RRRMMMAA
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
Ressourcen Management Agentur

Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU

(Projekt EnBa)

ACTION 2

Bestimmung von Herkunft, Zusammensetzung und des Verbleibs von Baurestmassen - Labor

Endbericht

Dieses Projekt wird im Rahmen von LIFE+ von der Europäischen Union finanziert

finanziert durch:
Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt u. Wasserwirtschaft
Land Niederösterreich
Land Oberösterreich
Land Steiermark
Land Kärnten

lebensministerium.at

RRMMMMAA
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
Ressourcen Management Agentur

Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU

(Projekt EnBa)

ACTION 2

Bestimmung von Herkunft, Zusammensetzung und des Verbleibs von Baurestmassen - Labor

Endbericht

JOHANNES SCHNÖLLER
KERSTIN HAMMER
DAVID CLEMENT
PAUL H. BRUNNER

finanziert
im Rahmen von LIFE+ von der Europäischen Union

durch das
Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Amt der Kärntner Landesregierung

Wien, Oktober 2010

I M P R E S S U M :

(Vers.1.0.)

Projektsachbearbeitung:
Johannes Schnöller, Kerstin Hammer, David Clement, Paul H. Brunner

TU Wien
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement

Karlsplatz 13/226
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1 58801.22641
Fax: +43 (0)1 58801.22697
Email: office@iwa.tuwien.ac.at; http://iwr.tuwien.ac.at/ressourcen

Leadpartner:
Ressourcen Management Agentur (RMA)
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
ZVR Zahl: 482686233

Argentinierstraße 48/2. Stock
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1 913 22 52.0
Fax: +43 (0)1 913 22 52.22
Email: office@rma.at; www.rma.at

Kurzfassung

Die Zusammensetzung von Baurestmassen (BRM) ist in Hinblick auf deren nachhaltige Nutzung von zentralem Interesse, da Deponierbarkeit und Recyclingfähigkeit von bestimmten „Indikatorgrenzwerten“ (z.B. Arsen, Quecksilber, etc.) abhängig sind. Diese Grenzwerte bestimmen einerseits die Deponiekosten von Baurestmassen; andererseits bestimmt sich dadurch auch die Güteklasse von Recyclingbaustoffen, und somit ein möglicher Gewinn durch deren Wiederverwertung.

In Action 2 wurden Proben aus BRM nach dem Gebäudeabbruch in Hinblick auf oben genannte Aspekte (Deponierbarkeit Recyclingfähigkeit), analysiert. Dies konnte für das Abbruchmaterial von 2 Gebäuden (Steiermark & Niederösterreich) realisiert werden. Des Weiteren wurden bei sechs Objekten vor dem jeweiligen Abriss auch einzelne Gebäudeteilgruppen beprobt (z.B. Fliesen, Beton, Mauerwerk, etc.), um eine „Karte“ von Schadstoffquellen in Baumaterialien erstellen zu können. In beiden Fällen erfolgte Probenahme, Probenaufbereitung und chemische Analytik nach einschlägigen Normen oder in naher Anlehnung an diese.

Die Analytik spezifischer Bauteile hat gezeigt, dass sich bestimmte Schadstoffe sehr eindeutig dezidierten Gebäudeteilgruppen zuordnen lassen, wobei die erlaubten Grenzwerte bis zum 60-fachen überschritten werden. Diese kontaminierten Bauteile müssen vor Abbrucharbeiten separiert werden, um eine Verwertung der mineralischen Baurestmassen nicht zu gefährden.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG V

INHALTSVERZEICHNIS I

1 EINLEITUNG 1

2 ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG 3

3 METHODISCHES VORGEHEN 7

3.1 Allgemeine Parameterliste 7

4.1.1 Kriterien für die Definition der Parameter 7
4.1.2 Probenahme und Voraufbereitung von Abbruchmaterial vor Ort 8
4.1.3 Probenaufbereitung 10
4.1.4 Analyse im Labor 11

4 ERGEBNISSE 15

4.1 Allgemeine Parameterliste 15

4.1.1 Anorganische Parameter – Ionenbilanz und pH – Wert 15
4.1.2 Anorganische Parameter – Schwermetalle 16
4.1.3 Organische Parameter 17

4.2 Ergebnisse der Laboranalysen 19

4.2.1 Gebäudeteilgruppen - Schadstofferkundung 19
4.2.2 Abbruchmaterial (Baurestmassen) 22

5 UNSICHERHEITEN IN DEN ANALYSENERGEBNISSEN 25

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN 26

7 LITERATUR 27

8 ANHANG 29

E. Rosenberg, S. Drozdova,K. Kuprevics, A. Nagl 43

8.1 E. Rosenberg, S. Drozdova, K. Kuprevics, A. Nagl 54

1 Einleitung

Als integraler Bestandteil der Action1 (Bestimmung von Herkunft, Menge, Zusammensetzung und des Verbleibs von Baurestmassen (BRM) – Recherche) war es das Ziel von Action 2 fehlende Daten über die Zusammensetzung von Baurestmassen zu generieren, da dies maßgeblichen Einfluss sowohl auf die Weiterverwendung, als auch auf die Endlagerung (Zuordnung zu einer Deponieklasse) derselben hat. Grenzwerte zur Klassifizierung der BRM sind der Deponieverordnung [1] und der ÖBRV Richtlinie für Recyclingbaustoffe [2] zu entnehmen. Diese Literatur schreibt das Normativ für Probenahme, Probenvorbereitung und chemische Analytik vor. Die Erstellung der chemisch – analytischen Daten erfolgte in Übereinstimmung oder naher Anlehnung an diese Normen. Um Aufwand und Kosten im Projektrahmen zu halten sind nicht alle Parameter erfasst. Aus diesem Grund wurden für die Auswahl der Parameter Kriterien festgelegt, die sicherstellen, dass die relevanten Aspekte der Charakterisierung der Baurestmassen berücksichtigt werden (siehe 3.1):

- Grenzwertrelevanz für Deponie und Recycling
  Stoffe, deren Konzentrationen nach Angaben aus der Literatur im Bereich der Grenzwerte für die Deponierung oder die Wiederverwertung liegen.
- Stoffe mit Migrationsverhalten
  Stoffe mit der Tendenz von einem Bauteil zum nächsten zu „migrieren“. Diese Stoffe können deshalb im gesamten Gebäude verstreut sein.
- Häufiges Vorkommen zu vermuten
  Stoffe oder Güter, die laut Literatur verstärkt in Gebäuden vorhanden sind
- Beeinträchtigung der bauchemischen Eigenschaften
  Stoffe, die die bauchemischen Eigenschaften des Sekundärrohstoffes beeinträchtigen (z.B. aggressives Verhalten auf andere Baustoffe)
- Ressourcenaspekt
  Stoffe oder Güter mit wirtschaftlichem Wert

Die Ergebnisse aus Action 2 liefern fehlendes Datenmaterial für Action 1 (Input-Output Analyse der Gebäudeabrisse). Aus diesem Grund werden die Ergebnisse der Action 2 hier nicht vollumfänglich aufgeführt, sondern exemplarisch dargestellt.

2 Zielsetzung, Fragestellung

Die Action 2 ist integraler Bestandteil von Action 1 (Bestimmung von Herkunft, Menge, Zusammensetzung und des Verbleibs von Baurestmassen – Recherche). Mit Hilfe der Ergebnisse des Abrisses verschiedener Wohnbauten wird mittels der Stoffflussanalyse die quantitative und qualitative Zusammensetzung der Baurestmassen ermittelt, wobei die Verteilung von max. 10-12 ausgewählten Stoffen auf die verschiedenen von der Abrissstelle abtransportieren Abfälle erfasst wird. Die Probenahme, die Laboranalysen und deren Auswertung erfolgen in Action 2.

Für die unterschiedlichen Reststoffe der Abrisse wird die jeweilig notwendige Probengröße ermittelt, um aus diesen anfallenden Reststoffen repräsentative Proben ziehen zu können. Es werden dabei alle relevanten die Baustelle verlassenden Flüsse beprobt. Zusätzlich werden Proben von der Baurestmassenaufbereitungsanlage genommen. Diese Proben werden im Labor aufbereitet und auf Analysenfeinheit zerkleinert, aufgeschlossen und auf Schwermetalle analysiert. Als Methoden werden neue Probenahme- und Zerkleinerungsprozeduren, standardisierte Aufschlussverfahren sowie ein modernes ICP Analysengerät zur Metallbestimmung eingesetzt. Es ist anzunehmen, dass einige Reststoffe erst nach dem Durchlaufen der Aufbereitungsanlage beprobt und untersucht werden können. Die Ergebnisse der Laboranalysen fließen in die in Action 1 durchgeführte Bilanzierung ein.

Die genaue Charakterisierung der gegenständlichen Materialien ist eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen des Projekts, die vorgesehenen Analysen bezwecken nicht ausschließlich die Beurteilung von Kontaminationen und der davon ausgehenden Risiken. Die Charakterisierung muss die Aspekte „Schadstoffe“, „Wertstoffe“ und „technische Eigenschaften“ abdecken. Unter Schadstoffe werden chemische Stoffe verstanden, die diffus im Material verteilt sein können (z.B. Schwermetalle aus Anstrichen im Schutt) oder in Trägermaterialpartikeln lokalisierbar sind (z.B. PAK in Bitumenstücken).

Es ist vorgesehen, als Messparameter die Gesamtgehalte von Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, As, Nitrat, Nitrit und Ammonium, PAK und PCB heranzuziehen. Der Aspekt der Wertstoffe wird auf der Ebene von hochpreisigen Werkstoffen (bzw. Schrotten) behandelt. Als Parameter werden die Gesamtgehalte an metallischem Kupfer, Messing, unlegierten Stählen („normaler Eisenschrott“) und rostfreiem Stahl aufgenommen. Allenfalls können noch einzelne Produkte oder Produktgruppen, die nennenswerte Erlöse im Sekundärrohstoffhandel erzielen, extra ausgewiesen (z.B. Kabelschrott) oder neu aufgenommen werden (z.B. verwertbare sortenreine Kunststoffe). Der Aspekt der Wertstoffe bezieht sich auf hochpreisige Materialen, die aus der mineralischen Hauptmasse beim selektiven Rückbau oder durch mechanische Behandlung des Schutts separiert werden können. Die Eigenschaften der mineralischen Masse, die für den Einsatz als Sekundärmaterial oder die Deponierbarkeit maßgeblich sind, werden über den Aspekt der „technischen Eigenschaften“ berücksichtigt. Parameter die fix zu bestimmen sind, sind für Recyclingmaterialien die Fremdmaterialien (z.B. Holz und Kunststoffe) und die in den Richtlinien reglementierten chemischen Parameter wie z.B. Kupfer,

Chrom und Sulfat im Eluat oder PAK als Gesamtgehalte sowie für Deponiematerial die Eluatwerte für die in der Deponie-Verordnung geregelten Stoffe wie z.B. Arsen, Antimon, Cadmium, Zink, Ammonium oder Nitrit. Des Weiteren sind die im eigentlichen Sinn technischen Eigenschaften wie Korngrößenverteilung und Wasseraufnahme zu prüfen (der Parameterumfang variiert je nach Einsatzzweck des Materials und wird deshalb hier nicht vollumfänglich genannt).

Analysen werden nur durchgeführt, wenn die Materialien auf Basis verfügbarer Daten nicht mit ausreichender Aussagekraft beschrieben werden können. Die Methodik dazu (Berechnung von Probenmassen, Probenzahlen sowie Konzeption der Probenaufbereitung) wurde von der TU-Wien bereits entwickelt und getestet. Derzeit verfügt nur die TU Wien über die erforderlichen Kenntnisse wie z.B. die Heterogenitätsbestimmung von Bauschutt (heterogenity invariant zur Minimalprobenmasseberechnung vergl. Gy) worüber Publikationen in Vorbereitung sind. Die Aufnahme der Analysenarbeiten als ACTION 2 in das Projekt anstelle der Beauftragung externer Labors liegt in diesem speziellen Sachverhalt begründet. Die gängigen Parameter (z.B. Eluatwerte, Gesamtgehalte) können von der TU-Wien nach den einschlägigen Normen ebenfalls bestimmt werden. Dies wird in Anspruch genommen, falls spezielle Werte für bestimmte Chargen zu messen, oder aber Vergleichsmessungen zur Plausibilitätsprüfung von Literaturdaten erforderlich sind. Der Aufwand für die Analysentätigkeiten wird von der TU-Wien in Arbeitsstunden und Verbrauchsmaterialien (Chemikalien, Glasbruch, siehe budgetierter Betrag in Form F6) abgerechnet. Abschreibungen für Analysengeräte und sonstige Laborausstattung werden von der TU-Wien als Eigenleistungen eingebracht. Voraussichtlicher Aufwand und Kosten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Die Proben, die zur Beschreibung der Materialien gezogen werden müssen, können zwei Kategorien zugeordnet werden. Einerseits werden „hot spot“ Proben von potentiell schadstoff- bzw. wertstoffhaltigen Materialien noch vor dem Abbruch gezielt entnommen, um Gehalte kritischer Substanzen festzustellen bzw. Werkstoffe eindeutig identifizieren zu können. Andererseits werden Proben (durchwegs Mischproben bestehend aus einer Vielzahl von Inkrementen aus dem zu charakterisierenden Material) gezogen, um die durchschnittlichen Eigenschaften von Materialchargen oder beispielsweise auch der gesamten mineralischen Masse eines Gebäudes zu bestimmen. In Falle von „hot spot“ Proben werden Probenmassen im kg-Bereich oder darunter mit den praxisüblichen Probenaufbereitungstechniken zerkleinert und Standardanalysenverfahren zugeführt. Für die Charakterisierung größerer Mengen von Abbruchmaterialien sind speziell für die Bestimmung von stückig vorliegenden Wertstoffen bzw. an Trägerpartikel gebundene Stoffe primäre Probenmengen von hunderten kg bis zu einigen Tonnen erforderlich. (Die Bestimmung der minimal erforderlichen Probenmassen erfolgt auf der Grundlage der „theory of sampling“ nach Gy und den in bereits durchgeführten Projekten bestimmten Parametern zur Beschreibung der Heterogenität solchen Materials.) Die Analysen sowohl für die Bestimmung von Gesamtgehalten von Schadstoffen als auch des Wertstoffanteils benötigen einen ersten Probenaufbereitungsschritt durch Fraktionierung oder Zerkleinerung am Ort der Probenahme. Die Voraufbereitung der Proben erlaubt eine Verringerung der Probenmasse wodurch für das Labor handhabbare aber dennoch repräsentative Mengen erzeugt werden können. Die Bestimmung der Gehalte

von Wertstoffen und anderen stückigen Gemengeteilen erfolgt durch maschinelle Separation bzw. Handsortierung. Die chemische Analytik der organischen (Schad-) Stoffe (nicht die Probenaufbereitung) wird an ein externes Labor vergeben.

Ziel dieser Action ist die Bestimmung von Konzentrationen von 10-12 ausgewählten Stoffen in den untersuchten Flüssen, sowie die Bestimmung der Datenunsicherheit der Konzentrationen, und die Charakterisierung der Zusammensetzung der untersuchten Proben (enthaltene Materialien, Korngrößenverteilung). Die Action 2 liefert eine Grundlage für die Input-Output-Analyse der Gebäudeabrisse bzw. der Baurestmassensortieranlage in Action 1.

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Allgemeine Parameterliste

Die Charakterisierung der gegenständlichen Materialien erfordert eine präzise und zweckmäßige Festlegung der Parameter für die Untersuchung der vorliegenden Proben. Dabei sollten die Parameter neben dem Schadstoffaspekt auch die Erfassung der Wertstoffe und der technischen Eigenschaften des Abbruchmaterials berücksichtigen. Durch die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt V-EnBa sowie durch eine Literaturrecherche wurden die wichtigsten potentiellen Schad- und Wertstoffe für mineralische Baurestmassen hervorgehoben. Aus diesen wurde eine Liste relevanter Parameter erstellt, die eine Charakterisierung des Abbruchmaterials ermöglichen soll.

4.1.1 Kriterien für die Definition der Parameter

Um den Aufwand und die Kosten für die Analysen in dem vom Projekt vorgegebenen Rahmen zu halten, musste die Anzahl der zu untersuchenden Parameter auf ein sinnvolles Maß eingeschränkt werden. Dabei darf die Charakterisierung der Materialien ihre Aussagekraft nicht einbüßen. Aus diesem Grund wurden für die Auswahl der Parameter Kriterien festgelegt, die sicherstellen, dass die relevanten Aspekte der Charakterisierung der Baurestmassen berücksichtigt werden:

- Grenzwertrelevanz für Deponie und Recycling
  Stoffe, deren Konzentrationen nach Angaben aus der Literatur im Bereich der Grenzwerte für die Deponierung oder die Wiederverwertung liegen.
- Konzentrationen im Bereich der Vorsorgewerte für Böden
  Stoffe, für die Konzentrationen in den Baurestmassen im Bereich der Vorsorgewerte für Böden (nach EIKMANN und KLOKE, 1993) zu erwarten sind.
- Indikatoreigenschaft von Stoffen
  Stoffe, die stellvertretend für eine Gruppe von Stoffen stehen. Entweder deutet die Präsenz eines solchen Stoffes auf das Vorhandensein anderer Stoffe hin oder dieser Stoff ist „anstelle“ anderer Stoffe in den Baurestmassen vorhanden (z.B. Biozide).
- Stoffe mit Migrationsverhalten
  Stoffe mit der Tendenz von einem Bauteil zum nächsten zu „migrieren“. Diese Stoffe können deshalb im gesamten Gebäude verstreut sein.
- Häufiges Vorkommen zu vermuten
  Stoffe oder Güter, die laut Literatur verstärkt in Gebäuden vorhanden sind
- Beeinträchtigung der bauchemischen Eigenschaften
  Stoffe, die die bauchemischen Eigenschaften des Sekundärrohstoffes beeinträchtigen (z.B. aggressives Verhalten auf andere Baustoffe)
- Ressourcenaspekt
  Stoffe oder Güter mit wirtschaftlichem Wert

Als organische Parameter wurden Summe 16 PAK (Polyaromatische Kohlenwasserstoffe) und 7 PCB (Polychlorierte Biphenyle) (Bestimmung gemäß [4] und [5]) in den „Analytikkatalog“ des Projekts aufgenommen. Dies begründet sich in der bekannten gesundheitsschädlichen Wirkung dieser beiden organischen Stoffklassen. Die Probenauswahl erfolgte aus einer Reihe von Materialien, welche in ÖNR 192130 [6] dargelegt sind. Hierbei handelt es sich durchwegs um so genannte „Hot-Spot“ Proben. Für PAK liegt der Grenzwert laut DVO (Baurestmassendeponie) bei 30 mg/kg. Die ÖBRV- Richtlinie [2] schreibt je nach Qualitätsklasse des Recyclingmaterials verschiedene Limits vor (z.B. 4 mg/kg für Qualitätsklasse A^+ bei BRM aus dem Hochbau).

4.1.2 Probenahme und Voraufbereitung von Abbruchmaterial vor Ort

Die Beprobung des Abbruchmaterials (BRM) dient nicht nur der Erfassung der relevanten gesetzlichen Grenzwerte, sondern ist auch für die Berechnung der Massenbilanz (Input-Output Bilanz) wesentlich. Wie bereits eingangs erwähnt konnte dies für zwei Gebäude (Steiermark und Niederösterreich) realisiert werden, wobei die Probenahme im zweiten Fall (Niederösterreich) nicht direkt beim Abbruch stattfand, sondern als Haufenbeprobung am Bauschutthaufen durchgeführt werden musste.

Steiermark:
Es wurden zwei Mischproben angelegt, die direkt vor Ort voraufbereitet wurden. Um die Verteilungsheterogenität des Materials auszugleichen wurde während der Behandlung des Schutts mit der mobilen Aufbereitungsanlage laufend Inkremente (Einzelproben) gezogen. Die Probenahme wurde durch einen Mitarbeiter der Fa. CEMEX mit dem Radlader direkt vom Auswurf der mobilen Aufbereitungsanlage durchgeführt.

Die Inkremente wurden wechselweise den beiden Mischproben zugeordnet. Um die Massen der Proben, die für die Laboraufbereitung bestimmt sind, reduzieren zu können ohne den Probenahmefehler zu erhöhen, wurden die Proben in (homogenere) Fraktionen zerlegt. Die Inkremente wurden bei 25 mm und 6 mm gesiebt und die Ziegelbrocken aus der Fraktion >25 mm ausgeklaubt. Alle Fraktionen wurden gewogen. Die Aufteilung der Massen ist in den Tabellen 4-9 und 4-10 angegeben.

Von den Ziegelbrocken >25 mm wurden je Inkrement einige Stücke entnommen und in 2 Ziegel-Mischproben gesammelt. Der Rest der Ziegel wurde verworfen. Die Restfraktion >25 mm wurde im Ganzen in Säcke abgefüllt und ins Labor gebracht. Die Fraktionen 6 – 25 mm wurde durch „Teilungsschaufeln“ auf ein Viertel reduziert. Dabei wird die Menge mit einer kleinen Schaufel von einem Behälter in zwei andere Behälter um geschaufelt. Die Schaufeln werden wechselweise den beiden Behältern zugeordnet. Dieser Vorgang wurde zweimal durchgeführt, um die Menge au ein Viertel zu reduzieren. Die Masse der Fraktion <6 mm wurden mit einem Riffelteilern durch viermalige Teilung auf ein Sechzehntel reduziert.

Tabelle 3-1: Fraktionierung der Proben bei der Voraufbereitung von Ort: Inkrementreihe A (Steiermark)

Inkrementreihe A - Abbruchmaterial Steiermark									
Fraktionen	**> 25mm**	**6,5 - 25 mm**	**< 6,5 mm**	**Fraktion Ziegel >25mm**	**Gesamt**	**Anteil Fraktion > 25 mm**	**Anteil Fraktion 6,5 - 25 mm**	**Anteil Fraktion < 6,5 mm**	**Anteil Ziegel in Fraktion > 25 mm**
Inkrement nr.	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**%**	**%**	**%**	**%**
1	8,8	15,8	34,7	6,5	59,3	15	27	59	74
3	17,9	14,7	20,8	8	53,4	34	28	39	45
5	29,3	11	14,7	10,1	55	53	20	27	34
7	11,3	13,5	22,2	0	47	24	29	47	0
9	15,6	20,2	24,4	8,6	60,2	26	34	41	55
11	20,3	15,1	25,4	7,8	60,8	33	25	42	38
13	11,8	17,3	27,1	3,4	56,2	21	31	48	29
15	32,2	19,7	32,7	0	84,6	38	23	39	0
17	14,3	14,1	13,3	1,7	41,7	34	34	32	12
19	14,8	16,7	18	1,4	49,5	30	34	36	9
21	7,4	19,3	34,8	0,1	61,5	12	31	57	1
23	42,1	37,9	52	3,4	132	32	29	39	8
SUMME	**225,8**	**215,3**	**320,1**	**51**	**761,2**				
MITTELWERT						**29**	**29**	**42**	**26**
STANDARDABWEICHUNG						**11**	**4**	**9**	**24**
STANDARDABWEICHUNG DES MITTELWERTES						**3**	**1**	**3**	**7**

Tabelle 3-2: Fraktionierung der Proben bei der Voraufbereitung von Ort: Inkrementreihe B (Steiermark)

Inkrementreihe B - Abbruchmaterial Steiermark									
Fraktionen	**> 25mm**	**6,5 - 25 mm**	**< 6,5 mm**	**Fraktion Ziegel >25mm**	**Gesamt**	**Anteil Fraktion > 25 mm**	**Anteil Fraktion 6,5 - 25 mm**	**Anteil Fraktion < 6,5 mm**	**Anteil Ziegel in Fraktion > 25 mm**
Inkrement nr.	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**[kg]**	**%**	**%**	**%**	**%**
2	21,3	28,6	24,5	14,5	74,4	29	38	33	68
4	18,9	19,9	35,4	8,8	74,2	25	27	48	47
6	20,8	14,5	20,8	4,9	56,1	37	26	37	24
8	15,4	12,1	18,2	6,9	45,7	34	26	40	45
10	7	9,3	20,2	2,1	36,5	19	25	55	30
12	15,5	19,7	28,4	8,6	63,6	24	31	45	55
14	27,4	18,4	33,4	6,5	79,2	35	23	42	24
16	9,8	11,2	17,2	2,3	38,2	26	29	45	23
18	27,8	21,6	29	2,6	78,4	35	28	37	9
20	13	15,1	27	4,4	55,1	24	27	49	34
22	9,6	16,8	43	1,4	69,4	14	24	62	15
SUMME	**186,5**	**187,2**	**297,1**	**63**	**670,8**				
MITTELWERT						**27**	**28**	**45**	**34**
STANDARDABWEICHUNG						**7**	**4**	**9**	**18**
STANDARDABWEICHUNG DER MITTELWERTE						**2**	**1**	**3**	**5**

Niederösterreich:
Für das Abbruchmaterial aus Niederösterreich wurden 2 Sieblinien aus einer Anzahl von Inkrementen hergestellt. Die Inkremente wurden wechselweise den beiden Sieblinien zugeordnet. Um die Massen der Proben, die für die Laboraufbereitung bestimmt sind, reduzieren zu können ohne den Probenahmefehler zu erhöhen, wurden die Proben in (homogenere) Fraktionen zerlegt. Die Inkremente wurden bei 20 mm und 6,3 mm gesiebt. Die Fraktion >20 mm wurde durch „Teilungsschaufeln“ auf ein Viertel reduziert, in Säcke abgefüllt und ins Labor gebracht. Dabei wird die Menge mit einer kleinen Schaufel von einem Behälter in zwei andere Behälter um geschaufelt. Die Schaufeln werden wechselweise den beiden Behältern zugeordnet. Dieser Vorgang wurde zweimal durchgeführt, um die Menge auf ein Viertel zu reduzieren. Die Masse der Fraktion 20-6,3 mm wurde mit einem Riffelteiler durch viermalige Teilung auf ein Achtel reduziert. Ebenso wurde mit der Fraktion < 6,3 mm verfahren, wobei 2 zusätzliche Teilungsschritte gesetzt wurden. (siehe Tabelle 3-3).

Tabelle 3-3: Sieblinien Abbruchmaterial Niederösterreich

Sieblinien vom Abbruch Niederösterreich 1				
Korngröße [mm]	**Probe**	**Masse [g]**	**Teilungen**	**Masse [kg]**
Sieblinie 1				
> 20	10/725 Ia	109.820	geviertelt	439,28
20 - 6,3	10/725 Ib	23.920	01.Aug	191,36
<6,3	10/725 Ic	18.610	Jän.32	595,52
Gesamtmasse Sieblinie 1				**1.226,16**
Sieblinie 2				
> 20	10/725 IIa	91.150	geviertelt	364,60
20 - 6,3	10/725 IIb	24.730	01.Aug	197,84
<6,3	10/725 IIc	16.740	Jän.32	535,68
Gesamtmasse Sieblinie 2				**1.098,12**

4.1.3 Probenaufbereitung

Damit die Proben mittels ICP-OES analysiert werden können, müssen diese vollständig gelöst (aufgeschlossen) werden. Dazu ist eine Wärmebehandlung in einem Gemisch konzentrierter Säuren notwendig, welche in einem modernen Mikrowellenaufschlusssystem durchgeführt. Für eine schnelle und vollständige (Löse)Reaktion ist dabei eine möglichst feine Körnung des Feststoffs anzustreben, soweit sich diese mit vernünftigem Zeitaufwand erreichen lässt. Im Fall von Mischproben ist damit auch ein homogenes Durchmengen sichergestellt.
Für das Projekt EnBa wurden die Proben daher grundsätzlich auf eine Korngröße < 200 µm vermahlen, sofern das Normativ [11] keine andere Regelung vorsieht. Hierzu wurden verschiedene Formen der mechanischen Zerkleinerung hintereinandergeschaltet verwendet, unter anderem Backenbrecher, Scheibenschwingmühle (Abbildung 3-1), Stampfer, etc.

Abbildung 3-1: Scheibenschwingmühle

4.1.4 Analyse im Labor

Die Analyse auf anorganische Parameter erfolgt durch Elution bzw. Aufschluss und anschließende Messung mittels ICP (Metalle) bzw. Ionenchromatographie (Anionen). Die Eluate werden nach ÖNORM EN 12457-4 [11] hergestellt. Die Aufschlüsse zur Bestimmung der Gesamtgehalte sind mikrowellenunterstützten Druckaufschlüsse mit Flusssäurezusatz. Etwa 0,3 g Probe werden mit 2 ml HF, 5 ml HCl und 5 ml HNO_3 bei Temperaturen bis 220°C über 45 min aufgeschlossen. Die Messung mittels ICP-AES erfolgt in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 11885 gegen matrixangepasste Standardlösungen. Die IC-Messungen werden gemäß ISO 10304-1:2007 durchgeführt.

Die Bestimmung der organischen Parameter PAK und PCB erfolgt mittels GC-MS Analytik [12,13]. Diese Verfahren benötigen nach der Vermahlung noch weitere Probenvorbereitung (Extraktions- u. Reinigungsschritte), zeichnen sich aber durch eine typische Bestimmungsgrenze von 0,05 – 0,5 mg/kg aus. Die Quantifizierung erfolgt dabei über isotopenmarkierte Standards.

Bei der Schadstofferkundung vor dem Gebäudeabbruch ergaben sich in verschiedenen Gebäuden Asbestverdachtsfälle. Diese wurden in Anlehnung an ÖNORM M9405 [14] analysiert (siehe Anhang D). Hierbei zeigte sich der universelle Einsatz von Asbest als Baumaterial (z.B. Asbestzement, PVC-Fliesen) vor dem Asbestverbot in Österreich (1990).

4 Ergebnisse

4.1 Allgemeine Parameterliste

Es wird nach drei Parametergruppen unterschieden:

1. Anorganische Parameter – Ionenbilanz und pH – Wert
2. Anorganische Parameter – Schwermetalle
3. Organische Parameter

Grundsätzlich erfüllen alle ausgewählten Parameter das Kriterium der „Grenzwertrelevanz für Deponie und Recycling“, da für all diese Parameter Grenzwerte für die Deponierung von Baurestmassen als auch für ihren Einsatz als Sekundärrohstoff festgelegt sind.

4.1.1 Anorganische Parameter – Ionenbilanz und pH – Wert

Tabelle 4-1: Anorganische Parameter – Ionenbilanz und pH – Wert

Parameter	Zu erwartende Konzentrationen	Gesetzliche Grenzwerte		Auswahlkriterien
	Laut Literatur	**Laut DVO**	**BRV für QK A$^+$**	
pH – Wert	ca. 11(1)	6 – 13	6,5 – 12,5	
Ionen				Aggressivität auf Baumaterialien
z.B. Sulfat	Im Eluat: 1.400 mg/l(1)	Im Eluat: 5.000 mg/l	Im Eluat: 1.500 mg/kg TS	Grenzwertrelevant für Deponie und Recycling

(1) BRUNNER, 1993

Neben der Grenzwertrelevanz sind diese Parameter ausschlaggebend für das bauchemische Verhalten von Recyclingmaterial aus Baurestmassen. Der pH – Wert ist relevant für die Beständigkeit von Beton und Stahl. Zunehmend mit abnehmendem pH – Wert sind Wässer mit einem pH – Wert <10 rostfördernd; mit einem pH – Wert <6 sind sie auch betonschädlich (KRENKLER, 1980).

Die Untersuchung einzelner Ionen gibt Auskunft über alle im dissoziierten Zustand vorliegenden Salze. Salze, als Umsetzungsprodukte von Säuren und Basen sind relevant für das chemische Verhalten der Baustoffe. Insbesondere sind es das Sulfat (betonschädigend), die Chloride (stahlkorrodierend) und im geringeren Maße die Karbonate (kalkauflösend), die die Eigenschaften der Baustoffe negativ beeinträchtigen können.

Tabelle 4-1 zeigt einige Parameter der Gruppe Anorganische Parameter – Ionenbilanz und pH Wert mit einem Beispiel für zu erwartende Konzentrationen in Baurestmassen und verschiedene gesetzliche Grenzwerte.

4.1.2 Anorganische Parameter – Schwermetalle

Tabelle 4-2: Anorganische Parameter – Schwermetalle

Parameter	Zu erwartende Konzentrationen (mg/kg)	Vorsorgewerte für Böden (mg/kg)	Gesetzliche Grenzwerte (mg/kg TM)		Auswahlkriterien
	Laut Literatur	Eikmann und Kloke (1993)	Laut DVO	BRV für QK A+	
Blei	630(4) 66(5)	100-1.000: tolerierbar >1.000: toxisch	500	30	Vorsorge-/Grenzwerte; Eintrag über Pigmente, Sanitärverrohrung/Kabel metallisches Pb als Ressource.
Cadmium	1,1(5)	tolerierbar: 1-5 >5: toxisch	10	0,5	Vorsorge-/Grenzwerte; In Holzschutzmitteln, Eintrag über Nutzung (Ni-Cd-Batterien).
Chrom	150 (4)		500	40	Grenzwerte; Eintrag über Pigmente, Fixiermittel.
Kupfer	670(4) 34(5)	tolerierbar: 50-200 >200 toxisch	500	30	Vorsorge-/Grenzwerte Kontamination durch korrodierende Metallteile; metallisches Cu und Messing als Ressource.
Quecksilber	0,20(4)		3	0,2	Grenzwerte; Eintrag über Fungizide ev. Pigmente mögliche Kontamination während der Nutzung
Nickel	51(5)		500	30	Grenzwerte
Zink	790(4) 200(5)	tolerierbar: 150-600 < toxisch	1500	100	Vorsorge-/Grenzwerte Eintrag über Pigmente

Verschiedene Quellen aus der Literatur zeigen die Präsenz von Schwermetallen in Baurestmassen auf. Die zu erwartenden Konzentrationen liegen für etliche dieser Stoffe im Bereich der gesetzlichen Grenzwerte (Blei, Cadmium, Kupfer, Chrom, Quecksilber und Zink) oder der Vorsorgewerte für Böden nach EIKMANN und KLOKE [6] (Blei, Cadmium, Kupfer, Zink). Für diese Schwermetalle ist auch ein häufiges Vorkommen in Gebäuden zu vermuten, da sie in

einem weiten Spektrum von Baustoffen präsent sind. Indikatoreigenschaft hat das Schwermetall Cadmium, das sich z.B. ähnlich wie Antimon verhält. Zusätzlich ist bei vielen dieser Stoffe der Ressourcenaspekt zu berücksichtigen (Kupfer, Blei). Tabelle 4-2 zeigt die zu untersuchenden Schwermetalle, zu erwartende Konzentrationen, Grenz- und Vorsorgewerte sowie die Kriterien für ihre Auswahl als Parameter.

Das Herstellen von Mischproben erfolgte auf Basis von Materialgleichheit (Ziegel mit Ziegel, aber nicht Ziegel mit Beton). Da die Abschätzung der Gesamtmasse des Gebäudes, respektive der Gebäudeteilgruppen auch nach der Beprobung erfolgte wurde die Mindestprobenmenge nach der Formel *Mindestprobenmenge [kg] = Größtkorn [mm] x 0.06* [7] bestimmt. Dadurch ergeben sich bei z.B. Bohrproben von Wänden mit etlichen Einzelbohrungen handhabbare Probenmengen, wobei die Beprobung der Gebäude vor dem Abbruch in Tabelle 4-3 beispielhaft dargestellt ist.

Tabelle 4-3: Beprobungsstrategien

Typ	Vorgangsweise	Grund
Wände	Bohrproben von allen Wänden pro Gebäudestock nehmen (Mischproben)	Wandquerschnitt
Anstriche	Abkratzen aller Wände eines Stockwerks	Ermittlung Schadstoffquelle
Kaminruß	Abkratzen des Kamins bei den Zugangsöffnungen	Hot Spot PAK
	(Keller, Dach)	
Decken	Bohren	Querschnitt
Guss Bitumen	Bohren	Querschnitt
Fliesen	Ganze Fliesen	Berechnung Anteil an der Gesamtmasse
	Alle Fliesen Typen eines Gebäudes entnehmen	
Fliesenkleber	Abkratzen	Ermittlung Schadstoffquelle

4.1.3 Organische Parameter

Die enorme Vielfalt an organischen Stoffen, die seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts im Bauwesen eingesetzt wurden bzw. während der Nutzungsphase eingetragen werden (PAKs) macht es unmöglich, diese Stoffe vollständig zu erfassen. Es müssen deshalb einige wenige organische Parameter ausgewählt werden, stellvertretend für die wichtigsten organischen Stoffgruppen.

Wegen der (früheren) breiten Anwendung und deren Schadstoffeigenschaften, wurde die Stoffgruppe Polychlorierte Biphenyle (PCB) als Parameter ausgesucht. Das Pentachlorphenol (PCP) steht stellvertretend für die Gruppe der Biozide. Beide Parameter zeigen Migrationsverhalten, d.h., sie sind auch in Bauteilen zu erwarten, die ursprünglich diese Stoffe nicht enthielten. Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) stellen eines der am

wahrscheinlichsten in Baurestmassen vorkommenden und messbaren Parameter dar. Die Probenauswahl erfolgte aus einer Reihe von Materialien, welche in ÖNR 192130 [8] dargelegt sind. Hierbei handelt es sich durchwegs um so genannte „Hot-Spot“ Proben.

Tabelle 4-4: Organische Parameter

Parameter	Zu erwartende Konzentrationen (mg/kg)	Gesetzliche Grenzwerte (mg/kg TM)		Auswahlkriterien
	Laut Literatur	***Laut DVO***	***BRV für QK A +***	
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	in verschiedenen Baumaterialien: zw. 10 u. > 1.000 mg/kg (10)		50	vielfältige Quellen - Migrationsverhalten
Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Anteil in Steinkohleteer: > 30 % Konzentration in Bitumen ~ 100mg/kg (9)	30	20 – 40	Messung verlässlicher Gesamtgehalte bei Partikel-gebundenem Auftreten (Teeranstriche…)
Pentachlorphenol (PCP)	in behandeltem Holz: bis zu 10.000mg/kg (10)			Indikatorparameter für Stoffgruppe "Biozide" Migrationsverhalten

PCP… Aus Kostengründen nicht analysiert

4.2 Ergebnisse der Laboranalysen

4.2.1 Gebäudeteilgruppen - Schadstofferkundung

4.2.1.1 Gesamtgehalte von Schwermetalle in Gebäudeteilen

Tabelle 4-5: In untenstehender Tabelle sind die untersuchen Schwermetalle und ihr Vorkommen in eingebauten Bauteilen und Baumaterialien aufgelistet:

Stoff	Kritische Bauteile	Stoff	Kritische Bauteile
As	- **Beschüttungen**(**)	**Cr**	- **Beschüttung**(**)
	- **Fliesen**(**)		- **Schlackenbeton**(**)
	- Mauerwerk(*)		- Mauerwerk(*)
	- Heraklit(*)		- Ziegel(*)
	- Estrich(*)		- Heraklit(*)
	- Schlackenbeton (*)		- Fliesen(*)
	- teerhaltige Bausubstanz (*)		- teerhaltige Bausubstanz(*)
			- Naturstein(*)
			- Fensterkitt(*)
Pb	- **Fliesen** (**)	**Cu**	- Beschüttung (*)
	- **Beschüttung** (**)		- Teerhaltige Bausubstanz (*)
	- **Schlackenbeton** (**)		- Schlackenbeton (*)
	- teerhaltige Bausubstanz (*)		- Fliesen (*)
	- Mörtel (*)		
	- Mauerwerk (*)		
Cd	- **Mauerwerk** (**)	**Zn**	- **Teerhaltige Baustubstanz**(**)
	- **Schlackenbeton** (**)		- **Fliesen**(**)
	- **Beschüttung** (**)		- **Anstriche**(**)
	- Verputz (*)		
	- Beton (*)		
	- teerhaltige Bausubstanz (*)		
	- Fliesen (*)		

** Überschreitung der DVO-Grenzwerte für Baurestmassendeponien

* Überschreitung des Grenzwertes für die Qualitätsklasse B (laut BRV-Richtlinie)

Zusammenfassend lassen sich folgende Beobachtungen anstellen. Die höchsten Schwermetallkonzentrationen wurden standortunabhängig in der Bauteilgruppe Fliesen gemessen (bis zu 6.000 mg/kg Pb). Dieser Umstand kann auf die Verwendung von Blei- bzw. Zinkpigmenten wie Bleiweiß ($PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$), Zinkweiß (ZnO) und Auripigment (As_4S_6) zurückgeführt werden. Dieselbe Erklärung kann für die Schwermetallbelastungen in den Anstrichen herangezogen werden.

Als kritisch zu betrachten sind die Beschüttungen der Decken. Die Zusammensetzung lässt darauf schließen, dass es sich bei den untersuchten Füllungen mit Grenzwertüberschreitung um Schlacken aus der Metallindustrie handelt, da sie neben hohen Gehalten an Blei, Cadmi-

um und Chrom hohe Eisenanteile (g/kg) aufweisen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Schwermetallgehalt der Beschüttungen eine gewisse Standortabhängigkeit aufweist, jedoch dass bei dieser Baustoffgruppe generell von einer Schadstoffbelastung auszugehen ist. Die Baustoffgruppe Schlackenbeton (inklusive Schalungssteine) ist standortunabhängig auch relativ stark schwermetallbelastet und erfüllt als solche nicht die Eingangsparameter für die Baurestmassendeponie. Ebenso verhält es sich mit der teerhaltigen Bausubstanz, die durch alle untersuchten Schwermetalle mehr oder weniger stark belastet ist.

Das Schwermetall Cadmium unterscheidet sich von den anderen untersuchten Schwermetallen dadurch, dass es weniger baustoffbezogen vorkommt, sondern eher im Gebäude diffus vorhanden ist. Die höchsten Konzentrationen wurden in den Mauerwerksprofilen gemessen. Die Konzentrationen variieren jedoch stark zwischen den untersuchten Bauwerken. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass Cadmium entweder während der Nutzung eingetragen wird oder von der Herkunft der mineralischen Bausubstanz abhängig ist.

Eine vollständige Auflistung der Laborergebnisse ist in Anhang A zu finden.

4.2.1.2 Eluationsversuche an Bauteilen

Für die unmittelbaren Umweltwirkungen der Sekundärbaustoffe ist in erster Linie ihr Auswaschverhalten von Bedeutung. Dieses wird durch Elutionsversuche mit deionisiertem Wasser bestimmt.

Tabelle 4-6 zeigt die Eluatwerte für Nitrat, Nitrit und Sulfat für ausgewählte Baustoffe und Recyclingmaterialien. Sulfat ist einer der kritischen Schadstoffe im Bauschutt. Der Eintrag in den Baurestmassenfluss erfolgt einerseits über nicht separat rückgebaute gipsgebundene Baustoffe, andererseits weisen Ziegel, Füllungen und weitere mineralische Baustoffe höhere Sulfat – Eluatwerte auf. Auffällig sind die punktuell sehr hohen Sulfatwerte in diversen Füllungen. Aus oben genannten Gründen können nur Mutmaßungen über die Herkunft dieser Materialien angestellt werden.

Nitritquellen sind hauptsächlich der Mörtel und der Verputz, sowie die Befüllungen der Decken. Die kritischen Nitrat – Eluatwerte verteilen sich über mehr oder weniger alle in Tabelle 4-6 angeführten Bauteilen.

Tabelle 4-6: Eluatwerte mineralischer Baustoffe und Recyclingmaterialien

Probe	NO^{3-} Nitrat [mg/kg TS]	NO^{2-} Nitrit [mg/kg TS]	SO_4^{2-} Sulfat [mg/kg TS]
Estrich	2200*	1	1400
Profil Decke Beton	8	1	<500
Ziegel	10	0	12000**
Ziegel Kamin	1700**	0	4200*
Dachziegel	280	0	2600
Mörtel Decke	180	12**	<500
Putz Innen	7900**	7*	<500
Befüllung Decke	120	3*	7600*
Befüllung Decke	830**	5*	<500
Profil Mauer aussen	2100**	1	5900*
Profil Mauer innen	4400**	2*	2100
STMK RH > 25 mm	66	1	<500
STMK RH 6,5 - 25 mm	240	0	700
STMK RH < 6,5 mm	490	0	2900
STMK Abbruchmat. gesamt	220	1	890
NÖ1 RH > 20 mm	550**	6*	3000
NÖ1 RH 6,3 - 20 mm	500**	3*	3200
NÖ1 RH < 6,3 mm	600**	7*	5500*
NÖ1 Abbruchmat. gesamt	570**	6*	4300

(**) Werte überschreiten den Grenzwert für die Baurestmassendeponie laut DVO
(*) Werte überschreiten den Grenzwert der QK B laut (Österreichischer Baustoff Recycling Verband 2009)

Bei der Betrachtung des Bauteiles „Mauerwerk“ und dessen Komponenten (Ziegel, Mörtel und Verputz) wird ersichtlich, dass die Sulfatbelastung des Bauteiles eher vom Baustoff Ziegel stammt, während die Nitrit- und Nitratbelastung auf die Baustoffe „Mörtel und Verputz“ zurückzuführen sind. Schornsteinbaustoffe weisen höhere Nitrat- und Sulfatwerte auf. Diese werden wahrscheinlich über das Rauchgas als NO_x und SO_2 eingetragen und in Folge zu Nitrat und Sulfat oxidiert. Als wesentlich von diesen Stoffen unbelastet erweist sich Beton. Als Recyclingbaustoff ist Betonabbruch wegen seiner technischen Eigenschaften wertvoller als Ziegel- oder Mischabbruch. Wird die Betonfraktion während dem Abbruch getrennt abgetragen und entsprechend aufbereitet, so kann ein guter Sekundärrohstoff gewonnen werden. Dieser kann als Zuschlagstoff für Recyclingbeton eingesetzt werden; somit wird der Stoffkreislauf für diesen Baustoff geschlossen.

Die Ergebnisse der Eluatwerte zeigen auf den ersten Blick eine durchgängige Grenzwertüberschreitung (laut DVO 2008) für die Elemente Arsen und Quecksilber. Dies ist allerdings auf die Leistungsfähigkeit des benutzten Analyseinstruments zurückzuführen, wodurch es nicht möglich war die notwendige Bestimmungsgrenze zu erreichen (siehe Anhang A).

4.2.1.3 Analysen organischer Parameter

Die beiden organischen Parameter Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Polychlorierte Biphenyle (PCB) wurden in sog. „hot spot“ Proben gemessen. Tabelle 4-7 zeigt die Konzentrationen ausgewählter Proben für PAKs. Es wurden wie erwartet in allen hot spot Proben PAKs gefunden. Die Konzentrationen für Schornsteinbaustoffe sind relativ niedrig und erfüllen, bis auf den Mörtel eines Schornsteines die Kriterien für die Qualitätsklasse A der BRV – RL (Österreichischer Baustoff Recycling Verband 2009).

Hohe PAK Konzentrationen hingegen enthalten die teer- und bitumenhältige Baustoffe. So z.B. Estrich mit Bitumenkleber oder eine Probe aus einem Deckenprofil mit Bitumenschicht. Diese Werte liegen über dem Grenzwert für die Ablagerung auf Baurestmassendeponien.

Tabelle 4-7: PAK Konzentration in ausgewählten Proben; Werte in [mg/kg]

PAK Konzentration [mg/kg]								
Probennr.	***10/333***	***10/337***	***09/998***	***10/765***	***10/334***	***10/320***	***10/566***	***09/999***
Material	Ziegel K	Ziegel K	Mörtel K	Bitumen	Mörtel K	Mörtel K	Bitumen	Mörtel K
S 16 PAK	**7,07**	**5,46**	**74,73**	**238,84**	**2,97**	**5,76**	**46,35**	**6,02**

K… Kamin

Der ermittelte Konzentrationsbereich umfasst hier 2 Größenordnungen und ist auch für verschiedene Proben aus der gleichen Bauteilgruppe (09/998 und 09/999) nicht einheitlich. Dies stützt die Erkenntnis aus Action 2, dass eine Generalisierung hinsichtlich der Schadstoffquellen sowie der Belastung von Gebäuden nur schwer möglich ist. Der vollständige PAK- Analysebericht ist im Anhang B beigefügt.

Auf PCB wurden am Gebäude entnommene Proben von Dichtmassen, (Dicht-)Anstrichen, Klebstoff, und Heraklit untersucht. Die Konzentrationen von PCB liegen alle unterhalb der Nachweisgrenze der Methode, die untersuchten Materialien können in diesem Fall als unbedenklich eingestuft werden. Es sei an dieser Stelle nochmalig darauf hingewiesen, dass dies keinen allgemein gültigen Rückschluss auf gleiche oder ähnliche Bauteilgruppen in anderen Gebäuden zulässt. Für den vollständigen PCB- Analysebericht sei an dieser Stelle auf Anhang C verwiesen.

4.2.2 Abbruchmaterial (Baurestmassen)

4.2.2.1 Untersuchung der Gesamtgehalte von Schwermetallen

Die Abbruchmaterialien aus Steiermark und Niederösterreich sind bezüglich der Gesamtgehalte von Schwermetallen über alle Korngrößen unauffällig anzusehen.

Tabelle 4-8: Vergleich Schwermetalle in BRM Steiermark vs. Niederösterreich

Fraktion	As [mg/kg TS]	Pb [mg/kg TS]	Cd [mg/kg TS]	Cr [mg/kg TS]	Cu [mg/kg TS]	Ni [mg/kg TS]	Hg [mg/kg TS]	Zn [mg/kg TS]
STMK Ziegelabbruch	12	20	<1	85	31	32	<3	89
STMK RH >25mm	6	26	4	99*	46*	49	<3	61
STMK RH 6,5-25mm	35	150*	2*	230*	56*	27	<3	140
STMK RH <6,5mm	28	160*	2*	130*	57*	37	<3	140
NÖ1 RH >20mm	<8	33	<1	74	<5	<5	<3	<5
NÖ1 RH 6,3-20mm	<8	40	<1	47	26	<5	<3	99
NÖ1 RH <6,3mm	<8	53	<1	62	<5	<5	<3	<5

(*) Konzentrationen liegen über dem Grenzwert für QK B laut BRV-RL

Tabelle 4-8 zeigt die Gesamtgehalte an sieben Schwermetallen im Abbruchmaterial. Grundsätzlich ist die Schwermetallbelastung des Abbruchmaterials nicht kritisch im Hinblick auf die Ablagerung des Materials auf einer Baurestmassendeponie. Beim Vergleich zwischen den beiden Bauwerken fällt auf, dass Bauwerk A erhöhte Blei-, Chrom- Nickel- und Zinkwerte aufweist. Dies dürfte auf die relativ große Menge an Beschüttungen zurückzuführen sein. Sie stammen höchstwahrscheinlich aus einem nahegelegenen Stahlwerk. Daraus lässt sich auf eine gewisse Standortabhängigkeit der Schadstoffbelastung von Gebäuden schließen. Diese gilt jedoch nicht für Gebäude im Allgemeinen, denn sie können aus Baustoffen bestehen, die aus anderen Regionen stammen, deren Herkunft jedoch aufgrund der langen Lebenszeit von Gebäuden nicht mehr nachvollziehbar ist.

4.2.2.2 Eluationsversuche am Abbruchmaterial

Im Abbruchmaterial kann man einen gewissen Verdünnungseffekt erkennen. Die Konzentrationen an SO_4^{2-} und NO_3^- im Abbruchmaterial sind niedriger als in einzelnen belasteten Bauteilen. Dies ist auf die Vermischung von stärker belasteten Bauteilen mit großen Mengen weniger belasteten Baustoffen (z.B. Beton) zurückzuführen. Problematisch für die Deponierbarkeit ist das Abbruchmaterial vom Gebäude NÖ in Bezug auf die Nitratwerte. Für den Einsatz als Recyclingbaustoff sind beim selben Material die Werte für Nitrit in allen Fraktionen und für Sulfat in der Feinfraktion zu hoch. Ein sehr kritischer Eluatwert bei Abbruchmaterial liegt für Nitrit vor. Weniger hinsichtlich der Ablagerung auf Baurestmassendeponien (10 mg/kg), viel mehr wegen der geringen Grenzwerte bei der Verwendung als Recyclingbaustoff [2]. Die Analytik hat gezeigt, dass die untersuchten Baurestmassen hinsichtlich des Nitrits nur sehr eingeschränkt recyclingfähig sind. Es ist anzunehmen, dass sich dies durch sauren Regen erklären lässt.

Im Allgemeinen sieht man eine Anreicherung an Nitrat, Nitrit und Sulfat in den Feinfraktionen der Abbruchmaterialien. Abbildung 4-1 zeigt die Sulfat- und Nitratwerte für die einzelnen Fraktionen der beiden Abbruchmaterialien. Die Eluate der Feinfraktionen (<6,5 mm und <6,3 mm) enthalten vor allem erhöhte Sulfatkonzentrationen. Entfernt man durch Sieben die Feinfraktion aus dem Abbruchmaterial, so erhält man bezüglich der Eluate für SO_4^{2-} und NO_3^-

ein wesentlich besseres Material (Vergleiche in Abbildung 4-1 die Fraktionen „gesamt“ und „ohne Feinfraktion“ – Werte wurden berechnet).

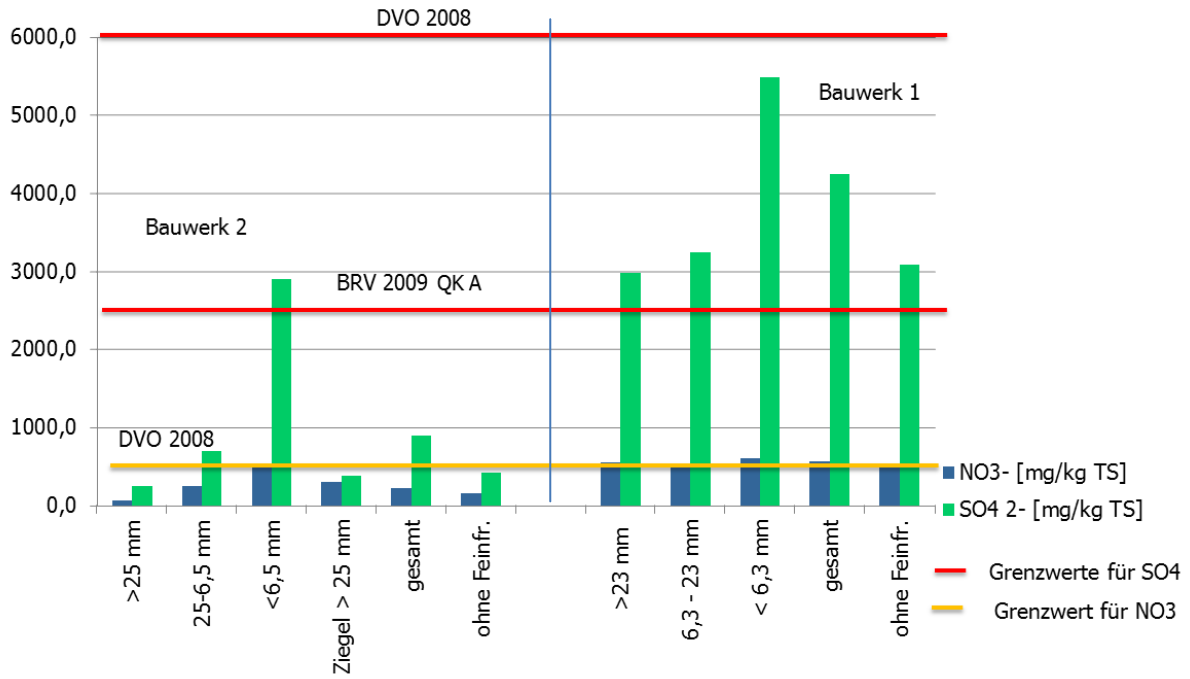


Abbildung 4-1: NO_3^- und $SO4^{2+}$- Belastung von Recyclingbaustoffen (Differenzen in den Fraktionen ergeben sich durch unterschiedliche Maschenweiten bei der Siebung)

Die Ergebnisse der Elutionsversuche, sowie die Bestimmung der Gesamtgehalte sowohl der Schadstofferkundung, als auch der Baurestmassen (Abbruchmaterial) sind in detaillierter Form Anhang A zu entnehmen.

5 Unsicherheiten in den Analysenergebnissen

Im Projekt EnBa kommen verschiedene analytische Methoden (Spektroskopie, Chromatographie, etc.) zu Einsatz. Diese Techniken sind sogenannte „relative Messmethoden“, d.h. es wird eine Größe (Absorption, Spannung, usw.) gemessen, die von der Konzentration einer Substanz abhängt. Die Zuordnung des Wertes dieser Messgröße zur Menge geschieht über eine Kalibrierfunktion, die vorher bestimmt werden muss. Ideal ist ein linearer Zusammenhang. Matrixeinflüsse müssen beachtet werden. Die Unsicherheiten beim Herstellen der Standards (für die Kalibrierfunktion) liegen in der Genauigkeit der verwendeten Waage und der volumetrischen Glasgeräte (Messkolben, Pipetten, usw.). Diese Unsicherheiten sind erfahrungsgemäß klein. So ist z.B. die Volumenangabe eines 50 ml Meßkolben mit einer Unsicherheit von +/- 0.06 ml versehen. Dies entspricht 0,12% des Nennvolumens. Um einen Rückschluss auf die Reproduzierbarkeit (Präzision) der Analysen zu tätigen, wurden Mehrfachbestimmungen an den Proben durchgeführt. Dies geschieht teilweise inhärent während einer Messung (z.B. ICP-OES, interne Mittelung über 3 Messwerte). Die Ausgabe des Gerätes ist ein Messwert und die Angabe des RSD (Relative Standard Deviation, relative Standardabweichung)-Werts. Dieser berechnet sich nach:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} * 100\%$$

Mit *V… Variationskoeffizient oder relative Standardabweichung*

s… Standardabweichung

$\bar{x}$ *…Mittelwert (Erwartungswert*

Der RSD-Wert erlaubt einen Vergleich der Streuung unterschiedlicher Konzentrationen oder Parameter. Im Rahmen der internen Qualitätskontrolle werden Messwerte mit einem RSD-Wert > 5% nicht akzeptiert. Eine Überschreitung dieser Schwelle entsteht z.B. bei Proben mit einer Analytenkonzentration außerhalb des zuvor kalibrierten Bereichs. In solchen Fällen kann durch Verdünnen der Probelösung oder Neukalibrierung zu niedrigeren Konzentrationen Abhilfe geschaffen werden.

Die Probennahmen wurden nach den einschlägigen Normen oder in naher Anlehnung daran (wenn es wegen technischer, zeitlicher oder personeller Gründe nicht anders möglich war) durchgeführt. Diese Normen zielen auf eine repräsentative Probengewinnung aus heterogenem Material ab. Fehlerquellen bei den Probenahmen sind bei der Bestimmung der Probemasse (Messunsicherheiten der verwendeten Waagen) festzumachen, wobei die Standardabweichung von Analysewaagen im Promillebereich liegt. Aussagen über Anteile in gesamten Gebäuden tragen außerdem noch die Unsicherheit, verursacht bei der Berechnung bzw. Abschätzung der totalen Gebäudemasse oder der Masse einzelner Baugruppenteile (z.B. Fliesen), in sich.

6 Schlussfolgerungen

Die chemische Analytik in Action 2 hat Schadstoffe in Gebäudeteilgruppen aufgezeigt und bestätigt. Hierbei konnten bestimmte Schwermetalle (z.B. Blei) sehr eindeutig bestimmten Quellen (Fliesen) zugeordnet werden, wobei punktuell auch Grenzwertüberschreitungen bis zu einem Faktor von 60 aufgetreten sind. Es ist aber festzuhalten, dass sich Erkenntnisse hinsichtlich Herkunft und vor allem Menge eines Schadstoffes nur schwer auf andere Gebäude übertragen lassen, da diese Faktoren sehr individuell von Standort, Nutzung, etc. abhängig sind.

Insgesamt hat sich herausgestellt, dass dies bei Betrachtung des Abbruchmaterials („Gesamtmasse“ eines Gebäudes) kaum zu Verletzung der gesetzlichen Bestimmungen für Baurestmassendeponien führt. Wertstoffe im Sinne des Projekts sind in Stückgütern (z.B. Rohrleitungen, Kabelschrott) vorhanden, kommen aber im mineralischen Anteil nur geringfügig vor.

Erwartungsgemäß konnte der weitläufige Einsatz von Asbest sowohl im mineralischen Anteil, als auch in Kunststoffen (Vinyl-Asbest, „Floor-Flex“ Platten) bestätigt werden. Das mangelnde Wissen um die Verwendung von Asbest in diesen Belägen oder auch als Asbestzement muss bezüglich Entfernung und Entsorgung dieser Materialien als bedenklich eingestuft werden. Hier wäre auch eine bessere Schulung der Abbruchfirmen und deren Mitarbeiter von Nöten, um auf bestehende Gefahren aufmerksam zu machen.

7 Literatur

[1] DeponieVO: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008). BGBl. II Nr. 39/2008

[2] Hirnschall H, Stanek W (2009), Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe: 33 – 43

[3] KRENKLER, K. (1980): Chemie des Bauwesens – Band 1: Anorganische Chemie. Springer – Verlag, Berlin.

[4] BRUNNER, P. H., STÄMPFLI, D. M. (1993): Material Balance of a Construction Waste Sorting Plant. Waste Management & Research 1, Vol. 11 p. 27-48.

[5] TOWNSEND, T., TOLAYMAT, T., LEO, K., JAMBECK, J.(2004): Heavy metals in recovered fines from construction and demolition debris recycling facilities in Florida. Science of the Total Environment 332, p. 1–11.

[6] EIKMANN, T., KLOKE, A. (1993): Nutzungsmöglichkeiten und Sanierung belasteter Böden. -Eikmann-Kloke-Werte-. VDLUFA-Schriftenreihe 34/1993.

[7] ÖNORM S 2123-3 „Probenahme für Abfälle - Teil 3: Beprobung fester Abfällen aus Stoffströmen, ausgegeben im Juli 2002

[8] ONR 192130 „Schadstofferkundung von Bauwerken vor Abbrucharbeiten“, ausgegeben im Mai 2006

[9] ZWIENER, G. (1997): Handbuch Gebäude – Schadstoffe für Architekten, Sachverständige und Behörden. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln.

[10] KURZ, R. (1994): Pentachlorphenol als Biozid in Bauhölzern und Einrichtungsgegenständen“ in: Schadstoffe in Gebäuden. Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein.

[11] ÖNORM EN 12457-4 „Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung - Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialen mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)“, ausgegeben im Jänner 2003

[12] ÖNORM L 1200 „Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Böden, Klärschlämmen und Komposten“, ausgegeben am 1. Jänner 2003

[13] DIN EN 15308:2008-05 „Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung ausgewählter polychlorierter Biphenyle (PCB) in festem Abfall unter Anwendung der Kapillar-Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektion oder massenspektrometrischer Detektion“, ausgegeben im Mai 2008

[14] ÖNORM M9405 „ Messung von Asbestfaserkonzentrationen in der Luft“, ausgegeben im Oktober 1993

8 Anhang

Anhang A Gesamtgehalte und Eluatwerte der einzelnen Gebäude

Legende:
Grenzwertüberschreitungen der DVO sind grau hinterlegt
Grenzwertüberschreitungen der einzelnen Qualitätsklassen für Recyclingbaustoffe sind durch die betreffende Klasse in hochgestellter Form dargestellt

Anhang B Analysebericht PAK Analytik

Anhang C Analysebericht PCB Analytik

Tabelle 9

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE STEIERMARK		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte laut DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Mineralische Material aus Gebäude									
Füllung Schüttung	10/561	34	67	<2	684	<5	<5	<3	<5
Füllung Schüttung	10/562	17	37	<1	121	95	38	<3	48
Mittelwert mineralische Fraktion		**26**	**52**	**<2**	**403**	**50**	**22**	**<3**	**27**
Abbruchmaterial (Recyclingmaterial)									
Mineral >25mm	10/193	<8	32	5	107	59	42	<3	62
Mineral 6,5-25mm	10/194	<8	31	4	226	59	49	<3	86
Mineral <6,5mm	10/195	51	250	<1	214	59	<5	<3	179
Mineral >25mm	10/197	8	20	4	90	34	56	<3	60
Mineral 6,5-25mm	10/198	65	263	<1	231	52	<5	<3	192
Mineral <6,5mm	10/199	<8	64	4	52	55	69	<3	91
Ziegel									
Ziegel	10/563	12	20	<1	85	31	32	<3	89
Anstrich									
Anstrich	10/273	9	74	1	25	9	<5	<3	2171
Dichtung/Kleber									
Dichtanstrich	10/253	<8	16	<1	37	15	<5	<3	51
Teer/Bitumen									
Teerabdeckung über Dach	10/269	<8	149	5	128	21	<5	<3	346
Terrputz	10/276	<8	394	<5	96	202	<5	<3	415
Estrich/Bitumen	10/560	<8	284	10	10	108	<5	3	67
Mittelwert Teer/Bitumen		**<8**	**276**	**7**	**78**	**110**	**<5**	**<3**	**276**

Tabelle 10

ERGEBNISSE ELUATIONSVERSUCHE: GEBÄUDE STEIERMARK													
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	NO3-	NO2-	NH4+	Cl-	SO_4^{2-}
Material	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Mineralisch													
Estrich	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A]	<1	0,1-0,3	<0,3	9,1	0,2	0,5	20	<500
Estrich	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	0,1	0,6	53	<500
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	54,6	0,8 [A+]	1,4 [A+]	458	9.356,1
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	30,1	0,2	1,2 [A+]	114	9.549,1
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	49,8	0,7 [A+]	4,5	267	10.028,1
Schüttung, mineralisch	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,6	0,5	<0,1	0,2	116,7	3,9 [B]	13,6 [B]	1.215	7.649,8
Schüttung, mineralisch	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	14,3	0,3	6,1 [A]	75	6.576,0
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	36,2	1,2 [A]	9,3 [B]	443	12.754,1
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	20,9	0,3	4,0	343	8.340,9
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	40,8	0,4	2,9 [A+]	70	10.119,4
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	19,6	0,8 [A+]	1,7 [A+]	950	10.364,5
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	35,6	0,4	0,5	142	9.345,4
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	124,9	8,0	0,4	317	13.517,4
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	29,1	0,2	3,0 [A+]	594	10.438,7
Füllung,schlackecharakter	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	103,8	1,6 [A]	93,9 [C]	866	15.650,4
Mittelwert	**<0,8**	**<1**	**<0,2**	**<0,2**	**<0,2**	**<0,2**	**<0,1**	**0,3**	**46,4**	**1,3 [A]**	**9,6 [B]**	**395**	**8979.3**
Abbruchmaterial (Recyclingmaterial)													
Mineral >25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	24,4	1,9 [A]	1,6 [A+]	69	<500
Mineral 6,5-25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	259,6	0,2	0,3	97	<500
Mineral <6,5mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	400,5	0,6 [A+]	0,6	74	2995,9 [A]
Mineral >25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	109,1	1,6 [A]	0,6	35	<500
Mineral 6,5-25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	230,0	1,0	0,5	60	1.140
Mineral <6,5mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	580,7	0,6 [A+]	0,3	88	2807,1 [A]
Ziegel													
Ziegel > 25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	261,9	0,2	0,3	92	<500
Ziegel > 25mm	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	332,6	0,2	0,2	47	<1000
Schlacken													
Schlackeschüttung, mineralisch	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	8,1	0,1	0,9	53	4079,5 [A]
Schlackeschüttung, mineralisch	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	0,0	0,3	47	3874,4 [A]
Mittelwert	<0,8	**<1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**9,0**	**<0,05**	**0,6**	**50**	**3977,9 [A]**

Grenzwertüberschreitung DVO Baurestmassen Deponie
Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A+
Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A
Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse B
Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse C

Tabelle 11

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE WIEN		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Mineralische Material aus Gebäude									
Mischprobe Wand/Boden	10/552	<8	7	<1	13	7	<5	<3	14
Mischprobe Wand/Boden	10/556	<8	17	1	155	16	23	<3	89
Mischprobe Wand/Boden	10/557	<8	10	<1	56	12	23	<3	75
Mischprobe Wand/Boden	10/558	<8	3	<1	19	8	8	<3	9
Mörtelbeschinchtung Kamin	09/998	<8	7	<1	14	8	9	<3	19
Mörtelbeschinchtung Kamin	09/999	<8	170	<1	29	6	11	<3	19
Bodenprobe	09/1001	<8	12	<1	30	7	16	<3	47
Mischprobe von Innen und Ausenwände	09/1003	<8	11	<1	45	11	22	<3	42
Granintleiste	10/72	<8	13	4	346	15	257	<3	43
Betonbrocken	10/573	<8	5	<1	33	15	9	<3	19
Mörtel von 10/572 Ziegel	10/587	<8	6	<1	19	7	6	<3	33
Mittelwert mineralische Fraktionen		**<8**	**24**	**1**	**69**	**10**	**35**	**<3**	**37**
Ziegel									
Ausw and (Ziegel Keller 2 Stellen)	22920	<8	22	4	77	24	57	<3	77
Ziegel	10/572	<8	13	<1	106	25	37	<3	87
Mittelwert Ziegel		**<8**	**18**	**3**	**92**	**25**	**47**	**<3**	**82**
Anstriche									
Anstrich	10/549	<8	12	<1	9	5	<5	<3	171
Anstrich	10/550	<8	6	<1	12	5	<5	<3	25
Mittelwert Anstriche		**<8**	**9**	**<1**	**11**	**5**	**<5**	**<3**	**98**

Tabelle 12

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE WIEN		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Fliesen									
Fliesen	10/553	<8	117	<1	472	67	65	<3	378
Dichtungen/Kleber									
Dichtung/Kleber	10/554	9	16	<1	57	30	18	<3	72
Fensterkitt (Stiegenhaus)	09/921	51	97	<1	170	5	118	<3	33
Mittelwert Dichtungen/Kleber		**30**	**57**	**<1**	**113**	**17**	**68**	**<3**	**53**
Verputz									
Mischprobe Verputz	09/915	<8	18	5	49	10	20	<3	57
Heraklithe									
Mischprobe Heraklitt 7St.bis EG	09/1007	160	<5	<1	209	<5	<5	<3	<5
Teer/Bitumen									
Dach Teerpapendichtung	09/997	<8	277	<1	133	74	<5	<3	<25
Gussteerboden (Käfigraum)	21094	<8	21	<1	<5	21	<5	3	94
Gussteerboden (Wärmepumpenraum)	22190	<8	<5	<1	<5	10	<5	<3	<5
Gussteerboden (Stiegenraum)	24381	<8	184	5	<5	84	<5	3	16
Teeranstrich (im großen Bad hinter Fließen und Verputz)	09/917	<8	309	<1	10	129	<5	<3	<5
Mittelwert Teer/Bitumen		**<8**	**159**	**2**	**32**	**64**	**<5**	**<3**	**29**

Tabelle 13

ERGEBNISSE ELUATIONSVERSUCHE: GEBÄUDE WIEN													
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	NO3-	NO2-	NH4+	Cl-	SO_4^{2-}
Material	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Mineralisch													
Beton	<1	<1	<1	<1 [A]	<1 [A+]	<1	0,1-0,3	<0,3	8,43	1,1 [A]	0,7	<10	<500
Beton	<0,8	<1	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	0,24 [B]	0,58	30,65	<500
Mörtel	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	62,66	9,77 [C]	1	32,62	4433 [A]
Mittelwert	**<1**	**<1**	**<0,4**	**<0,5**	**<0,1**	**<0,4**	**<0,2**	**<0,2**	**<27,0**	**3,7 [B]**	**0,5**	**24,4**	**1811**
Ziegel													
Ziegel	<0,8	<1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	10,5	0,5	0,2	25	11516[C]

Grenzwertüberschreitung DVO Baurestmassen Deponie

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A+

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse B

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse C

Tabelle 14

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE NÖ (I)		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Anstriche									
Anstrich	10/564	14	52	<1	15	87	5	<3	255
Fliesen									
Fliesen	10/567	<8	6275	1	136	31	38	<3	2013
Dichtungen/Kleber									
R 103 Kleber Tepichboden	10/324	8	10	<5	69	18	26	<3	307
Dichtung/Kleber	10/568	<8	35	<1	90	10	9	<3	62
Dichtung/Kleber	10/569	<8	55	<1	40	19	10	<3	55
Mittelwert Dichtungen/Kleber		**<8**	**34**	**2**	**66**	**16**	**15**	**<3**	**141**
Schlacken									
R 107 Schlackenschüttung 1 Schicht	10/318	<16	62	<1	70	95	35	<3	132
R 107 Schlackenschüttung 2 Schicht	10/319	<8	9	<1	70	9	29	<3	23
Mittelwert Schlacken		**<12**	**35**	**<1**	**70**	**52**	**32**	**<3**	**77**
Teer/Bitumen									
Dachboden Teerpappe	10/339	<8	170	<1	16	119	<5	<3	21

Tabelle 15

ERGEBNISSE ELUATIONSVERSUCHE: GEBÄUDE NÖ (I)													
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	NO3-	NO2-	NH4+	Cl-	SO_4^{2-}
Material	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Mineralisch													
Aussenwand, Verputz	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	2094,2	1,2[A]	3	1124,4	5944,1
Innenwand, Verputz	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	4401,5	2,4[B]	11,5[B]	987,7	2093,3[A+]
Mörtel von Kamin2	<0,8	<1	<0,1	0,5[A+]	0,8[A+]	0,9	<0,1	<0,1	1483,9	1,7[A]	5,8[A]	450,7	8086,7[A]
Mörtel von Kamin1	<0,8	<1	<0,1	1	1,5[A]	0,9	<0,1	<0,1	666,5	2,7	9,8	852	11169,8[C]
Mittelwert	**<0,8**	**<1**	**<0,1**	**0,4[A+]**	**0,6**	**0.5**	<0,1	**0.2**	**2161,5**	**2[A]**	**7,5[A]**	**853,7**	**6823,5[A]**
Abbruchmaterial (Recyclingmaterial)													
Mineral >20mm	<0,8	<1	<0,1	0,4[A+]	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	560,6	7,1[B]	1,2[A+]	232,3	3190,9
Mineral 6,3-20mm	<0,8	<1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	507	3,2[B]	1	216,2	3091,1
Mineral <6,3mm	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	580,6	7,7[B]	3,3[A+]	216,6	4818,7
Mineral >20mm	<0,8	<1	<0,1	0,4[A+]	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	533	5,4[B]	1,7[A+]	224,4	2777,9
Mineral 6,3-20mm	<0,8	<1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	509,2	3,7[B]	0,6	271	3388,7
Mineral <6,3mm	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	620,1	7,4[B]	1,2[A+]	191,2	6170,5
Ziegel													
Ziegel u. Mörtel von Kamin	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	404,4	2,4	176,9[C]	798	6173,7
Lehmziegelwand	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	116,7	0,3	30,3[C]	38,4	<500
Ziegel von Kamin2	<0,8	<1	<0,1	0,1	0,2	0,3	<0,1	0,2	1663,2	0,4	15,3[B]	989,6	4242[A]
Dachziegel	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	281,1	0,2	2,6[A+]	65,1	2616,8[A]
Ziegel von Kamin1	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	<0,1	458,5	0,2	130,2[C]	892,8	6511,8[A]
Mittelwert	**<0,8**	**<1**	**<0,1**	**<0,1**	**0,2**	**0,2**	**<0,1**	**0,1**	**584,8**	**0,7[A+]**	**71,1[C]**	**556,8**	**4008,9[A]**
Schlacken													
Schlackenschüttung 1Schicht	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	9388,4	0,6[A+]	2,1[A+]	2483,1	2531,7[A]
Schlackenschüttung 2 Schicht	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	4496,4	0,1	1,4[A+]	1065,5	<1000
Mittelwert	**<0,8**	**<1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**0,2**	**6942,4**	**0,4**	**1,8[A+]**	**1774,3**	**1765,9[A+]**

Grenzwertüberschreitung DVO Baurestmassen Deponie

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A+

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse B

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A

Grenzwertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse C

Tabelle 16

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE NÖ (II)		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Mineralische Material aus Gebäude									
Dachboden: oberste Schüttung 20/20cm 5 Pos. (Schüttung, Holz, Schüttung, Holz, Mörtel)	10/633	<8	19	<1	51	10	15	<3	48
Dachboden: unterster Bauteil (Mörtel) 20/20cm 6 Pos.	10/634	<8	16	<1	28	8	5	<3	84
1 OG: Putz Innenwände (Ziegel) 15/15cm 6 Pos d:10-30mm	10/637	<8	20	<1	19	8	6	<3	19
EG: Putz Innenwände (Naturstein) 15/15cm 6 Pos d:10-50mm	10/638	<8	14	<1	28	5	11	<3	19
EG: Estrich Küche d: ~70mm	10/642	<8	15	<1	35	6	9	<3	23
EG: Estrich Eingangsraum d: ~4cm	10/643	<8	20	<1	24	14	9	<3	31
1 OG: Boden über Eingangsraum 6 Pos	10/644	<8	20	<1	37	11	11	<3	37
1 OG: Boden Schüttung 2 Pos d: 2-10cm (laut Besitzer überall gleich)	10/645	<8	95	<1	55	14	17	<3	49
EG: Decke unterster Bauteil (Mörtel) 20/20cm 4 Pos (Aufbau wie OG)	10/647	<8	12	<1	27	6	8	<3	27
EG: Bodenquerschnitt 10 Pos	10/648	<8	13	<1	25	10	6	<3	32
EG: Wandquerschnitt (Naturstein) 10 Pos d: 30-80cm	10/649	<8	14	<1	55	8	16	<3	46
Keller: alle Wände (Naturstein) 6 Pos, gewachsener Boden	10/652	<8	18	<1	29	5	20	<3	29
Außenwände: alle Seiten 30/30cm	10/653	<8	17	<1	18	6	5	<3	18
Mittelwert mineralische Fraktion		**<8**	**23**	**<1**	**33**	**9**	**11**	**<3**	**36**
Ziegel									
Dachziegel	10/632	<8	14	<1	29	9	9	<3	24
Fliesen									
EG: Fließen Eingangsraum 1Stk 20/10cm	10/639	<8	2670	<1	180	50	76	<3	346
EG: Fließen Badezimmer 2Stk 20/10cm	10/640	<8	3134	<1	139	44	60	<3	134
EG: Fließen Küche 2Stk 25/25cm	10/641	<8	7	<1	12	6	<5	<3	19
EG: Fließen Badezimmer (klein) 2Stk 8/16cm	10/651	<8	58	<1	129	53	55	<3	2149
Mittelwert Fliesen		**<8**	**1467**	**<1**	**115**	**38**	**49**	**<3**	**662**

Tabelle 17

ERGEBNISSE ELUATIONSVERSUCHE: GEBÄUDE NÖ (II)													
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	NO3-	NO2-	NH4+	Cl-	SO_4^{2-}
Material	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Mineralisch													
Schüttung	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	492	3,7[B]	9,3[B]	209	929
Mörtel	<0,8	<1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,4	184	12,3	6,7[A]	34	<500
Ziegel	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	260	5,2[B]	7,5[A]	62	<1000
Naturstein	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,9	7915	7,7[B]	6,2[A]	914	<500
Estrich	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2163	1,1[A]	10,3[B]	1165	1436
Estrich	<0,8	<1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3237	0,7[A+]	2,2[A+]	555	2319[A+]
Schüttung	<0,8	<1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	829	5,1[B]	43,9[C]	379	<500
Mörtel	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	217	9,5[C]	12[B]	82	10304[C]
Außenw and Verputz	<0,8	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	4661	0,7	6,2[A]	589	1416
Mittelw ert	**<0,8**	**<1**	**<0,1**	**0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**<0,1**	**1,3**	**2218**	**5,1[B]**	**11,6[B]**	**443**	**3281[A]**

Grenzw ertüberschreitung DVO Baurestmassen Deponie

Grenzw ertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A+

Grenzw ertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse A

Grenzw ertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse B

Grenzw ertüberschreitung Recycling-Baustoffe Qualitätsklasse C

Tabelle 18

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE NÖ (III)		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Mineralische Material aus Gebäude									
Estrich Dachboden Haus Neu	10/729	<8	<5	<1	7	8	3	<3	12
(ESTRICH) Deck 1OG Hausalt	10/730	<8	7	<1	8	5	4	<3	74
Innenwand 1OG Haus alt (Bohrprobe)	10/733	9	12	<1	44	15	21	<3	57
Sprühbeton Innenwand 1OG Haus alt (Stückgut)	10/735	<8	10	1	30	13	16	<3	57
Innenwand EG Haus Alt (Bohrprobe)	10/742	133	220	<1	204	37	<5	<3	149
Wand Kühlraum EG Haus,alt (Bohrprobe)	10/743	<8	52	<1	<5	<5	<5	<3	10
Ausenwand EG Haus alt (Bohrprobe)	10/744	<8	9	<1	34	10	16	<3	44
Kellerwände Keller Hausalt (Bohrprobe)	10/748	<8	8	<1	26	10	10	<3	26
Innenwände 1OG Haus neu (Bohrprobe)	10/749	68	267	<1	220	46	<5	<3	157
Ausenwände 1OG Haus neu (Bohrprobe)	10/750	8	10	<1	30	13	12	0	48
Boden Gang 1OG Haus neu Betonboden MP (Bohrprobe)	10/757	<8	7	<1	8	11	<5	<3	27
Wand EG Haus neu stärke ca450mm (Bohrprobe)	10/761	41	228	<1	197	46	<5	<3	135
BetonBoden EG Haus neu (Bohrprobe)	10/762	<8	<5	<1	7	6	3	<3	25
Säule EG Haus neu (Bohrprobe)	10/763	13	15	<1	47	76	66	<3	170
Wände Keller Haus neu (Bohrprobe)	10/764	<8	9	<1	14	7	7	<3	42
Schüttung (MLR) Dachboden Haus alt (unter Ziegelboden)	10/728 A	8	83	<1	97	21	39	<3	82
Schüttung 1OG Haus alt	10/731	<8	24	<1	27	6	9	<3	21
Mittelwert mineralische Fraktion		**21**	**57**	**<1**	**59**	**20**	**14**	**<3**	**67**
Ziegel									
Ziegel ABC(MLL) Dachboden Haus alt	10/726 A	<8	17	<1	76	13	28	<3	55
Ausenwand 1OG Haus alt (Bohrprobe) Wanstärke 600mm Ziegel	10/736	42	252	<1	216	33	<5	<3	145
Mittelwert Ziegel		**25**	**135**	**<1**	**146**	**23**	**17**	**13**	**100**

Tabelle 19

ERGEBNISSE: ABBRUCHGEBÄUDE NÖ (III)		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Grenzwerte DVO Baurestmassen Deponie		**200**	**500**	**10**	**500**	**500**	**500**	**3**	**1500**
Probenahme	**Probe Nr**								
Fliesen									
Fliese Bad 150*150*8 1OG Hausalt	10/737	<8	30725	<1	47	243	7	<3	43
Mosaik Fliese Bade 20*20*6 (20,schw arze,w eiße) 1 OG Hausalt	10/738	9	67	<1	114	39	69	<3	132
Fliese Nasszelle 200*450*8 1OG Hausalt	10/740	8	917	<1	67	26	33	<3	59952
Fliese WC 150*150*8 1OG Hausalt	10/741	69	2069	5	453	49	30	<3	485
Fliesen Boden EG Haus alt 240*220*11	10/745	<8	2404	<1	140	70	209	<3	190
Fliese Wand Küche EG Haus alt 150*150*5	10/746	<8	6377	<1	148	33	95	<3	988
Fliese Wand Küche EG Haus alt 150*150*5	10/747	<8	27237	1	144	34	90	<3	1263
Fliese Gang Sockelleiste 255*85*20 1OG Haus neu	10/752	<8	24	<1	97	49	44	<3	113
Fliese Wand Bad 1OG Haus neu 200*200*8	10/753	11	6018	1	122	42	75	<3	1496
Fliese Bad Boden 1OG Haus neu 200*200*10	10/754	<8	16470	1	147	46	74	<3	2211
Fliese Boden Gang 1OG Haus neu 270*180*12	10/755	<8	27230	1	105	49	48	<3	98
Fliese Stiegenaufgang 1OG Haus neu 1180*300*25	10/756	<8	8	1	222	12	171	<3	29
Fliese Stiegekeller Haus neu 290*200*7	10/767	17	2525	<1	245	15	22	<3	1665
Fliese Keller Wand WC Herren Haus neu 250*200*6	10/768	22	1202	<1	80	16	21	<3	302
Fliese Keller Wand WC Damen Haus neu 150*150*4	10/769	8	1626	<1	149	27	81	<3	370
Mittelwert Fliesen		**14**	**8327**	**1**	**152**	**50**	**71**	**<3**	**4622**
Schlacken									
Schlackenzement Innenw ande 1OG Haus alt (Stückgut)	10/734	<40	905	<5	538	32	<5	<3	<5
Bodenbeton Schlacke, Dämmw olle Raum,,CHOFIN 1OG Haus Neu 250*125*3	10/759	<8	26	<1	21	175	5	<3	52
Schüttung Beton Boden EG Schlacke,50-150mm	10/760	139	755	<5	<25	<5	<5	<3	<5
Mittelwert Schlacken		**62**	**545**	**4**	**195**	**71**	**5**	**<3**	**21**
Teer/Bitumen									
Boden Keller Haus neu (Bohrprobe), Bitumen (20-30) auf Beton	10/765	15	193	10	15	25	<5	<3	<5

Anhang B

Analyse von PAHs in Bauschutt-Proben verschiedenen Ursprungs

Durchgeführt für:
DI Dr. Johannes Schnöller
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
TU Wien
Karlsplatz 13/226
Tel: +43 1 58801 / 226 85
Fax: +43 1 58 801 / 9 226 85
Email: j.schnoeller@iwa.tuwien.ac.at

E. Rosenberg, S. Drozdova,K. Kuprevics, A. Nagl

Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
Instrumentelle Analytische Chemie
Getreidemarkt 9/164 AC
A-1060 Wien, Österreich
Tel. 01/58801-15190
Email: erosen@mail.zserv.tuwien.ac.at

Report 2010/22/ER/SD/KK/AN

November 2010

Ziel der Untersuchungen

Bei verschiedenen Bauschutt- bzw. Baumaterial-Proben sollten die Konzentrationen der 16 Leit-PAHs nach EPA (Acenaphthene, Acenaphthylene, Antracene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo[a]pyrene, Chrysene, Dibenz[a,h]antracene, Fluoranthene, Fluorene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene, Naphthalene, Phenanthrene, Pyrene) untersucht werden.

Untersuchte Proben

Die Probenahme erfolgte durch den Auftraggeber. Alle untersuchten Proben wurden uns von Herrn Dr. Schnöller übergeben. Der erste Satz an Proben (übergeben am 18.05.2010) umfasste folgende Proben:

Labor Nr.	Ort	Bezeichnung	Typ	Hot spot
09/999	Wien	Mörtelbesch.	Mörtel K	X
10/57	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/60	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/66	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/253*	Steiermark	Tankraum D.	Belag	X
10/273	Steiermark	Anstrich R005	Anstrich	X
10/318	NÖ1	R 107 Schlachth.	Schüttung	X
10/319	NÖ1	R 107 Schlachth.	Schüttung	X
10/320	NÖ1	R 107 Kamin	Ziegel, Mörtel	X
10/324*	NÖ1	R 103 Kleber	Kleber	X
10/333	NÖ1	Dachboden Ziegel	Ziegel K	X
10/334	NÖ1	Dachboden Mörtel	Mörtel K	X
10/337	NÖ1	Dachboden Ziegel	Ziegel K	X
10/338	NÖ1	Dachboden Mörtel	Mörtel K	X
10/340	NÖ1	Dachboden F	Schüttung	X
10/343*	NÖ1	R 201 Heraklit	Heraklit	X

*Von diesen 16 Proben waren 13 auf PAHs zu untersuchen (Eine davon, Probe 10/273, auf PAHs und PCBs). Mit * sind diejenigen Proben gekennzeichnet, die nicht auf PAHs, sondern nur auf PCBs zu untersuchen waren – siehe gesonderter Bericht.*

Der zweite Satz an Proben umfasste 21 Proben und wurde am 27.07.2010 übergeben.

Labor Nr.	Ort	Bezeichnung	Typ	Hot spot
09/913	Wien	Fugendichtung v. Kunstlaminat (Gang, unter d. Teppich).	Fugendichtung	X
09/917 *	Wien	Teeranstrich (im großen Bad hinter Fliesen und Verputz)	Bitumen	X
09/921	Wien	Fensterkitt (Stiegenhaus)	Kitt	X
09/997	Wien	Dach Teerpappendichtung	Bitumen	X
09/998	Wien	Mörtelbeschichtung Kamin	Mörtel K	X
09/1000 *	Wien	Fugenmasse Türdichtung	Fugenmasse Türdichtung	X
10/68 **	Wien	Gebäudeaußenwand Dämmwolle	Mineralwolle	X
10/221	Wien	Gebäudeaußenwand Kunststoff-streifen	Belag	
10/560	Steiermark	Mischprobe 10/252,275	Estrich	X
10/562	Steiermark	Mischprobe 10/271,272	Schüttung	X
10/254 *	Steiermark	R 101 Kleber von PVC-Belägen	Belag	X
10/269	Steiermark	Teerabdeckung über Dach	Bitumen	X
10/276	Steiermark	R 001 Teerputz	Bitumen	X
10/323 **	NÖ1	R 103 Decke alt Heraklitt+Verputz Schlachth.	Heraklitt	X
10/339	NÖ1	Dachboden Teerpappe	Bitumen	X
10/635	NÖ2	1.OG: Kamin Innenwand	Ziegel K	X
10/636	NÖ2	1. OG: Selchkammer Boden	Ziegel K	X
10/751	NÖ3	Kamin 1. OG Haus neu aus Putz-schacht Hot Spot	Kamin Ziegel	X
10/765	NÖ3	Boden Keller Haus neu (Bohrpro-be), Bitumen (20-30)	Bitumen	X
10/766	NÖ3	Boden Kegelbahn Keller Haus neu (Stückprobe) Bitumen	Bitumen	X
10/566	NÖ1	Estrich/Bitumen	Bitumen	X

Von diesen 21 Proben waren nur 16 Proben auf PAHs zu untersuchen, weil entweder zu wenig Probe vorlag (*), oder die proben nur auf Asbest untersucht wurden (**).

Die Klassifizierung der Proben als „Hot spot“ erfolgte durch den Auftraggeber.

Die Methodenentwicklung für die Messungen erfolgte zwischen Juni und September 2010, die Messungen der Proben im Oktober 2010.

Messbedingungen

Extraktion von ca. 2 g Probe (exakt gewogen) mit 2 x 10 ml Petrolether (Siedebereich 40/60°C, mit isotopenmarkierten internen Standards D8-Naphthalin und D10-Anthracen sowie 4,4'-Dibrmobiphenyl @ 1 mg/ml) im Ultraschallbad für je 20 min. Einengung der vereingten PE-Phase auf ca. 1 ml im Rotavapor. Clean-up der Probe über Florisil (1 g). Elution mit Isooktan/Toluol 4:1. Gesammeltes Eluat wird unter N2-Strom zur Trockenheit eingeengt und mit exakt 1 ml Petrolether 40/60°C aufgenommen. Analyse mittels GC/MS im Selected Ion Monitoring (SIM) Modus. ThermoFisher UltraTrace GC mit DSQ II Single Quadrupol-Massenspektrometer. Säule Restek RTX-5MS, 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm Filmdicke mit polar deaktivierter Vorsäule (5 m x 0.32 mm). Ofenprogramm: 40 °C (1min) → 20 °C/min → 200 °C → 4 °C/min → 310°C (5.0 min). Injektor: 300°C konst. Temp., splitlos; purge nach 1 min. Injectionsvolumen 2 µl. Transfer line T=325°C. MS source T=200 °C. Scan start time: 5,5 min. Datenaufzeichnung: kombinierter Scan/SIM; Scan range: 29-400 m/z. Quantitative Auswertung über das Quantifier-Ion, Bestätigung über ein zweites Qualifier-Ion, welches im selben Retentionszeit- fenster mitgemessen wird. Quantifizierung erfolgt relativ zu den jeweils nächsten Internen Standards (deuterierten PAHs).

Ergebnisse

Ein Chromatogramm einer Kalibrationslösung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Die Nachweisgrenzen und die hierfür ausgewerteten Massenspuren (m/z, erste Spalte) sind in Tab. 1 wiedergegeben.

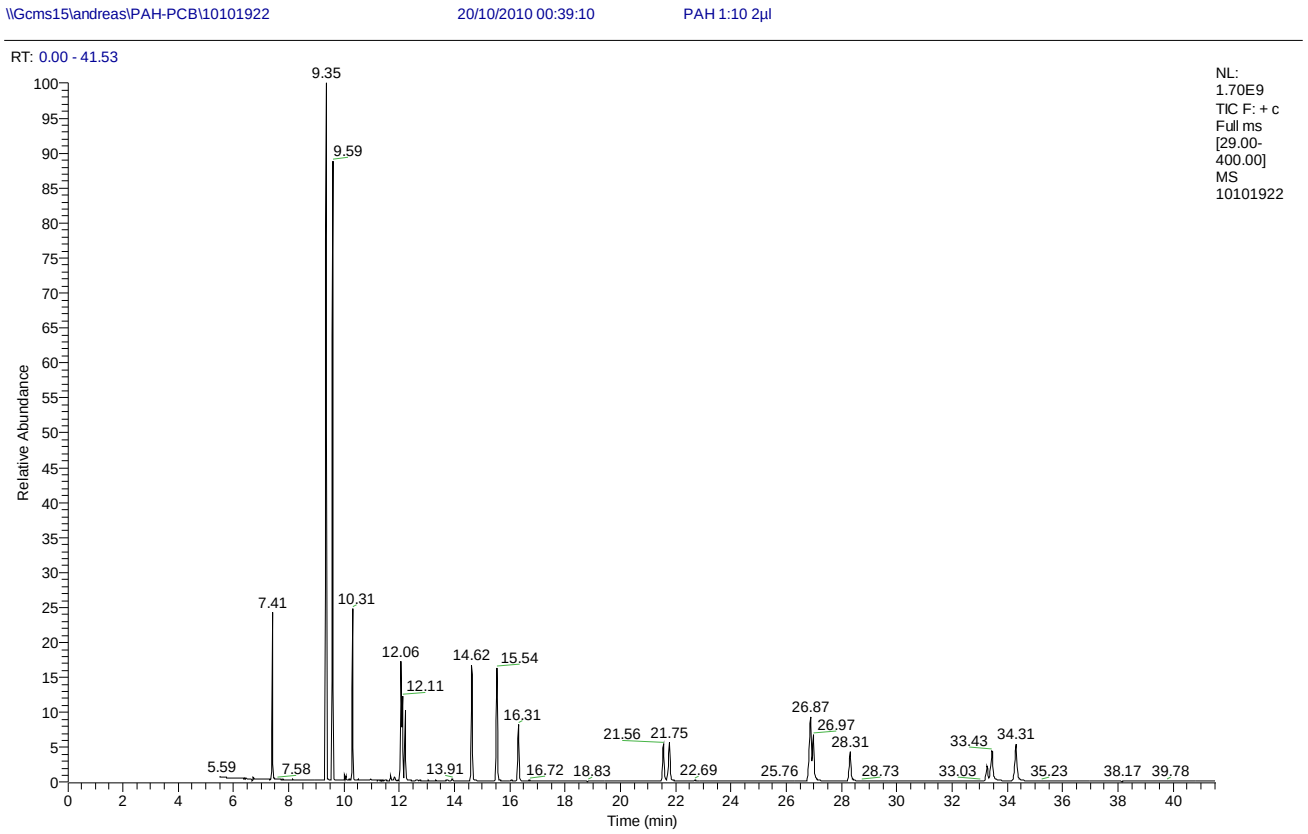


Abbildung 8-1: Chromatogramm eines PAH-Standard (1:10 verdünnt) in Isooctane + ISTD im SIM-Modus.

Tabelle 8-20: Tabelle 1 zeigt Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten PAHs, Gleichungen der Kalibrationsgeraden und ausgewertete Massenspuren (m/z-Verhältnisse; ISTDs sind „ausgegraut“).

m/z	Compound	LOD, ppm	LOQ, ppm	Calibration Line
136	Naphtalene D8			
128	Naphtalene	0,20	0,75	y=1.018x-0.00275
152	Acenaphthylene	0,50	2,07	y=0.77469x-0.00371
153	Acenaphthene	0,61	2,19	y=0.97225x-0.00802
166	Fluorene	0,10	0,35	y=1.35706x-0.01906
188	Phenantrene D10			
176, 188	Phenantrene	0,08	0,29	y=1.28623x-0.00351
176, 188	Anthracene	0,02	0,08	y=1.24411x-0.00788
312	4,4' Dibromobiphenyl			
202	Fluoranthene	0,06	0,24	y=2.6048x-0.01364
202	Pyrene	0,02	0,08	y=2.62865x-0.00746
228	Benzo[a]anthracene	0,03	0,11	y=3.12686x-0.01718
228	Chrysene	0,04	0,14	y=2.21616x-0.00902
252	Benzo[b]fluoranthene	0,10	0,37	y=2.08885x-0.02433
252	Benzo[k]fluoranthene	0,01	0,24	y=2.820944x-0.01511
252	Benzo[a]pyrene	0,08	0,27	y=-0.004920+1.3103x+1.9745x^2
276	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0,06	0,23	y=-0.00268+0.383525x+1.3835x^2
278	Dibenz[ah]anthracene	0,42	1,54	y=-0.0049+0.3227x+0.9993x^2
276	Benzo[ghi]perylene	0,21	0,73	y=-0.0071+0.8258x+0.6696x^2

Die Ergebnisse der PAH-Messungen an den einzelnen Proben sind in den folgenden Tabellen 2 -5 wiedergegeben.

Tabelle 8-21

m/z	Compound	RT [min]	10/333	10/337	10/338	10/334	10/320	09/998	09/999	10/765	10/566
136	Naphtalene D8	7,38									
128	Naphtalene	7,4	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,08	0,07	0,11	0,08
152	Acenaphthylene	9,32	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,11	0,43	0,10	0,18
153	Acenaphthene	9,56	0,96	1,95	0,15	0,30	1,05	10,05	1,03	4,64	9,20
166	Fluorene	10,29	0,84	0,80	0,14	0,26	0,65	10,25	0,38	1,34	7,70
188	Phenantrene D10	12,05									
176, 188	Phenantrene	12,11	2,70	0,47	0,33	0,16	0,79	28,24	1,62	49,58	16,90
176, 188	Anthracene	12,22	0,57	0,09	0,09	0,03	0,15	5,91	0,25	10,53	3,33
312	4,4' Dibromobiphenyl	14,62									
202	Fluoranthene	15,51	0,59	0,35	0,03	0,09	0,48	3,64	0,30	48,00	0,77
202	Pyrene	16,3	0,32	0,29	0,06	0,11	0,34	2,02	0,17	35,40	0,39
228	Benzo[a]anthracene	21,57	0,04	0,05	0,02	0,04	0,07	0,05	0,02	13,93	0,04
228	Chrysene	21,76	0,04	0,06	0,02	0,04	0,20	0,05	0,02	19,78	0,05
252	Benzo[b]fluoranthene	26,82		0,11		0,09	0,11			11,67	0,10
252	Benzo[k]fluoranthene	26,89				0,05	0,06	0,04		7,54	0,05
252	Benzo[a]pyrene	28,31		0,22		0,07	0,06			6,86	0,08
276	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	33,27								3,46	0,16
278	Dibenz[ah]anthracene	33,44								0,07	0,01
276	Benzo[ghi]perylene	34,26		0,04		0,04	0,03			2,07	0,06
	Summe PAKs [mg/kg]		**6,14**	**4,53**	**0,91**	**1,36**	**4,08**	**60,44**	**4,29**	**215,10**	**39,09**

Tabelle 8-22

m/z	Compound	RT [min]	10/340	10/319	10/273	10/318	10/635	10/636	10/60	10/66	10/67
136	Naphtalene D8	7,38									
128	Naphtalene	7,4	0,03	0,03	0,04	0,07	0,64	0,11	1,07	1,10	1,57
152	Acenaphthylene	9,32	0,05	0,06	0,05	0,06	0,64	0,56	2,08	2,51	2,28
153	Acenaphthene	9,56	0,30	0,41	0,41	0,64	0,98	1,38	24,69	6,91	22,76
166	Fluorene	10,29	0,17	0,39	0,18	0,24	2,68	2,77	5,65	2,05	3,54
188	Phenantrene D10	12,05									
176, 188	Phenantrene	12,11	0,10	0,49	0,13	0,17	49,13	72,00	6,99	2,76	4,45
176, 188	Anthracene	12,22	0,01	0,09	0,02	0,03	4,46	6,58	1,21	0,55	0,59
312	4,4' Dibromobiphenyl	14,62									
202	Fluoranthene	15,51	0,10	0,09	0,27	0,14	52,39	69,54	2,61	3,45	2,83
202	Pyrene	16,3	0,11	0,09	0,18	0,15	47,20	57,50	2,27	3,14	2,79
228	Benzo[a]anthracene	21,57	0,02	0,02	0,04	0,04			0,86	1,84	1,16
228	Chrysene	21,76	0,03	0,02	0,09	0,04			1,77	2,60	2,53
252	Benzo[b]fluoranthene	26,82		0,08	0,12	0,09		0,07	2,04	3,26	2,26
252	Benzo[k]fluoranthene	26,89	0,04				11,17	13,16			
252	Benzo[a]pyrene	28,31	0,06	0,06	0,07	0,07	5,83	5,94	2,18	2,62	2,51
276	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	33,27		0,11	0,11	0,11	4,31	4,97	3,06	5,13	2,32
278	Dibenz[ah]anthracene	33,44		0,01	0,01		0,03	0,03	0,26	0,45	0,26
276	Benzo[ghi]perylene	34,26		0,04	0,04	0,04	2,87	3,78	1,49	1,78	2,14
	Summe PAKs [mg/kg]		**1,02**	**1,98**	**1,74**	**1,87**	**182,33**	**238,38**	**58,23**	**40,17**	**53,99**

Tabelle 8-23

m/z	Compound	RT [min]	10/560	10/269	10/339	10/751	10/766	10/221	10/562	09/997
136	Naphtalene D8	7,38								
128	Naphtalene	7,4	1,01	3,51	5,69	0,17	1,03	0,19	1,07	2,00
152	Acenaphthylene	9,32	3,02	0,86	7,18	0,26	3,75	0,10	4,29	14,7
153	Acenaphthene	9,56	31,94	722,04	18,31	7,97	337,17	5,63	110,69	1984,80
166	Fluorene	10,29	25,50	49,02	74,46	7,49	195,26	3,72	12,85	1196,40
188	Phenantrene D10	12,05								
176, 188	Phenantrene	12,11	130,00	950,26	109,92	29,89	358,65	7,52	2,07	1861,00
176, 188	Anthracene	12,22	12,84	21,03	1,44	5,23	78,98	1,52	0,23	444,70
312	4,4' Dibromobiphenyl	14,62								
202	Fluoranthene	15,51	18,70	78,25	82,94	30,30	35,14	7,81	0,07	244,5
202	Pyrene	16,3	14,44	48,17	5,06	24,43	23,90	12,15	0,22	124,6
228	Benzo[a]anthracene	21,57	1,24	6,02	12,96				0,03	7,20
228	Chrysene	21,76	2,66	2,71	70,91	8,25	7,50	1,28	0,02	25,2
252	Benzo[b]fluoranthene	26,82	1,12	3,02	15,68		2,07			
252	Benzo[k]fluoranthene	26,89	1,30	6,56	9,16	2,77	2,53		0,07	30,20
252	Benzo[a]pyrene	28,31	2,81	1,39	29,10				3,73	93,50
276	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	33,27						0,42	0,42	99,00
278	Dibenz[ah]anthracene	33,44							0,02	47,5
276	Benzo[ghi]perylene	34,26	2,39	7,92	13,62				0,71	100,2
	Summe PAKs [mg/kg]		**248,96**	**1900,77**	**456,44**	**116,74**	**1046,00**	**40,33**	**136,48**	**6275,57**

Zusammenfassung

In allen untersuchten Proben waren PAHs detektierbar, zum Teil in Konzentrationen, die die geltenden Grenzwerte für die Ablagerung als Bauschutt deutlich übersteigen. In einigen Fällen werden Konzentrationen berichtet, die unterhalb der mittels der Kalibrationsmethode (nach DIN 32645) ermittelten Bestimmungsgrenze liegen. Dennoch sind diese Konzentrationen gut auswertbar, da die nach der DIN 32645 ermittelten Verfahrenskenngrößen sehr konservative Schätzwerte darstellen, die in der Praxis leicht erreicht und unterboten werden können.

Wien, 09.11.2010

Ao.Univ.-Prof.Dr.Erwin Rosenberg

Anhang C

Analyse von PCBs in Bauschutt-Proben verschiedenen Ursprungs

Durchgeführt für:
DI Dr. Johannes Schnöller
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
TU Wien
Karlsplatz 13/226
Tel: +43 1 58801 / 226 85
Fax: +43 1 58 801 / 9 226 85
Email: j.schnoeller@iwa.tuwien.ac.at

8.1 E. Rosenberg, S. Drozdova, K. Kuprevics, A. Nagl

Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
Instrumentelle Analytische Chemie
Getreidemarkt 9/164 AC
A-1060 Wien, Österreich
Tel. 01/58801-15190
Email: erosen@mail.zserv.tuwien.ac.at

Report 2010/23/ER/SD/KK/AN

November 2010

Ziel der Untersuchungen

Bei verschiedenen Bauschutt- bzw. Baumaterial-Proben sollten die Konzentrationen der 6 Leit-PCBs lt. DIN 38 414 Teil 20 (No. 28, 52, 101, 138, 153, 180 und zusätzlich PCB 118 nach Ballschmitter) bestimmt werden.

Untersuchte Proben

Die Probenahme erfolgte durch den Auftraggeber. Alle untersuchten Proben wurden uns von Herrn Dr. Schnöller übergeben. Der erste Satz an Proben (übergeben am 18.05.2010) umfasste folgende Proben:

Labor Nr.	Ort	Bezeichnung	Typ	Hot spot
09/999	Wien	Mörtelbesch.	Mörtel K	X
10/57	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/60	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/66	Wien	Gussteerboden	Bitumen	X
10/253*	Steiermark	Tankraum D.	Belag	X
10/273**	Steiermark	Anstrich R005	Anstrich	X
10/318	NÖ1	R 107 Schlachth.	Schüttung	X
10/319	NÖ1	R 107 Schlachth.	Schüttung	X
10/320	NÖ1	R 107 Kamin	Ziegel, Mörtel	X
10/324*	NÖ1	R 103 Kleber	Kleber	X
10/333	NÖ1	Dachboden Ziegel	Ziegel K	X
10/334	NÖ1	Dachboden Mörtel	Mörtel K	X
10/337	NÖ1	Dachboden Ziegel	Ziegel K	X
10/338	NÖ1	Dachboden Mörtel	Mörtel K	X
10/340	NÖ1	Dachboden F	Schüttung	X
10/343*	NÖ1	R 201 Heraklit	Heraklit	X

*Von diesen 16 Proben waren 3 auf PCBs zu untersuchen (gekennzeichnet mit *) und eine, Probe 10/273, auf PAHs und PCBs gemeinsam (gekennzeichnet mit **). Die Ergebnisse der PAH-Analysen wurden im vorangehenden Bericht 2010/22 berichtet.*

Der zweite Satz an Proben umfasste 21 Proben, von denen 16 am 27.07.2010 übergeben wurden.

Labor Nr.	Ort	Bezeichnung	Typ	Hot spot
09/913 #	Wien	Fugendichtung v. Kunstlaminat (Gang, unter d. Teppich).	Fugendichtung	X
09/917 *	Wien	Teeranstrich (im großen Bad hinter Fliesen und Verputz)	Bitumen	X
09/921 #	Wien	Fensterkitt (Stiegenhaus)	Kitt	X
09/997	Wien	Dach Teerpappendichtung	Bitumen	X
09/998	Wien	Mörtelbeschichtung Kamin	Mörtel K	X
09/1000 * (#)	Wien	Fugenmasse Türdichtung	Fugenmasse Türdichtung	X
10/68 **	Wien	Gebäudeaußenwand Dämmwolle	Mineralwolle	X
10/221	Wien	Gebäudeaußenwand Kunststoff-streifen	Belag	
10/560	Steiermark	Mischprobe 10/252,275	Estrich	X
10/562	Steiermark	Mischprobe 10/271,272	Schüttung	X
10/254 *	Steiermark	R 101 Kleber von PVC-Belägen	Belag	X
10/269	Steiermark	Teerabdeckung über Dach	Bitumen	X
10/276	Steiermark	R 001 Teerputz	Bitumen	X
10/323 ** (#)	NÖ1	R 103 Decke alt Heraklitt+Verputz Schlachth.	Heraklitt	X
10/339	NÖ1	Dachboden Teerpappe	Bitumen	X
10/635	NÖ2	1.OG: Kamin Innenwand	Ziegel K	X
10/636	NÖ2	1. OG: Selchkammer Boden	Ziegel K	X
10/751	NÖ3	Kamin 1. OG Haus neu aus Putz-schacht Hot Spot	Kamin Ziegel	X
10/765	NÖ3	Boden Keller Haus neu (Bohrpro-be), Bitumen (20-30)	Bitumen	X
10/766	NÖ3	Boden Kegelbahn Keller Haus neu (Stückprobe) Bitumen	Bitumen	X
10/566	NÖ1	Estrich/Bitumen	Bitumen	X

Von diesen 21 Proben waren nur 16 Proben auf PAHs zu untersuchen. Die restlichen fünf Proben wurden nicht übergeben, weil entweder zu wenig Probe vorlag (*), oder die Proben nur auf Asbest untersucht wurden (**). Von den 21 Proben wären nur 5 auf PCBs zu untersuchen gewesen (gekennzeichnet mit #), wobei drei dieser fünf Proben nicht gemessen werden konnten, da sie aus den oben angeführten Gründen nicht übergeben wurden

Die Klassifizierung der Proben als „Hot spot“ erfolgte durch den Auftraggeber.

Die Methodenentwicklung für die Messungen erfolgte zwischen Juni und September 2010, die Messungen der Proben im Oktober 2010.

Messbedingungen

Extraktion von ca. 2 g Probe (exakt gewogen) mit 2 x 10 ml Petrolether (Siedebereich 40/60°C, mit isotopenmarkierten internen Standards D8-Naphthalin und D10-Anthracen sowie 4,4'-Dibrmobiphenyl @ 1 mg/ml) im Ultraschallbad für je 20 min. Einengung der vereingten PE-Phase auf ca. 1 ml im Rotavapor. Clean-up der Probe über Florisil (1 g). Elution mit Isooktan/Toluol 4:1. Gesammeltes Eluat wird unter N2-Strom zur Trockenheit eingeengt und mit exakt 1 ml Petrolether 40/60°C aufgenommen. Analyse mittels GC/MS im Selected Ion Monitoring (SIM) Modus. ThermoFisher UltraTrace GC mit DSQ II Single Quadrupol-Massenspektrometer. Säule Restek RTX-5MS, 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm Filmdicke mit polar deaktivierter Vorsäule (5 m x 0.32 mm). Ofenprogramm: 40 °C (1min) → 20 °C/min → 200 °C → 4 °C/min → 310°C (5.0 min). Injektor: 300°C konst. Temp., splitlos; purge nach 1 min. Injectionsvolumen 2 µl. Transfer line T=325°C. MS source T=200 °C. Scan start time: 5,5 min. Datenaufzeichnung: kombinierter Scan/SIM; Scan range: 29-400 m/z. Quantitative Auswertung über das Quantifier-Ion, Bestätigung über ein zweites Qualifier-Ion, welches im selben Retentionszeit- fenster mitgemessen wird. Quantifizierung erfolgt relativ zu den jeweils nächsten Internen Standards (deuterierten PAHs).

Ergebnisse

Ein Chromatogramm einer Kalibrationslösung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Die Nachweisgrenzen und die hierfür ausgewerteten Massenspuren (m/z, erste Spalte) sind in Tab. 1 wiedergegeben.

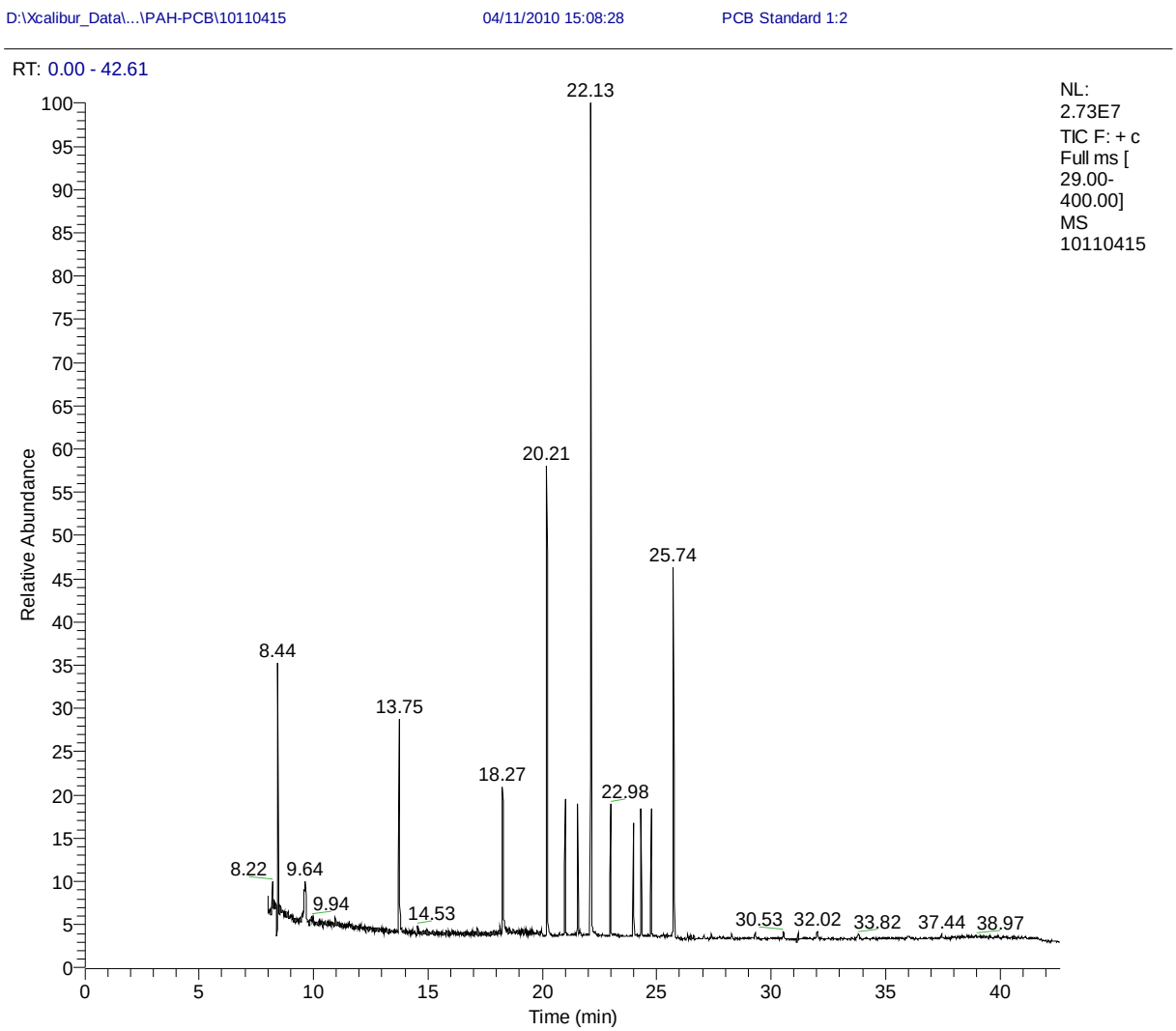


Abbildung 8-2: Chromatogramm eines PCB-Standards (1:2 verdünnt) in Isooktan mit ISTDs im SIM-Modus.

Tabelle 8-24: zeigt Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten PCBs, Gleichungen der Kalibrationsgeraden und ausgewertete Massenspuren (m/z-Verhältnisse; ISTDs sind „ausgegraut".)

m/z	Compound	LOD, ppm	LOQ, ppm	Calibration Line
136	*Naphtalene D8*			
188	*Phenantrene D10*			
186, 256	*PCB 28*	*0,05*	*0,17*	y=0.98493x-0.00152
220,292	*PCB 52*	*0,05*	*0,17*	*y=0.63273x-0.00094*
312	*4,4' Dibromo-biphenyl*			
326, 254	*PCB 101*	*0,06*	*0,23*	y=0.47629x-0.00078
256, 326	*PCB 118*	*0,06*	*0,23*	y=0.51229x-0.000089
360, 290	*PCB 138*	*0,06*	*0,21*	y=0.39328x-0.00056
290, 360	*PCB 153*	*0,05*	*0,18*	y=0.37858x-0.00054
162, 394	*PCB 180*	*0,14*	*0,50*	y=0.23565x-0.0014

Die Ergebnisse der PAH-Messungen an den einzelnen Proben sind in der folgenden Tabelle 8-25 wiedergegeben.

Tabelle 8-25

	09/921	***10/273***	***10/324***	***10/343***	***09/913***	***10/253***
PCB 28	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 52	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 101	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 118	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 138	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 153	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB 180	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Summe PCB [mg/kg]	**< LOD**	**< LOD**	**< LOD**	**< LOD**	**< LOD**	**< LOD**

5 Zusammenfassung

In keiner der untersuchten Proben waren PCBs oberhalb der Nachweisgrenze der angewendeten Methode detektierbar. Damit können alle sechs untersuchten Proben als nicht mit PCBs belastet angesehen werden.

Wien, 10.11.2010

Ao.Univ Prof.-Dr. Erwin Rosenberg

Anhang D

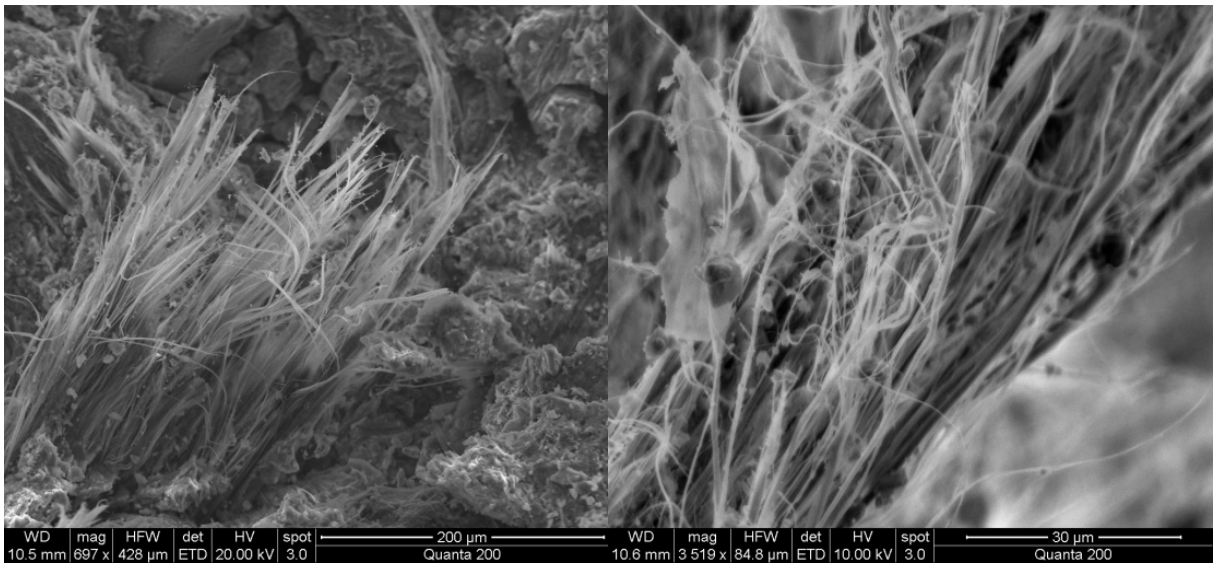
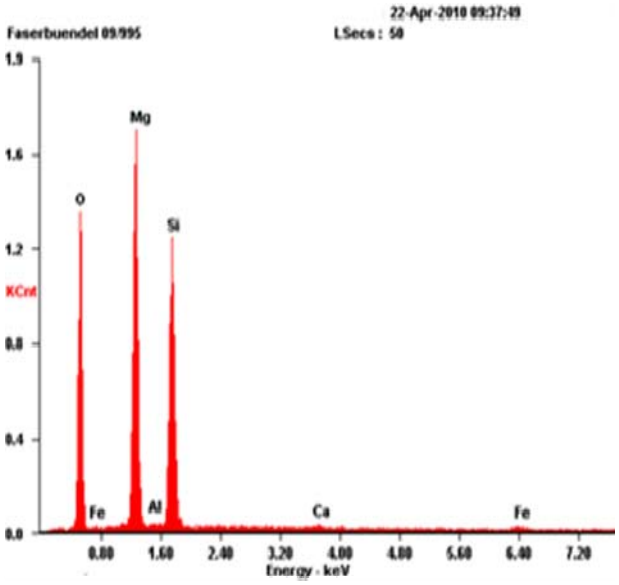


Abbildung 8-3: Elektronenmikroskopaufnahme eines Asbest-Faserbündel in einem Fensterbrett



	Wt%
MgO	46,02
Al_2O_3	0,5
SiO_2	50,78
CaO	0,76
Fe_2O_3	1,93

Abbildung 8-4: REM-EDX Daten zum Faserbündel aus Abbildung 8-3

Die Zusammensetzung entspricht im wesentlichen Chrysotilasbest. Abbweichungen sind durch die Zementmatrix des Fensterbretts zu erklären.