindeuten, daß die Quelle sämtlicher PAK-Kontaminationen aus ein und demselben Prozeß stammen, andererseits, daß die Bildung der PAK auch in unterschiedlichen Prozessen im selben Kongenerenverhältnis stattfindet. Da beides nicht anzunehmen ist – bei Altstandorten (z.B. Gaswerken) treten andere Kongenerenmuster auf - kann dieser offensichtliche Zusammenhang zwischen der PAK-Gesamtkonzentration und den Kongenerenkonzentrationen ebenso auf eine Hintergrundbelastung der Böden mit PAK hindeuten.

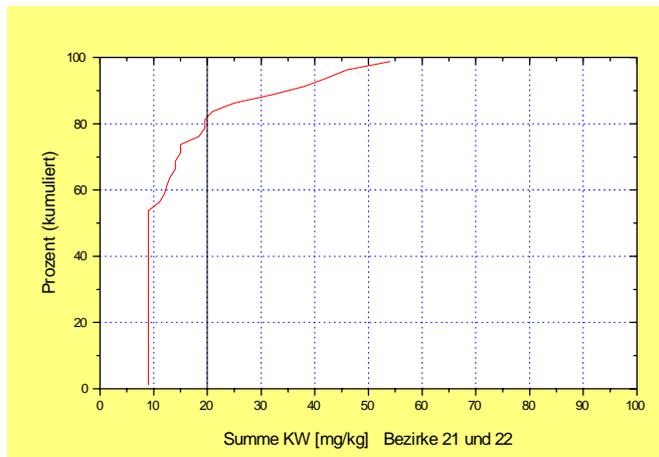
8.2. Bodenbelastung mit Kohlenwasserstoffen

Die mittlere KW-Konzentration im Wiener Boden bewegt sich zwischen 53,2 – 59,4 mg/kg (ausreißerbereinigt: 18,2 – 24,6 mg/kg), wobei der Median <10 mg/kg beträgt, d.h. weniger als 50% der Analysendaten über der Bestimmungsgrenze liegen. Die Analysendaten bezogen auf die folgende Einteilung betragen:

Untersuchungsgebiet	Mittelwert^{*)}	Median^{*)}
21., 22. Bezirk	10,4 – 15,7 mg/kg	<10 mg/kg
Bezirke 1 – 9 und 20	19,5 – 24,5 mg/kg	<10 mg/kg
Bezirke 14 – 19	32,6 – 37,5 mg/kg	<10 mg/kg
Bezirke 10 – 13 und 23	17,2 – 25,4 mg/kg	<10 mg/kg
Stadtrandgemeinden	10,0 – 19,1 mg/kg	<10 mg/kg

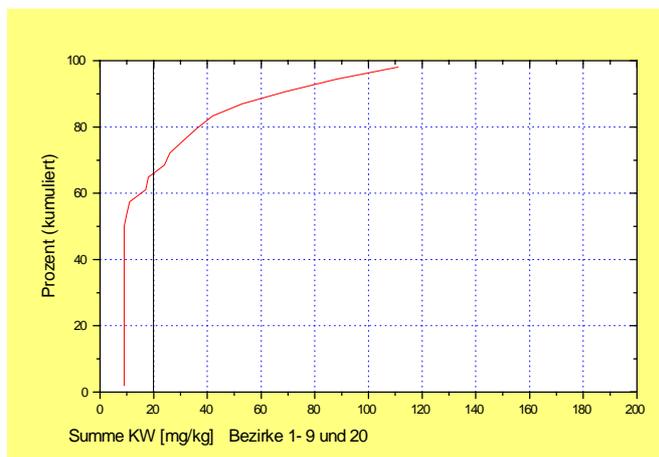
*)Ausreißerbereinigte Daten

Abbildung 11: kumulierte Verteilung der KW-Analysendaten (Bezirke 21 und 22)



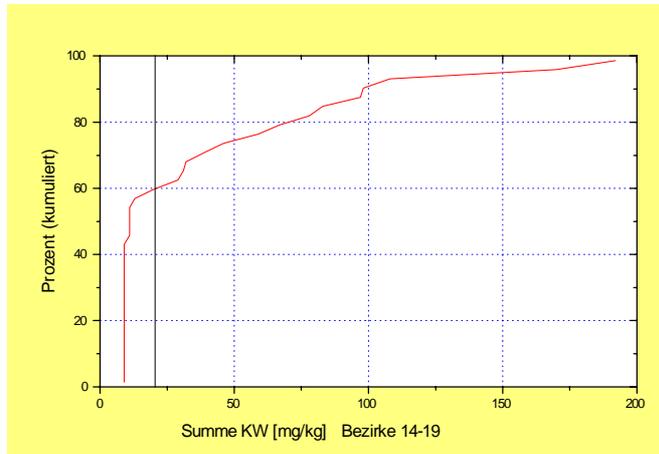
Aus Abbildung 11 ist ersichtlich, daß etwa 51 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze (<10 mg/kg) liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien (20 mg/kg) liegen etwa 82 % der Proben, Baurestmassendeponien (Grenzwert:100 mg/kg) können nach Elimination der Proben 21-011, 21-027, die bei 101 mg/kg und 105 mg/kg lagen die restlichen Analysendaten zugerechnet werden.

Abbildung 12: kumulierte Verteilung der KW-Analysendaten (Bezirke 1 - 9 und 20)



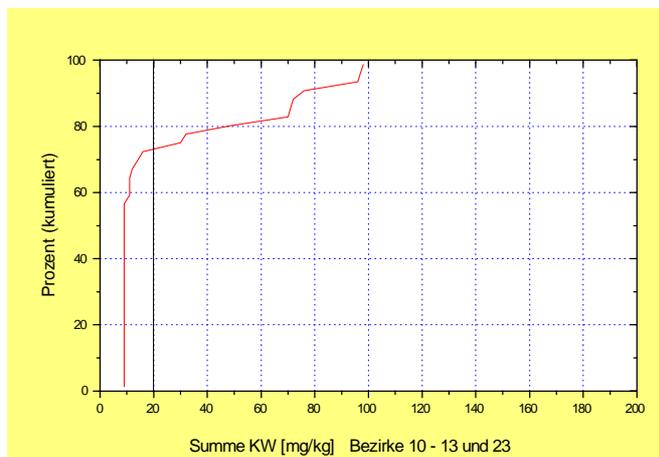
Aus Abbildung 12 ist ersichtlich, daß etwa 50 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen ca. 65 % der Proben, Baurestmassendeponien können weitere 30 % der Proben zugeordnet werden. Es lagen keine Ausreißer vor.

Abbildung 13: kumulierte Verteilung der KW-Analysendaten (Bezirke 14 – 19)



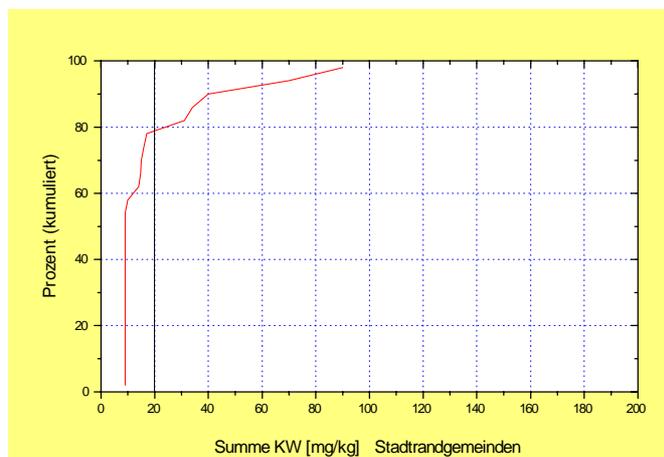
Aus Abbildung 13 ist ersichtlich, daß etwa 42 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 60 % der Proben, Baurestmassendeponien können weitere 30 % der Proben zugeordnet werden. Das Analyseergebnis der Probe 19-005 wurde mit 278 mg/kg als Ausreißer nicht berücksichtigt.

Abbildung 14: kumulierte Verteilung der KW-Analysendaten (Bezirke 10 – 13 und 23)



Aus Abbildung 14 ist ersichtlich, daß etwa 58 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 72 % der Proben, Baurestmassendeponien können die restlichen Proben zugeordnet werden, nachdem die Proben 11-003 und 13-006 wegen eines KW-Gehaltes von 1741 mg/kg bzw. 3495 als statistische Ausreißer nicht berücksichtigt wurden.

Abbildung 15: kumulierte Verteilung der KW-Analysendaten (Stadtrandgemeinden)



Aus Abbildung 15 ist ersichtlich, daß etwa 58 % der Daten unter der Bestimmungsgrenze liegen. Unter dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien liegen etwa 78 % der Proben. Die Probe 24-018 wurde nach einem Ausreißertest mit 452 mg/kg KW aus dem Datensatz entfernt.

8.3. Bodenbelastung mit Schwermetallen

Wegen der geringen Anzahl an Schwermetalldaten wurde nur der Mittelwert aller verfügbaren Daten aus dem *gesamten* Wiener Stadtgebiet (n = 21) gebildet und auf die Aufschlüsselung in kleinere Gebiete verzichtet.

Tabelle 10: Analysenergebnisse der Schwermetallanalysen

Element	Mittelwert [mg/kg]	Median [mg/kg]
Arsen	6,5	5,2
Blei	22,6	16,1
Cadmium	<0,33	<0,33
Chrom	15,6	14,5
Cobalt	11,0	8,6
Kupfer	56,7	22
Nickel	26,9	28
Quecksilber	<0,33	<0,33
Zink	80,0	50,5

Im Vergleich mit den von der MA22 ermittelten Daten der Oberböden (vgl. Tabelle 11) ergibt sich, daß außer bei den Elementen Blei, Chrom und Zink die Analysenergebnisse aus dem Oberboden und den tiefer gelegenen Bodenschichten sehr gut übereinstimmen und mit Ausnahme dieser Elemente die Ergebnisse des Bodenzustandsberichts als repräsentativ gewertet werden können. V.a. im Vergleich von wenig belasteten Gebieten, bzw.

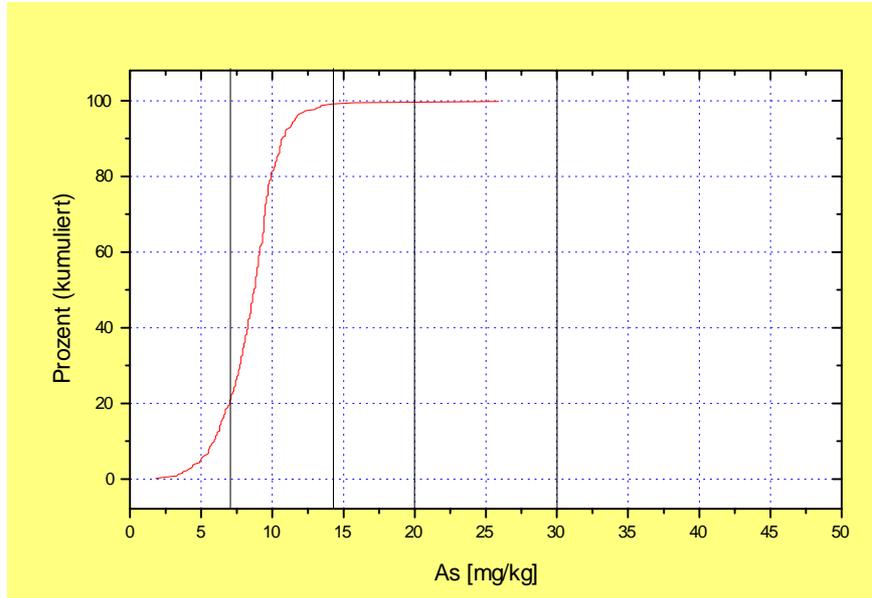
Straßenzügen (z.B. Lobau) mit den Daten der Tabelle 10 zeigen sich gute Übereinstimmungen

Tabelle 11: Ausgewählte Übersichtsdaten (Mittelwerte) aus dem Bodenzustandsbericht 1995

Ausgewählte Daten MA22 [mg/kg TS]	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Ni	Hg	Zn
Westausfahrt	7,5	136	1	26,2	7,9	61,1	30,2	0,3	212
Gürtel	8,8	153	0,7	22,9	8,6	45,9	29,7	0,3	159
Westl. Wienerwald	8,6	46	0,5	28,4	13,7	28,4	34		105
Höhenstraße	6,9	162	0,7	26,7	8,4	38,4	28,3	0,1	201
Donauinsel	8,9	81	0,5	36,6	8,6	44,3	28,4	1,1	135
Lobau	6,5	62	0,5	12,5	7,8	33,7	27,9	0,1	128
Minimum	6,5	46	0,5	12,5	7,8	28,4	27,9	0,1	105
Maximum	8,9	162	1	36,6	13,7	61,1	34	1,1	212
Mittelwert	7,9	106,7	0,7	25,6	9,2	42,0	29,8	0,4	156,7
Median	8,05	108,5	0,6	26,45	8,5	41,35	29,05	0,3	147

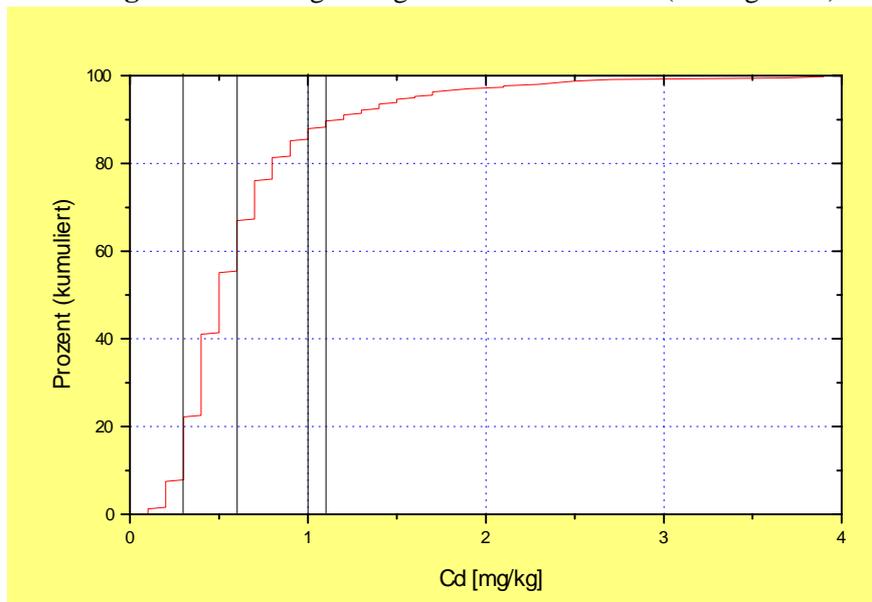
Im folgenden werden die Analysendaten des Bodenzustandsberichtes 1995 der MA22 in Summenkurven dargestellt, um eine Diskussion dieser Ergebnisse mit den in Kapitel 8 angeführten Regelwerten optisch zu untermalen. Die eingezeichneten Grenzwerte beziehen sich, wenn aufgrund der Analysendaten relevant, auf die Deponieverordnung, den Entwurf der Verordnung betreffend Qualitätsanforderungen an Kompost aus Abfällen, bzw. die „Erden-Studie“, die Dt. Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung, und deutsche Regelwerke (Eikmann/Kloke und LAGA).

Abbildung 16: Arsengesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



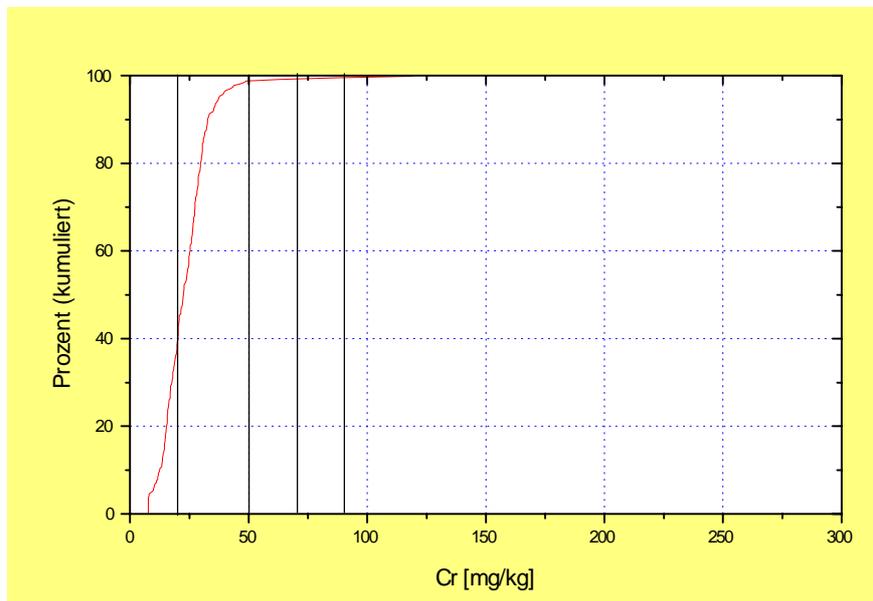
Grenzwerte:	7, 11, 14 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
	20 mg/kg	LAGA (Z 0); Eikmann/Kloke (multifunktional)
	30 mg/kg	LAGA (Z 1.1); „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
	50 mg/kg	Deponieverordnung

Abbildung 17: Cadmiumgesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



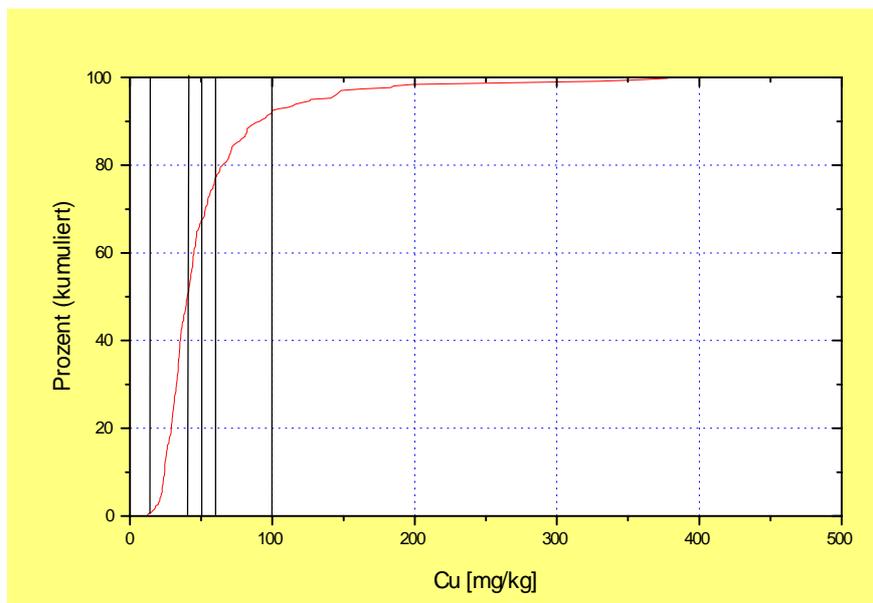
Grenzwerte:	0,3, 0,7, 1,1 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
	0,6 mg/kg	LAGA (Z 0)
	1 mg/kg	Eikmann/Kloke (multifunktional)
	1,1 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
	2 mg/kg	Deponieverordnung

Abbildung 18: Chromgesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



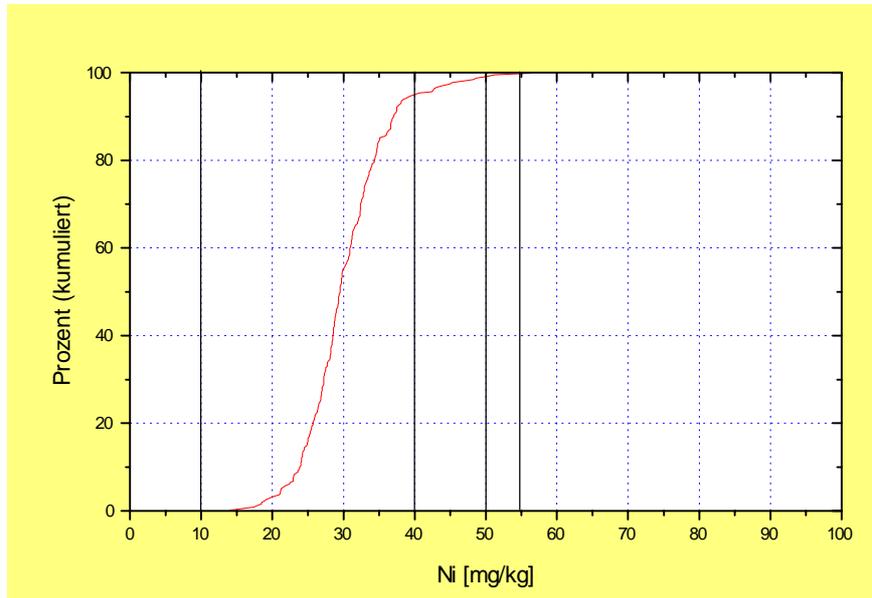
Grenzwerte: 20, 40, 70 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
50 mg/kg	LAGA (Z 0), Eikmann/Kloke (multifunktional)
90 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
300 mg/kg	Deponieverordnung

Abbildung 19: Kupfergesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



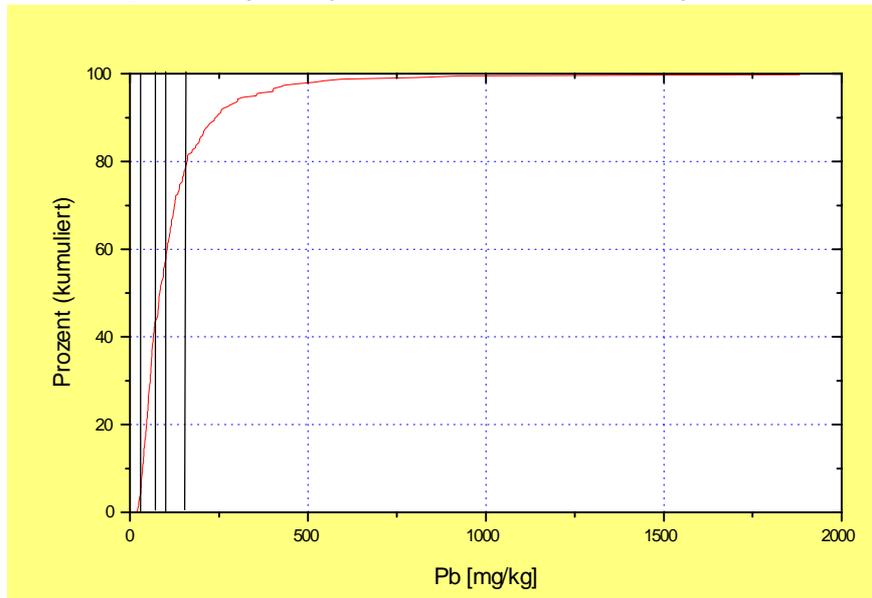
Grenzwerte: 15, 30, 40 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
40 mg/kg	LAGA (Z 0)
50 mg/kg	Eikmann/Kloke (multifunktional)
60 mg/kg	„Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
100 mg/kg	Deponieverordnung

Abbildung 20: Nickelgesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



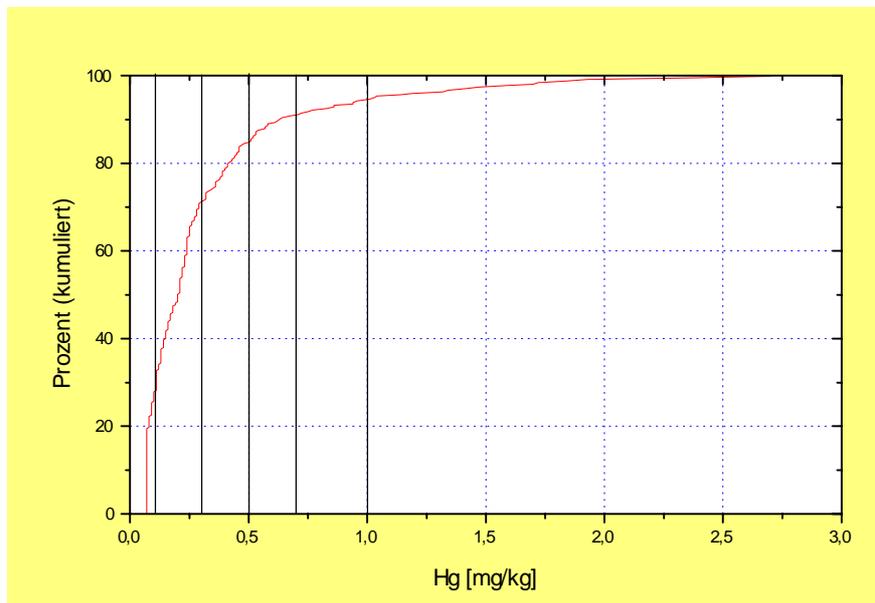
Grenzwerte: 10, 30, 50 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
 40 mg/kg LAGA (Z 0), Eikmann/Kloke (multifunktional)
 55 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
 100 mg/kg Deponieverordnung

Abbildung 21: Bleigesamtgehalte im Oberboden (Wien gesamt)



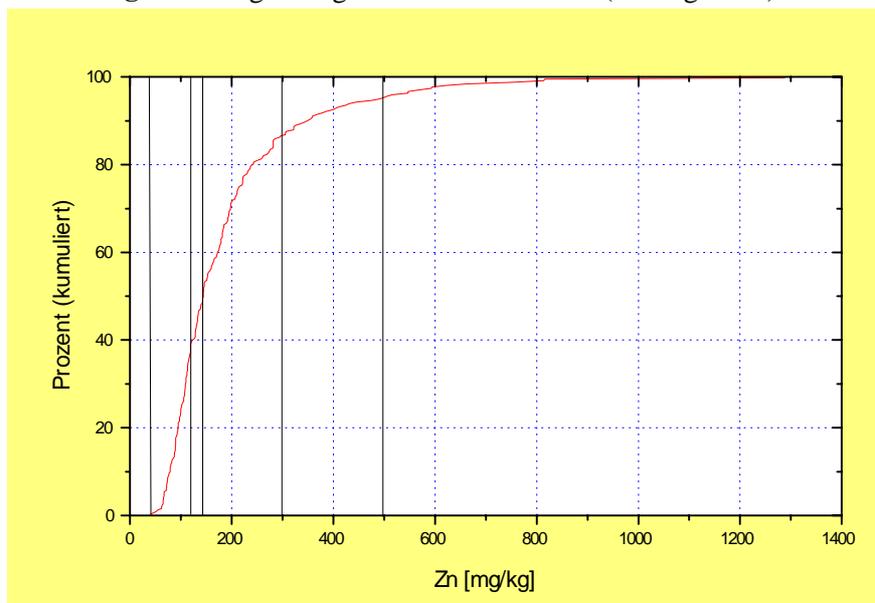
Grenzwerte: 30, 50, 70 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
 100 mg/kg LAGA (Z 0), Eikmann/Kloke (multifunktional), „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
 150 mg/kg Deponieverordnung

Abbildung 22: Quecksilbergesamthehalte im Oberboden (Wien gesamt)



Grenzwerte: 0,1, 0,3, 0,7 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
 0,3 mg/kg LAGA (Z 0)
 0,5 mg/kg Eikmann/Kloke (multifunktional)
 0,7 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
 1,0 mg/kg Deponieverordnung

Abbildung 23: Zinkgesamthehalte im Oberboden (Wien gesamt)



Grenzwerte: 40, 100, 140 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Grenzwert für Erde A, bodenabhängig)
 120 mg/kg LAGA (Z 0)
 150 mg/kg Eikmann/Kloke (multifunktional)
 300 mg/kg „Erden-Studie“, Entwurf KompostVO (Erde B)
 500 mg/kg Deponieverordnung

9. Beurteilung der Einzelergebnisse

9.1. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

9.1.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung

Die mittlere PAK-Konzentration in Wien bewegt sich im Bereich der Grenzwerte für Baurestmassendeponien, wobei mehr als 50% aller Proben den Grenzwert von Bodenaushubdeponien überschreiten. V.a. im Gebiet innerhalb des Gürtels ist der Boden besonders belastet und überschreitet im Mittel nur knapp die Grenzwerte für Baurestmassendeponien (2,0 mg/kg) nicht (ausreißerbereinigter Mittelwert: 1,94 – 1,96 mg/kg). Die unbelastetsten Böden finden sich in den westlichen Bezirken 14 – 19 und Stadtrandgemeinden, wo sowohl Mittelwert, als auch Median am niedrigsten sind, allerdings der Mittelwert ebenfalls den Grenzwert für Bodenaushubdeponien von 0,50 mg/kg überschreitet.

9.1.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken

Gemäß Eikmann und Kloke gilt für Oberböden, die für multifunktionelle Nutzung geeignet sein müssen, ein Grenzwert von 1 mg/kg Trockensubstanz für den Einzelparameter Benzo(a)pyren, der von einer Vielzahl der Proben, die gemäß Deponieverordnung die Grenzwerte für Bodenaushubdeponien, aber auch Baurestmassendeponien überschreiten, eingehalten wird und wienweit bei 177 Proben nur von fünf Proben überschritten wird.

Gemäß LAGA werden die 16 EPA-PAK für die Zuordnungswerte zuteilung herangezogen. Für den uneingeschränkten Wiedereinbau gelten 1 mg/kg, die als oberste regional vorkommende Gehalte angenommen werden, für den eingeschränkten offenen Einbau ohne technische Sicherungsmaßnahmen (Zuordnungswert 1.1) 5 mg/kg, wobei die Konzentrationen der Einzelparameter Benzo(a)pyren und Naphthalin kleiner als 0,5 mg/kg sein müssen. Dabei ist v.a. Augenmerk auf das Schutzgut Grundwasser, sowie die geplante Nutzung zu legen.

Der Zuordnungswert 1.2 (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) beträgt für die EPA-PAK 15 mg/kg, wobei die Konzentrationen der Einzelparameter Benzo(a)pyren und Naphthalin kleiner als 1 mg/kg sein müssen. Ab einem Schadstoffgesamtgehalt von 20 mg/kg ist der Boden zu deponieren.

Da die aktuellen Analysenergebnisse nur die 6 PAK nach DIN umfassen, kann dieses Regelwerk nicht für die Einstufung der Böden herangezogen werden. Allerdings kann anhand der Benzo(a)pyren-Analysenergebnisse eine Abschätzung durchgeführt werden, wie sich die Anwendung dieser Grenzwerte auswirken würde. Unter der Annahme, daß die Analysenergebnisse der 16 PAK und des Naphthalins eingehalten werden, wären von den 177 Proben 5 zu deponieren, 8 Proben wären begrenzt mit technischen Sicherungsmaßnahmen einbaufähig, die restlichen Proben uneingeschränkt offen.

In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung finden sich Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch von 2 mg/kg Benzo(a)pyren für Kinderspielflächen, 4 mg/kg für Wohngebiete, 10 mg/kg für Park und Freizeitanlagen und 12 mg/kg für Industrie und Gewerbegrundstücke. Vorsorgewerte für den Feinboden werden nach Humusgehalt unterschieden, wobei für Humusgehalte über 8% 1 mg/kg Benzo(a)pyren und 10 mg/kg EPA-PAKs, für Humusgehalte unter 8% 0,3 mg/kg Benzo(a)pyren und 3 mg/kg an PAK (EPA) gelten. Das bedeutet, daß das untersuchte Material nur in 3 Fällen den strengsten Prüfwert überschreitet und, unter der wegen der Entnahmetiefe legitim erscheinenden Annahme, daß der Humusgehalt unter 8 % liegt und die Grenzwerte der EPA-PAK eingehalten werden, in 23 Fällen der Vorsorgewert. Allerdings muß erneut darauf hingewiesen werden, daß es sich um eine Beurteilung von Feinboden handelt, weshalb diese Vergleichsdaten nur als Richtwert betrachtet werden können.

9.2. Kohlenwasserstoffe

9.2.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung

Für die KW-Konzentration in Wien gilt, daß die mittlere Konzentration im Grenzwertbereich von Baurestmassendeponien liegt, allerdings mehr als 50% der Analysenergebnisse unter der Bestimmungsgrenze liegen. Bei diesem Parameter zeigt sich, daß die KW-Belastung v.a. in den Bezirken 14 - 19 erhöht sind. Das liegt v.a. daran, daß die Asphaltqualität in verkehrsmäßig stärker genutzten Gebieten besser ist und kompaktere Asphaltschichten verwendet werden, die bei Straßenbautätigkeiten nicht in Teile zerfallen und somit die Belastung des Bodenaushubs geringer ist. Trotz sorgfältiger Probenahme ist es kaum möglich Feinanteile vom Asphalt völlig auszuschließen, wobei dieser Asphaltanteil auch den realen Anlieferungsbedingungen an die Deponie entspricht.

9.2.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken

Der Kohlenwasserstoffgesamtgehalt ist gemäß Eikmann und Kloke nicht maßgeblich für die Zuordnung von Grund-, Toleranz- und Toxizitätswerten.

Laut LAGA sind Materialien bis 100 mg/kg KW-Gehalt für den uneingeschränkten Einbau geeignet. Bis 300 mg/kg können Böden eingeschränkt offen eingebaut werden, sofern keine Gefährdung für das Schutzgut Grundwasser zu befürchten ist und bis 500 mg/kg ist ein Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen möglich. Das bedeutet, daß wienweit das Material von 174 Probenahmestellen uneingeschränkt offen eingebaut werden könnte, und nur von drei deponiert werden müßte.

9.3. Schwermetalle

9.3.1. Bewertung gemäß Deponieverordnung

Sämtliche Schwermetallwerte liegen unter den Grenzwerten von Bodenaushubdeponien. Einzig die Bleiwerte in den Oberböden erreichten im Jahr 1995 in den Oberböden nahe stark befahrenen Straßen kritische Werte, die allerdings durch den Ersatz von Tetraethylblei in den Treibstoffen abnehmend ist. Dazu sei allerdings auf den Bodenzustandsbericht der MA22 verwiesen.

9.3.2. Bewertung gemäß den in Kapitel 7 angeführten Regelwerken

Gemäß Eikmann/Kloke ist die mittlere Belastung der Wiener Böden mit Schwermetallen dem Bodenwert 1 zuzuordnen, der den oberen geogen und pedogen bedingten Ist-Wert natürlicher Böden ohne wesentliche anthropogen bedingte Einträge entspricht. Bei einzelnen Proben kommt es allerdings zu Überschreitungen dieses Wertes, die Nickel, Kupfer, Quecksilber und Zink betreffen. Ein Analysenergebnis für Kupfer entspricht dem Bodenwert 3, bei dem Schäden an Schutzgütern wie Pflanze, Tier und Mensch, sowie an Nutzungen und Ökosystemen erkennbar werden, die anderen Überschreitungen des Orientierungswertes BW 1 führen trotz dauernder Einwirkung zu keiner negativen Beeinflussung der normalen Lebens und Leistungsqualität.

Nach LAGA liegen die Mittelwerte der Schwermetallgesamtgehalte außer für Kupfer unter dem Zuordnungswert Z0. Die Überschreitung bei Kupfer ist jedoch durch eine Einzelprobe bedingt, die mit 265 mg/kg den Durchschnittswert über Z0 hebt. Das Material, das durch diese Probe charakterisiert wird, wäre nicht mehr wiederverwertbar, sondern müßte deponiert werden.

Bei Nickel übersteigen die selben drei Proben, die gemäß Eikmann und Kloke nicht mehr dem geogenen Ist-Wert entsprechen, den Zuordnungswert Z0, das Material könnte aber eingeschränkt (ohne technische Sicherungsmaßnahmen) wiederverwendet werden. Quecksilberwerte werden dreimal überschritten, allerdings wäre eine Wiederverwertung möglich. Das selbe gilt für einen überschrittenen Zink-Wert.

Gemäß dem Entwurf der Verordnung betreffend Qualitätsanforderungen an Kompost aus Abfällen überschreiten die Oberböden Wiens in hohem Ausmaß die Grenzwerte für die Schadstoffklasse A für Bodenaushub aus der „Erden-Studie“, wobei dadurch, daß keine Porositäten der Bodenproben bekannt sind, eine genaue Klassifizierung nicht möglich ist. Zieht man als Mittelwert die Grenzwerte für Schluff/Lehm heran, so treten Grenzwertüberschreitungen bei bis zu 80 % der Proben auf (Zn) (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Grenzwertüberschreitungen (Prozent d. Proben) für Erden der Klasse A („Erden-Studie“)

As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn
12%	22%	3%	62%	45%	70%	30%	80%

Bei den tiefer gelegenen Bodenschichten tritt im Mittelwert jedoch nur eine Überschreitung des Kupfergrenzwertes ein.

10. Praktische Anwendung der Deponieverordnung

Von den 19 anonymisierten Gesamtbeurteilungen, die von sechs anderen Zivilingenieurbüros vorliegen, enthalten nur 10 Analysenergebnisse für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, wobei bei drei Zuordnungen zu Reststoffdeponien zweimal die Fußnote der Tabelle 3, Anlage 1 der Deponieverordnung angewandt wird, die besagt, daß für Böden und Erden höhere Grenzwerte zulässig sind, sofern der Anteil humus- oder torfreichen oder mit Strukturmaterial versetzten Bodens nicht mehr als 10 Volumsprozent der gesamten, auf der Deponie abgelagerten Abfälle beträgt.

Da unseres Wissens derzeit im Raum Wien keine Baurestmassendeponie existiert, deren wasserrechtlicher Bescheid höhere Grenzwerte für PAK enthält, müßte das Material auf einer Reststoff-, bzw. Massenabfalldéponie abgelagert werden.

Bei den übrigen 9 Gesamtbeurteilungen wird für die PAK die Anmerkung „a“ der Anlage 6 der Deponieverordnung herangezogen (kommt in diesem Abfall nicht vor, eine Kontamination ist nicht zu befürchten, wurde daher nicht bestimmt).

Kohlenwasserstoffgesamtgehalte wurden im Gegensatz zu den PAK bis auf drei Ausnahmen bestimmt, Schwermetalle zumeist nur im Eluat, bzw., wenn, dann nur ausgewählte Gesamtgehaltparameter.

Insgesamt betrachtet ergab sich für den von der ESW-Consulting Wruss Ziviltechniker GesmbH beprobten und gemäß Deponieverordnung bewerteten Bodenaushub (Gesamtkubatur ca. 55000 t) ein Mengenverhältnis von 55 % Bodenaushubqualität, 38 % auf Baurestmassen- und 7 % auf Reststoff- bzw. Massenabfalldéponien deponierbarem Material, wobei KW- und PAK-Gesamtgehalte in der Regel ausschlaggebend für die Zuordnung waren.

11. Zusammenfassung

Insgesamt wurden für die Bestandsaufnahme von Bodenbelastungen in Wien 177 Analysendaten von Gesamtgehalten an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und Kohlenwasserstoffen aus dem Jahr 1999 von Böden aus Wien, bzw. Umlandgemeinden, sowie 24 Schwermetallgesamtgehalte von Proben aus dem Wiener Stadtgebiet statistisch ausgewertet und anhand gängiger Beurteilungstabellen bewertet. Dazu wurde ebenso der Parameter Benzo(a)pyren herangezogen, der bei der Bewertung wegen seiner toxikologischen Relevanz wesentlich ist.

Um abzuklären, ob die Probenmenge durch Fremddaten erweiterbar ist, wurden weitere Vergleichsmessungen von Schwermetallgehalten von bereits von der MA22 analysierten Bodenproben nach einem Aufschluß gemäß DEV S7 durchgeführt. Die Analyseergebnisse stimmen weitgehend überein, so daß angenommen werden kann, daß auch Datenmaterial aus anderen Laboratorien herangezogen werden können.

Weiters wurde der Einfluß unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Analyseergebnisse von PAK-Bestimmungen experimentell ermittelt, wobei sich zeigte, daß ohne die Kenntnis der Probenvorbehandlung Werte unterschiedlicher Laboratorien nicht vergleichbar sind und weiterer Normierungsbedarf für die Probenvorbereitung besteht.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Belastung von Wiener Boden mit PAK laut den „Nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerten für Schadstoffe in Böden (Eikmann/Kloke) bis auf wenige Ausnahmen gering ist und fast ausschließlich den Kriterien für multifunktionale Nutzungsmöglichkeiten entspricht. Ebenso ist die Schwermetallbelastung der Böden im geogenen Bereich zu sehen und wird daher als nicht besorgniserregend eingestuft.

Laut den Zuordnungswerten der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) bietet sich ein ähnliches Bild, wobei allerdings bei den PAK-Analysen nur der Benzo(a)pyren-Gehalt für die Beurteilung herangezogen werden konnte, weil nur die 6 DIN-Kongenerer routinemäßig analysiert worden sind und LAGA die 16 EPA-PAKs zur Bewertung heranzieht.

Letzteres gilt auch für die deutsche Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, nach der ebenfalls die Belastung mit PAK und Schwermetallen nicht zu zwingendem Handlungsbedarf führt.

Die Belastung mit Kohlenwasserstoffen, die v.a. auf Asphaltbruchstücke zurückzuführen ist, führt laut den LAGA-Zuordnungswerten nur in Ausnahmefällen zur Notwendigkeit der Deponierung.

Insgesamt betrachtet würde sich demgemäß der Großteil des analysierten Bodenaushubes für eine Wiederverwertung eignen, was im Widerspruch zur derzeit notwendigen Bewertung

von: ESW Consulting Wruss
an : Magistratsabteilung 22
wo/b00 0003

Seite 34 von 34

gemäß der Deponieverordnung steht, nach der wegen Grenzwertüberschreitungen an PAK und KW nur etwa die Hälfte aller Proben den Kriterien einer Bodenaushubdeponie entsprechen.

Stichworte: Boden, Wien, Kontaminationen, Deponierung, Verwertung, PAK, PAH, KW, HC, Schwermetalle, HM, Eikmann/Kloke, LAGA, Trocknungsmethoden, Benzo(a)pyren, Deponieverordnung

Dr. G. Woisetschläger DI S.Musser Dr. A. Lindlbauer Univ. Prof. Dr. W. Wruss

Anlagen:

- Analysenergebnisse der Bodenanalysen
- Verwendete Methoden und Bestimmungsgrenzen
- Tabellen der verwendeten Richt- und Regelwerke
- Description and Conclusion of the Study

Anlage 1

Analyseenergebnisse

Anmerkungen:

Probenbezeichnung: Bezirke sind durch das Präfix gekennzeichnet

Asphalt: Bei der Probenahme wurden nennenswerte Anteile an Asphaltbruch im Aushubmaterial wahrgenommen.

Baurestmassen: Bei der Probenahme wurden nennenswerte Anteile an Asphaltbruch im Aushubmaterial wahrgenommen.

Verbrennungsprodukte: Bei der Probenahme wurden nennenswerte Anteile an Asphaltbruch im Aushubmaterial wahrgenommen.

Ausreißer sind grau hinterlegt und bei den ausreißerbereinigten Werten nicht berücksichtigt.

Bezirke 21 und 22

Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Baurestmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
21-001	0,5 - 2,7		X			0,55	<10	0,08	166	90	52	80	75
21-002	0,0 - 1,1		X			0,48	<10	0,07	118	109	35	59	89
21-003	0,0 - 1,1					0,74	<10	0,11	128	189	56	100	154
21-004	0,12 - 0,7	X		X		3,5	54	0,51	1041	79	239	472	410
21-005	0,4 - 1,7					2,76	<10	0,46	641	414	207	389	340
21-006	0,1 - 2,2	X				1,09	21	<0,02	552	187	68	74	84
21-007	0,1 - 1,6	X				1,6	18,5	0,19	514	349	112	155	168
21-008	0,25 - 2,7	X		X		0,38	19,5	0,06	105	89	36	43	51
21-009	0,25 - 2,7	X		X		1,6	19,5	0,05	1260	171	68	24	32
21-010	0,1 - 2,2					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
21-011	0,05 - 2,1	X				4,4	105	0,60	1459	916	287	596	577
21-012	0,2 - 1,9		X		X	0,3	15	0,04	110	69	18	36	34
21-013	0,2 - 2	X				0,17	14	0,02	57	44	12	20	16
21-014	0,3 - 1,5		X			2,5	<10	0,27	1006	429	205	267	322
21-015	0,05 - 1		X	X		0,84	<10	0,12	298	180	58	109	76
21-016	0 - 1,5	X		X		0,72	<10	0,10	221	132	54	84	124
21-017	0,05 - 1,1					<0,12	<10	0,01	16	16	3	12	7
21-018	0,0 - 1,1					<0,12	<10	0,01	40	36	14	43	12
21-019	0,1 - 1,9		X			1,9	13	0,25	597	389	129	294	234
21-020	0,0 - 1,5					0,53	14	0,08	169	115	41	62	60
21-021	0,2 - 1,9					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
21-022	0,2 - 1,45					6,9	11	1,00	2635	1302	474	719	733
21-023	0,2 - 2,65		X			1,1	<10	0,14	491	211	78	105	82
21-024	0,2 - 1,7	X	X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
21-025	0,25 - 1,9	X				0,58	15	0,09	181	123	39	92	61

Bezirke 21 und 22

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Baurestmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
21-026	0,2 - 2	X				1,1	32	0,14	316	229	70	148	142
21-027	0,15 - 1	X	X			4,9	101	1,00	928	1187	433	637	752
21-028	0,1 - 1,9		X			<0,12	42	0,01	25	13	4	2	9
21-029	0,1 - 2,2	X	X			1,9	12,4	0,25	775	375	123	220	205
21-030	0,0 - 1,2	X				2,8	<10	0,37	1168	521	197	292	268
21-031	0,15 - 2					0,24	<10	0,03	51	48	15	26	26
21-032		X	X			0,91	<10	0,13	275	206	52	125	121
21-033		X	X			1	25	0,14	320	224	57	133	135
21-034	0,1 - 1,7	X	X			0,63	46	0,09	210	134	48	71	69
21-035	0,1 - 2					1,5	<10	0,21	285	308	110	184	409
22-001	0,05 - 2					<0,12	<10	<0,02	<30	<20	<20	<20	<20
22-002	0,1 - 1,6	X				0,61	<10	0,09	217	85	44	78	63
22-003	1,7 - 1,8	X	X			2,55	<10	0,23	1401	366	162	173	215
22-004	0,9 - 1,2	X				<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
22-005	0,1 - 1,4					1,4	38	0,19	398	304	95	174	191
22-006	0,05 - 1,3	X	X			5,6	12	0,76	2344	1060	365	555	478
						Minimum	<0,12	<10	<0,02				
						Maximum	6,9	105	9,98				
						Mittelwert	1,41 - 1,43	14,9 - 19,9	0,20				
						Median	0,84	<10	0,10				
Ausreißerbereinigt:						Minimum	<0,12	<10					
						Maximum	5,9	54					
						Mittelwert	1,27 - 1,29	10,4 - 15,7					
						Median	0,79	<10					

Bezirke 1 - 9 und 20

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Baurestmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
01-001	0,2 -1,8	X		X		7,1	<10	0,95	3560	1260	380	690	260
01-002	0,15 - 1,55	X				2	<10	0,27	755	402	113	243	85
01-003	0,05 - 2		X			1,8	<10	0,22	857	194	110	207	204
02-001	0,0 - 2	X				0,76	<11	0,10	199	142	47	103	92
02-002	0,25 -1,7					0,59	36	0,08	176	121	36	102	83
03-001		X				0,29	<10	0,04	97	61	20	31	42
03-002	0,5 - 3	X	X			5,9	18	0,79	2054	1312	456	605	655
03-003	0,0 - 8	X	X			2,2	<10	0,33	753	489	153	204	244
03-004	0,0 - 1,8	X				<0,12	<10	0,02	41	30	8	8	15
03-005	0 - 2			X		0,91	24	0,12	268	184	71	131	131
03-006	0,15 - 2,5	X				0,2	53	0,01	194	21	<10	<10	<10
04-001	0,35-1,2					3,1	17	0,33	1261	434	203	268	274
05-001	0,2 - 1,6	X				<0,12	<10	<0,02	<10	<10	<10	<10	<10
05-002	0 - 2	X	X			0,48	31	0,07	169	105	31	52	57
05-003	0,4 - 1,9	X				14	111	1,18	5822	2881	1011	1529	1715
05-004	0,2 - 1,9	X				1,4	<10	0,15	571	209	70	137	94
05-005	0,4 - 2			X		1,1	<10	0,12	289	240	84	139	127
05-006	0,4 - 1,8					<0,12	<10	<0,02	22	8	1	0	0
05-007	0,4 - 2			X		0,21	<10	0,02	48	40	13	33	17
07-001						0,37	88	0,05	123	87	28	63	22
07-002						0,32	42	0,04	138	51	21	35	34
07-003	0,3 - 1,6					6	11	0,80	1962	1254	432	737	798
07-004	0,1 - 2		X			0,46	26	0,06	163	90	32	54	62
08-001	0,3 - 1,6					0,78	<10	0,12	254	159	54	102	95
09-001	0,5 - 1,6	X				33	69	3,78	12609	4900	2078	2969	3096
09-002	0,5 - 1,5					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
09-003	0,15 -1,9	X	X			0,5	<10	0,07	131	110	38	66	78
Minimum						<0,12	<10	<0,02					
Maximum						33	111	3,78					
Mittelwert						3,09 - 3,10	19,5 - 24,5	0,36					
Median						0,76	<10	0,10					
Ausreißerbereinigt:													
Minimum						<0,12							
Maximum						14							
Mittelwert						1,94 - 1,96							
Median						0,68							

Bezirke 14 - 19

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Bauresmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
14-001	0,2 - 1,2	X				<0,12	108	0,01	25	19	6	15	8
14-002	0,2-1,2		X			<0,12	<10	0,01	20	14	4	10	8
14-003	0,3 -2					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
14-004	0-2		X			1,3	<10	0,20	291	325	106	157	201
14-005	0,15 - 1,5					0,67	78	0,09	210	134	40	99	94
14-006	0,2 - 2		X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
14-007	0,0 - 1,2					8,4	67	1,15	3052	1654	576	1063	898
14-008	0,2 - 1,4					<0,12	20	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
15-001	0,25 - 1,55					<0,12	<10	<0,02	14	<10	<10	<10	<10
15-002	0,3 - 1,65					0,25	46	0,04	56	64	18	45	32
16-001	0,7 - 1,75					0,47	<10	0,05	213	83	30	52	45
16-002	0,1 - 0,7					<0,12	<10	<0,02	<10	<10	<10	<10	<10
16-003	0,2 -1,4					0,49	39	0,07	188	109	38	47	64
16-004	0,03 - 1,8	X				0,6	<10	0,08	165	112	34	73	63
16-005	0,1 - 3					0,26		0,02	49	26	10	19	139
16-006						22	83	3,28	7709	5410	1743	1594	2369
16-007	0,1 - 1,7					<0,12	31	0,00	51,426	22	11	11	17
17-001	0,2 -1,7					0,25		0,03	81	53	17	29	36
17-002	0,4 - 1,5					<0,12	32	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-003						<0,12	29	<0,02	56	23	11	5	17
17-004	0,4 - 1					<0,12	<10	<0,02	27	<20	<20	<20	<20
17-005	0,4 - 1					<0,12	<12	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-006	0,4 - 1					<0,12	<12	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-007	0,4 - 1					<0,12	<12	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-008	0,15 - 1,3					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-009	0,2 -1,2					0,32	<10	0,05	71	85	29	40	42

Bezirke 14 - 19

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Baurestmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
17-010	0,2 - 2,2					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
17-011	0,0 - 1,4					0,31	11	0,04	110	62	21	43	37
18-001	0,4 - 2,8					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
18-002	0,3 - 1,8		X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
19-001		X				1,5	13	0,22	480	286	119	197	215
19-002						3,3	192	0,36	1777	447	177	310	223
19-003	1,3					0,68	170	0,08	222	146	42	88	95
19-004	0,0-1,0					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
19-005		X				0,27	278	0,04	84	62	15	46	25
19-006		X	X			0,8	98	0,10	261	172	48	110	112
19-007	0,15 -2,2		X			0,76	97	0,07	409	126	48	49	54
19-008	0,0 - 1,7					1,4	<10	0,11	566	248	128	138	197
19-009	0,25 - 1,4		X		X	4,8	59	0,72	1201	1298	403	456	673
		Minimum				<0,12	<10	<0,02					
		Maximum				22	278	3,28					
		Mittelwert				1,25 - 1,31	39,2 - 44,0	0,18					
		Median				0,25	<12	0,02					
Ausreißerbereinigt:		Minimum				<0,12	<10						
		Maximum				8,4	192						
		Mittelwert				0,71 - 0,76	32,6 - 37,5						
		Median				0,13 - 0,18	<12						

Bezirke 10 - 13 und 23

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Baurestmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperlyen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
10-001	0,5 - 1,7		X			0,36	49	0,05	133	68	22	50	42
10-002	0,1 - 1,6		X			<0,12	<12	0,01	26	25	6	13	11
10-003	0,1 - 1,3					1,4	<10	0,18	352	422	124	214	150
10-004	0,15 - 2					0,16	30	0,02	79	30	10	14	12
10-005	0 - 0,3					<0,12	<10	<0,02	6	2	1	<2	<2
10-006	0 - 0,2					<0,12	<10	<0,02	5	53	1	0	1
10-007	0 - 0,3					<0,12	<10	<0,02	29	12	5	8	10
10-008	0 - 0,5					<0,12	<10	<0,02	7	2	1	<2	<2
10-009	0 - 0,2					<0,12	<10	<0,02	2	<2	<2	<2	<2
10-010	0,1 - 5					0,19	<10	0,02	79	34	13	24	18
10-011	0,2 - 5					<0,12	<10	<0,02	4	3	2	3	3
10-012	0,15 - 2,2	X				0,2	96	0,04	101	62	17	31	39
11-001	0,0-2		X			11	71	0,38	5184	2081	659	990	1166
11-002		X	X			<0,12	76	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
11-003		X				3,6	1741	0,36	1777	447	177	310	223
11-004	0,0 - 1,7					0,18	<10	0,02	59	41	13	15	30
11-005	0,05 - 1,9		X			<0,12	<10	0,01	31	21	7	6	11
11-006	0,15 - 2		X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
12-001	1,5	X		X		0,89	<12	0,10	184	169	50	132	133
12-002	0,15 - 1,8					0,6	98	0,07	223	119	40	47	60
12-003						0,38	70	0,02	186	56	23	26	30
12-004	0,03 - 2,1					0,5	<10	0,07	189	103	34	64	48
12-005	0,03 - 1,9	X				1,8	12	0,22	644	359	129	209	241
12-006	0,08 - 1,4	X				1,3	<10	0,17	607	257	91	51	101
12-007	0,0 - 2					1,4	<10	0,22	332	330	116	225	202
12-008	0,5 - 1,4					1,3	<20	0,17	492	250	86	156	150

Bezirke 10 - 13 und 23

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Bauresmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
12-009	0,4 - 2,8					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
12-010						<0,12	<12	<0,02	72	22	9	0	12
13-001		X				0,89	97	0,13	300	178	66	117	102
13-002	0,15 - 1,6					7	<10	0,79	3760	1098	393	500	453
13-003	0,2 - 1,6		X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
13-004	0,05 -1,2		X			0,21	14	0,02	83	40	14	30	24
13-005	0,1 -1,6					1,2	<10	0,17	462	238	98	136	126
13-006	0,1 -1,8	X				0,42	3495	0,06	152	87	31	47	43
23-001	0,0 - 1,9		X			6,8	32	0,47	2838	993	452	514	632
23-002	0,0 - 1,7	X				0,78	<10	0,12	223	179	61	90	109
23-003	0,2 - 1,95					2,6	<10	0,37	783	588	153	339	346
23-004	0,15 - 2					3,9	<10	0,51	1447	860	273	415	387
23-005	0,2 - 1,4	X	X			1,4	72	0,23	237	380	94	179	255
23-006	0,3 - 2,2		X			0,2	16	0,03	58	44	15	24	29
23-007	0,3 - 1,9		X			<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
Ausreißerbereinigt:	Minimum					<0,12	<10	<0,02					
	Maximum					11	3495	0,79					
	Mittelwert					1,24 - 1,27	147,3 - 155	0,13					
	Median					0,36	<10	0,04					
	Minimum					<12	<10						
	Maximum					7	98						
	Mittelwert					0,99 - 1,03	17,2 - 25,4						
	Median					0,29	<10						

Stadtrandgemeinden

Fortsetzung der Tabelle 1: Proben- und Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Summe KW, Summe PAK, Kongenerenmuster

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m]	Asphalt	Bauresmassen	Gewachsener Boden	Verbrennungsprodukte	Summe PAK [mg/kg]	Summe KW [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(b)Fluoranthen [µg/kg]	Benzo(k)Fluoranthen [µg/kg]	Benzoperylen [µg/kg]	Indenopyren [µg/kg]
24-001	0,15 - 2,1					<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
24-002	0,1 - 2,3	X	X			<0,12	15,9	0,01	37	23	7	8	6
24-003	0,15 - 2					0,16	17	0,02	79	30	10	14	12
24-004	0,2 - 2,2					0,72	<10	0,10	100	172	38	162	145
24-005	0 - 2,1	X				0,16	14,7	0,02	56	35	11	13	20
24-006	0,1 - 2,2	X				0,39	<10	0,06	131	92	30	42	38
24-007	0,0 - 2,3			X		0,39	<10	0,04	124	62	20	28	36
24-008	0,0 - 2,2					0,23	90	0,02	113	30	11	14	15
24-009	0,4 - 2,3	X				1,3	<10	0,14	651	210,3	79	110	118
24-010	0,0 - 1,9					<0,12	14	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
24-011	0,05 - 1,75			X		<0,12	<10	0,01	29	9	3	5	5
24-012	0,25 - 2		X			2,6	40	0,36	513	650	180	488	392
24-013	0,25 - 1,8					0,35	<10	0,05	95	71	24	50	31
24-014	0,15 - 2					0,15	<10	0,02	60	30	10	13	19
24-015	0,1 - 1,8					0,31	34	0,04	97	61	19	29	26
24-016	0,1 - 1,3	X		X		0,39	<10	0,06	123	87	28	54	40
24-017	0,15 - 2	X	X			4,2	<10	0,45	1932	834	293	324	380
24-018	2					0,35	452	0,07	75	99	32	27	34
24-019	0 - 2					0,45	<10	0,06	127	102	32	62	62
24-020	0,0 - 1,9			X		<0,12	<10	<0,02	<20	<20	<20	<20	<20
24-021	0,05 - 1,95					<0,12	<10	<0,02	5	5	<20	<20	<20
24-022			X			2	70	0,29	660	420	142	283	223
24-023		X				1,2	31	0,13	445	239	67	127	179
24-024	0,0 - 2,1	X	X			3,1	<11	0,38	1084	506	203	343	261
24-025	0,1 - 1,8	X	X			<0,12	<10	<0,02	<10	<10	<10	<10	<10
24-026	0,1 - 1,4	X	X			<0,12	15	<0,02	<30	<30	<30	<30	<30
Minimum						<0,12	<10	<0,02					
Maximum						4,2	452	0,45					
Mittelwert						0,71 - 0,74	27,1 - 35,8	0,09					
Median						0,33	<10	0,04					
Ausreißerbereinigt:						Minimum	<0,12	<10					
						Maximum	3,1	90					
						Mittelwert	0,57 - 0,61	10,0 - 19,1					
						Median	0,31	<10					

Wien gesamt

Tabelle 2: Analysendaten (Schadstoffgesamtgehalte) Schwermetalle in mg/kg TS

Probenbezeichnung	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Ni	Hg	Zn
02-003		19	0,9	<0,02				0,15	52
05-008		39	<0,15	5,6		19			48
05-009		62		14		265			
05-010		16		8,3		18			
06-001*	1,7	52	<0,3	18	9	30	28	0,57	95
10-013*		9,1	<0,33	24	8,2	18	25	<0,3	34
10-014*		10,75	<0,33	28,4	9,7	22	28,8	<0,3	50
10-015*	6,7	<3,2	<0,3	29	9	16	42	<0,3	122
11-007		9,8		6,2		7,8			
11-008		35		5,1		22			
16-008*	16	10	<0,33	22	7,7	31,6	28	0,3	129
16-009	6,2	6,2	0,2	4,8	21,3	15,9	28,9	0,3	37
16-010	0,9	6,7	<0,2	6,2	4,3	14,1	13,9	0,2	35,2
17-012	1,6	16,1	<0,2	5,6	4	20,8	12,1	0,27	36,2
19-010*	4,5	16	<1,3	-	19	22	25	<0,26	51
19-011*	3,6	22	<0,32	10	3,9	140	12	<0,3	30
20-001*	20	6,7	<0,33	20,2	29,6	37	28,3	2,02	
21-037*	5,2	33	<0,3	18	6,4	38	22	<0,3	217
21-038*	5,2	33	<0,3	15	5,2	28	49	<0,3	267
22-007		15				<5	15		13
22-008	<2	34	0,3	40	16	27	46	<1	64
Minimum	0,9	6,2	0,2	4,8	3,9	7,8	12	0,15	13
Maximum	20	62	0,9	40	29,6	265	49	2,02	267
Mittelwert	6,5	22,6	0,4	15,6	11,0	41,7	26,9	0,4	80,0
Median	5,2	16,05	0,31	14,5	8,6	22	28	0,3	50,5

* Analysenergebnisse ESW

Anlage 2

Verwendete Methoden und Bestimmungsgrenzen

Analysenmethoden u. Bestimmungsgrenzen für gering belastete I **im Eluat** **im Feststoff**

Meßgröße	Norm	Einheit	Bestg.	Fehlergrenze	Einheit	Bestg.	Fehlergrenze
pH-Wert	DIN 38 404 Teil 5			3% absolut			
el. Leitfähigkeit	ÖNORM EN 27888	mS/m	1	0,1			
Abdampfrückstand (Filtrattrockenrückstand)	DIN 38 409 Teil 1	mg/kg TS	200	20			
Aluminium (als Al)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Antimon (als Sb)	eigenes Verfahren	mg/kg TS	0,05	0,01			
Arsen (als As)	DIN 38405 Teil18	mg/kg TS	0,02	0,004	mg/kg TS	0,67	0,14
Barium (als Ba)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Beryllium (als Be)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,01	0,002			
Blei (als Pb)	DIN 38 406 T6	mg/kg TS	0,1	0,02	mg/kg TS	3,3	0,66
Bor (als B)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Cadmium (als Cd)	DIN 38 406 T19	mg/kg TS	0,01	0,002	mg/kg TS	0,33	0,066
Calcium (als Ca)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	100	20			
Chrom gesamt (als Cr)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Chrom VI (als Cr)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg FS	0,5	0,1
Eisen (als Fe)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1			
Kobalt (als Co)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Kupfer (als Cu)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Magnesium (als Mg)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	100	20			
Mangan (als Mn)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1			
Nickel (als Ni)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Quecksilber (als Hg)	DIN 38406 Teil12	mg/kg TS	0,01	0,002	mg/kg TS	0,33	0,033
Selen (als Se)	ÖNORM M6604	mg/kg TS	0,02	0,004			
Silber (als Ag)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66
Thallium (als Tl)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,1	0,02			
Vanadium (als V)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1			
Zink (als Zn)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg TS	3,3	0,66

Analysenmethoden u. Bestimmungsgrenzen für gering belastete I im Eluat im Feststoff

Meßgröße	Norm	Einheit	Bestgr.	Fehlergrenze	Einheit	Bestg.	Fehlergrenze
Zinn (als Sn)	ÖNORM M 6279	mg/kg TS	0,2	0,04	mg/kg TS	1,3	0,26
Ammonium (als N)	ÖNORM ISO 7150 Teil1	mg/kg TS	0,4	0,04			
Chlorid (als Cl)	ÖNORM M 6283	mg/kg TS	10	1			
Cyanid gesamt (als CN)	ÖNORM M 6285	mg/kg TS	0,06	0,006			
Cyanid leicht freisetzbar (als CN)	ÖNORM M 6285	mg/kg TS	0,06	0,006	mg/kg FS	0,06	0,006
Fluorid (als F)	ÖNORM M 6607	mg/kg TS	2	0,2			
Nitrat (als N)	ÖNORM M 6283	mg/kg TS	2,6	0,26			
Nitrit (als N)	ÖNORM EN 26777	mg/kg TS	0,03	0,003			
Phosphat (als P)	ÖNORM M 6283	mg/kg TS	3,3	0,33			
Sulfat (als SO4)	ÖNORM M 6283	mg/kg TS	10	1			
Sulfid (als S)	eigenes Verfahren	mg/kg TS	1	0,1			
TOC (als C)	ÖNORM M 6284	mg/kg TS	5	0,5	Gew. %	0,5	0,05
Glühverlust	ÖNORM M 6295				Gew. %	0,1	0,01
Summe Benzol, Toluol, Xylol (BTX)	DIN 38 407 Teil9	mg/kg TS	0,25	0,025	mg/kg FS	10	0,1
extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX) als Cl	DIN 38 409 Teil8	mg/kg TS	0,2	0,02	mg/kg FS	0,08	0,16
ausblasbare organisch gebundene Halogene (POX) als Cl	ÖNORM M6285	mg/kg TS	0,18	0,018	mg/kg FS	20	4
Kohlenwasserstoffe, gesamt	ÖNORM M6608	mg/kg TS	0,5	0,1	mg/kg FS	10	2
Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	eigenes Verfahren	mg/kg TS	0,012	0,002	mg/kg FS	0,12	0,024
Phenole (als Index)	ÖNORM M6286	mg/kg TS	0,1	0,01	mg/kg FS	0,5	0,1
Summe der polychlorierten Biphenyle (PCB)	DIN 38 407 Teil2	µg/kg TS	6	0,6	mg/kg FS	0,06	0,012
anionenaktive Tenside (als TBS)	DIN EN 903	mg/kg TS	0,5	0,05			
Mercaptane	eigenes Verfahren	mg/kg TS			mg/kg FS	10	1
Chemischer Sauerstoffbedarf	eigenes Verfahren	mg/kg TS	150	30			

TS.....Trockensubstanz
 FS.....Feuchtsubstanz

Anmerkung : Die Bestimmungsgrenzen können je nach Probenmenge, Trockensubstanz und nötigen Verdünnungen v

Anlage 3

Tabellen der verwendeten Richt- und Regelwerke

Tabelle 1: Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden

Dr. med. Th. Eikmann und Prof. Dr. A. Kloke

Nutzungsarten	BW	B(a)pyren	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	V	Zn
Multifunktionale Nutzung	BW I	1	20	1	30	50	50	0,5	5	40	100	1	50	150
Kinderspielplätze	BW II	1	20	2	30	50	50	0,5	5	40	200	5	50	300
	BW III	5	50	10	150	250	250	10	25	200	1000	20	200	2000
Haus- und Kleingärten	BW II	2	40	2	100	100	50	2	10	80	300	5	100	300
	BW III	5	80	5	400	350	200	20	50	200	1000	10	400	600
Spiel- und Sportplätze	BW II	1	35	2	30	150	100	0,5	5	100	200	5	50	300
	BW III	3	90	5	150	350	300	10	25	250	1000	20	200	2000
Park- und Freizeitanlagen	BW II	3	40	4	200	150	200	5	20	100	500	10	200	1000
	BW III	6	80	15	500	600	600	15	100	250	2000	50	800	3000
Industrie- und Gewerbeflächen	BW II	5	50	10	300	200	500	10	40	200	1000	15	200	1000
	BW III	10	200	20	600	800	2000	50	200	500	2000	70	800	3000

BW I: Oberer, geogen und pedogen bedingter Ist - Wert natürlicher Böden ohne wesentliche anthropogen bedingte Einträge.

BW II: Schutzgut- und nutzungsbezogener Gehalt der Böden, der trotz dauernder Einwirkung auf die jeweiligen Schutzgüter deren normale Lebens- und Leistungsqualität nicht negativ beeinflusst.

BW III: Gehalt im Boden, bei dem Schäden an Schutzgütern wie Pflanze, Tier und Mensch, sowie an Nutzungen und Ökosystemen erkennbar werden.

Tabelle 2: Darstellung der einzelnen Einbauklassen mit dazugehörigen Zuordnungswerten gemäß LAGA

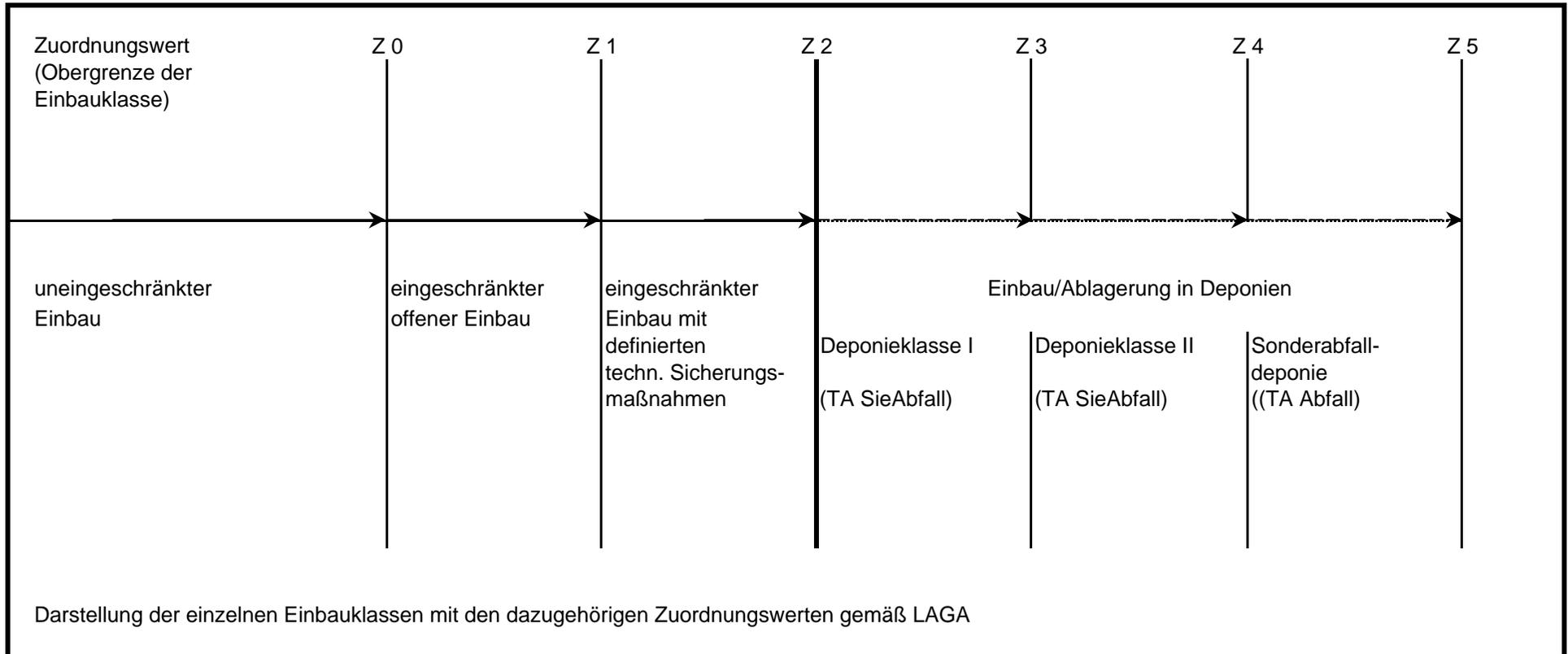


Tabelle 3: Zuordnungswerte gemäß LAGA

Parameter	Dimension	Zuordnungswert gemäß LAGA			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH- Wert ¹⁾		5,5 - 8	5,5 - 8	5 - 9	--
EOX	mg/kg	1	3	10	15
Kohlenwasser- stoffe	mg/kg	100	300	500	1000
Summe BTEX	mg/kg	<1	1	3	5
Summe LHKW	mg/kg	<1	1	3	5
Summe PAK n. EPA	mg/kg	1	5 ²⁾	15 ³⁾	20
Summe PCB (Congenere nach DIN 51527)	mg/kg	0,02	0,1	0,5	1
Arsen	mg/kg	20	30	50	150
Blei	mg/kg	100	200	300	1000
Cadmium	mg/kg	0,6	1	3	10
Chrom (ges.)	mg/kg	50	100	200	600
Kupfer	mg/kg	40	100	200	600
Nickel	mg/kg	40	100	200	600
Quecksilber	mg/kg	0,3	1	3	10
Thallium	mg/kg	0,5	1	3	10
Zink	mg/kg	120	300	500	1500
Cyanide (ges.)	mg/kg	1	10	30	100

LAGA - Tabelle II.1.2-2: Zuordnungswerte Feststoff für Boden

¹⁾ Niedrigere pH-Werte stellen allein kein Ausschlußkriterium dar. Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen.

²⁾ Einzelwerte für Naphtalin und Benzo-(a)-Pyren jeweils kleiner als 0,5.

³⁾ Einzelwerte für Naphtalin und Benzo-(a)-Pyren jeweils kleiner 1,0.

Tabelle 4: Prüfwerte gemäß der Dt. Bundes Bodenschutz und Altlastenverordnung [mg/kg TM]

Element	Kinderspiel- flächen	Wohngebiete	Park- u. Freizeitanlagen	Industrie- u. Gewerbegrundstücke
Arsen	25	50	125	140
Blei	200	400	1000	2000
Cadmium	10 ²⁾	20 ²⁾	50	60
Cyanide	50	50	50	100
Chrom	200	400	1000	1000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	-
Benzo(a)pyren	2	4	10	12
DDT	40	80	200	-
Hexachlorbenzol	4	8	20	200
Hexachlorcyclo- hexan (HCH-Gemisch) oder β-HCH	5	10	25	400
Pentachlorphenol	50	100	250	250
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆) ¹	0,4	0,8	2	40

¹⁾ Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Meßwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.

²⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

Tabelle 5:

Vorsorgewerte für Metalle lt. Dt. Bundes- Bodenschutz und Altlastenverordnung
 (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Königswasseraufschluß)

Böden	Cad- mium	Blei	Chrom	Kupfer	Queck- silber	Nickel	Zink
Bodenart Ton	1,5	100	100	60	1	70	200
Bodenart Lehm/Schluff	1	70	60	40	0,5	50	150
Bodenart Sand	0,4	40	30	20	0,1	15	60
Böden mit natur- bedingt und großflä- chig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrund- gehalten	unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 dieser Verordnung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.						

Tabelle 6:

Vorsorgewerte für organische Stoffe lt. Dt. Bundes- Bodenschutz und Altlastenverordnung
 (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden)

Böden	Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	B(a)pyren	Polycycl. Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)
Humusgehalt > 8 %	0,1	1	10
Humusgehalt ≤ 8 %	0,05	0,3	3

Tabelle 7: Grenzwertvorschlag (Schwermetallgesamtgehalte) aus der "Erden Studie [mg/kg TM

Element	Erde A			Erde B
	Sand	Lehm	Ton	
Arsen	7	11	14	30
Blei	30	50	70	100
Cadmium	0,3	0,7	1,1	1,1
Chrom	20	40	70	90
Nickel	10	30	50	55
Quecksilber	0,1	0,3	0,7	0,7
Kupfer	15	30	40	60
Zink	40	100	140	300

Tabelle 8: Grenzwerte (Schwermetallgesamtgehalte) aus der Deponieverordnung[mg/kg TM]

Element	Bodenaushub- deponie*	Baurestmassen- deponie*
Arsen	50	200
Blei	150	500
Cadmium	2	10
Chrom	300	500
Nickel	100	500
Quecksilber	1	3
Kupfer	100	500
Zink	500	1500
Summe KW	20	100
Summe PAK	0,5	2

Anlage 4

*Englische
Kurzzusammenfassung*

Description and Conclusion of the Study

The condition of the Viennese soil should be evaluated by a statistical evaluation of results of soil analyses performed in 1999 (n=177). The main interest was laid on the results of PAH and HC analyses, but also on the heavy metal concentrations in the soil up to a depth of 2 m.

These analysis results were characterised by minimum and maximum concentrations, mean values and median concentrations of PAH, HC and HM. Additionally the concentration of benzo(a)pyrene (as toxicological important parameter) was used for the description of the soil conditions.

Results gained by this evaluation were compared to guidelines and laws of German and Austrian provenience.

In order to enlarge the data sample of heavy metal analyses the comparability of the analysis method was tested by an analysis of soil samples analysed by the MA22 in 1995 resulting in consistent results. This fact enables the use of data of other laboratories, if the same procedure of sample preparation (DEV S7) is used.

Additionally the influence of four different drying methods for soil samples on the results of PAH analysis was examined. The inconsistency of the results show the inability to compare values analysed by other laboratories without knowing the way of sample preparation, which is not normalised by law.

Concluding, the valuation by the used relevant laws and guidelines result in different classifications of the soil condition, depending on the used parameters. Especially in PAH-evaluation different parameters are used. Dr. med Eikmann and Prof. Dr. Kloke („Nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerten für Schadstoffe in Böden“) use the amount of benzo(a)pyrene for the classification, the Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) and also the German Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung use the analysis of 16 PAH (EPA) and additionally the parameters naphthalene and benzo(a)pyrene for the classification, whereas according to the Austrian Deponieverordnung 6 PAH (DIN) have to be analysed. Thus in consequence of the guideline values by Eikmann/Kloke, LAGA and also the German Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung the majority of the samples analysed could be used for multifunctional purposes.

In contrary, according to the Austrian Deponieverordnung approximately 50 % of the samples have to be placed at waste disposal facilities with higher security standards than soil disposal facilities.

The situation concerning the HC concentrations is similar. High HC concentrations mostly are caused by particles of asphalt, which uses to be inert and immobile. According to the German guidelines and law the re-use of most of the material would be possible, but is not allowed by the Austrian Deponieverordnung.

The height of the results of the heavy metal analyses are not exceeding limiting values of any publication mentioned. The contamination of the only parameter which has turned out to be a problem in former years, lead, has been reduced by it's substitution in fuel.

In general, Viennese soil shows no contamination with PAH, HC and heavy metals in alarming heights and most of the soil, which has to be deposited nowadays at Baurestmassendepoien or Reststoff-Massenabfalldepoien could be re-used or placed at soil disposal facilities.