Gefördert vom bmb+f Bundesministerium für Bildung und Forschung

REFINA

Fraunhofer IME

BMBF-Forschungsverbund: Bewertung von Schadstoffen im Flächenrecycling und nachhaltigen Flächenmanagement auf der Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit (BioRefine)

Teilvorhaben 2: Lebensraumfunktion und Abbaupotential

Dr. Kerstin Hund-Rinke

Dr. Kerstin Derz

Freie Universität Berlin

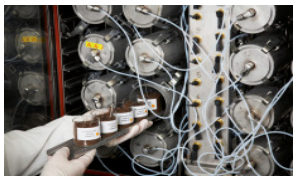
TU berlin

Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH

PTJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

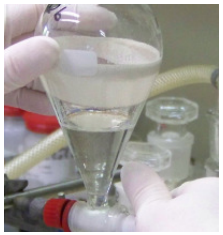
Fraunhofer IME

Lebensraumfunktion von Bodenorganismen und Abbaupotential von Schadstoffen



1. **Beurteilung der Verbundproben**

2. Können über **Extraktionsverfahren** Informationen zur Bioverfügbarkeit von Schadstoffen gewonnen werden



Korrelation von biologischer Wirkung / Aktivität und eluierter Schadstofffraktion:

⟶ schnelles Verfahren, zur Erfassung des Schadstoffanteils, der für Organismen verfügbar ist

→ Minimierung von Inkubationsversuchen

Vorgehensweise:

- Mikrobielle Atmung, Nitrifikation – Vergleich der Aktvität mit Kontrollansatz
- Reproduktionstest mit Regenwürmern in Standortboden – Vergleich der Reproduktionsrate in Referenzboden

Überschreitung bzw. Unterschreitung von Schwellenwerten

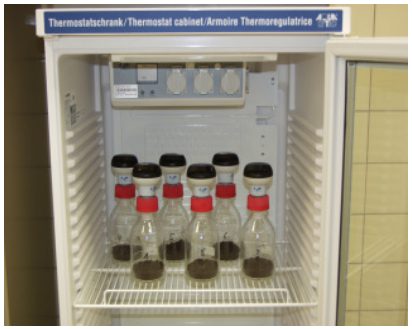
→ Beurteilung als "Lebensraumfunktion eingeschränkt"

- Vergleich von Wirkung mit eluierten Schadstoffgehalten (Schüttelelution, Säulenelution, 3-Phase-Elution)

Bodenorganismen – Mikroorganismen, Atmung

1. Befeuchten des Bodens

2. Einwiegen

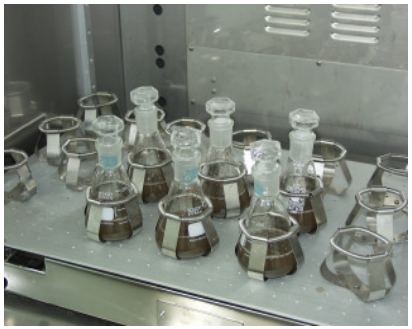


3. Inkubation: 24 h

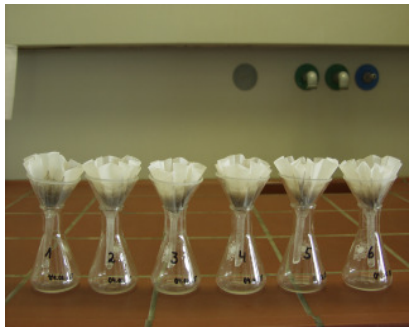
4. Auswertung der O_2-Aufnahme

Bodenorganismen – Mikroorganismen, Nitrifikation ($NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$)

1. Einwiegen



2. Inkubation (6 h) mit einer Ammonium-quelle – ($NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$)



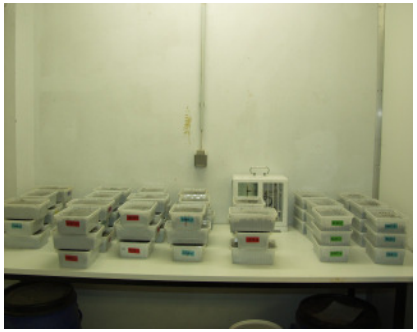
3. Filtration

4. Photometrische Bestimmung von Nitrit

Regenwürmer - Reproduktion

1. Zucht

2. Adulte Tiere (300 – 600 mg)



3. Inkubation für 56 d im Test-boden

4. Manuelle Zählung der Jungtiere

Bodenbeurteilung

Mikroorganismen – Atmung: 3 Kriterien

- Atmungsaktivierungsquotient
- Lag-Phase
- tpeakmax:

Mikroorganismen – potentielle Ammoniumoxidation:

- Ammoniumoxidation im Vergleich zu einem Referenzboden

Regenwürmer – Reproduktion:

- Nachkommenanzahl im Vergleich zu einem Referenzboden

Beurteilung:
Über- bzw. Unterschreitung von Schwellenwerten → Lebensraumfunktion eingeschränkt

PAK-Belastung: Wirkung auf Bodenorganismen

Sortiert nach Gesamt-PAK-Konzentration

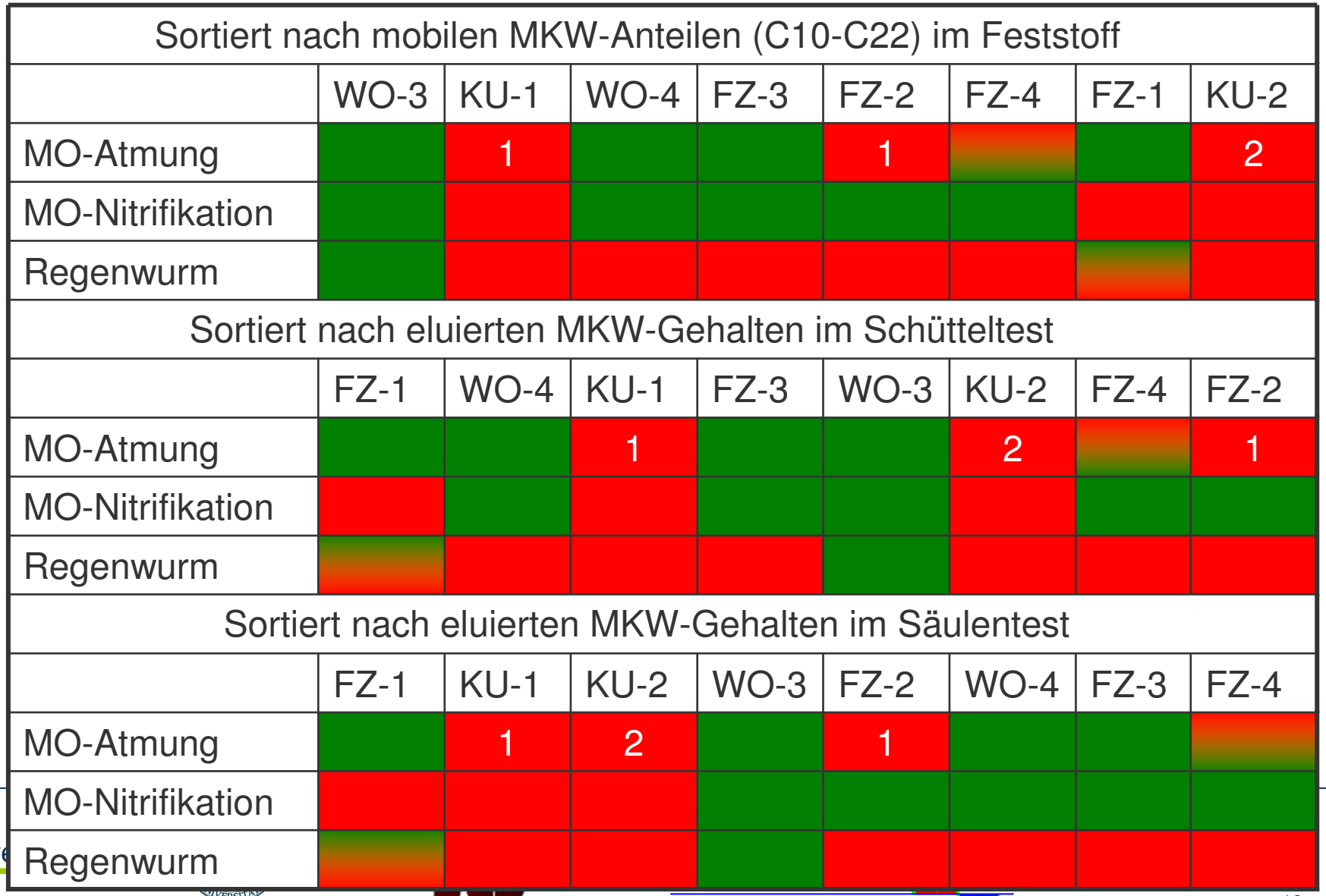
	Industriell genutzte Fläche – WO-1	Inner-städtische Industrie-brache – HO-1	Inner-städtische Industrie-brache – HO-3	Industriell genutzte Fläche – WO-2	Innerstädtische Industriebrache – HO-2
Gesamtgehalt	PAK	PAK	PAK	PAK	PAK , Zn
Mobile Anteile Schüttel-, Säulenversuch)		5,75 5,89	36,1 2,73	38,5 0,79	3,3 1,6
Mikro-organismen	**Keine Einschränkung**				
Regenwürmer					

Zusammenfassung – Wirkung auf Bodenorganismen:

- Keine Wirkung
- Kontamination nicht bioverfügbar (Gesamtgehalte bis 514 mg/kg) Konzentrationen in Elutionsversuchen von 1 – 39 mg/kg
- Lebensraumfunktion nicht beeinträchtigt

→ Überschreitung des Prüfwertes aus Sicht der Bodenorganismen tolerierbar

MWK-Belastung: Wirkung auf Bodenorganismen



Sortiert nach mobilen MKW-Anteilen (C10-C22) im Feststoff								
	WO-3	KU-1	WO-4	FZ-3	FZ-2	FZ-4	FZ-1	KU-2
MO-Atmung		1			1			2
MO-Nitrifikation								
Regenwurm								
Sortiert nach eluierten MKW-Gehalten im Schütteltest								
	FZ-1	WO-4	KU-1	FZ-3	WO-3	KU-2	FZ-4	FZ-2
MO-Atmung			1			2		1
MO-Nitrifikation								
Regenwurm								
Sortiert nach eluierten MKW-Gehalten im Säulentest								
	FZ-1	KU-1	KU-2	WO-3	FZ-2	WO-4	FZ-3	FZ-4
MO-Atmung		1	2		1			
MO-Nitrifikation								
Regenwurm								

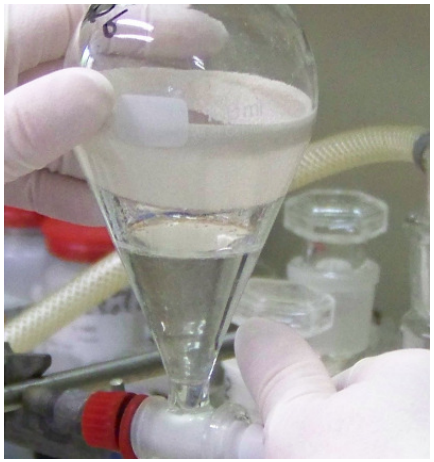
Zusammenfassung – Wirkung auf Bodenorganismen:

- MKW: ab ca. 300 mg/kg (Fraktion C10-C22): toxische Wirkung auf Regenwürmer
- MKW: keine Aussage hinsichtlich Mikroorganismen (Fraktion: C10-C22, Schüttel- und Säulentest)
- Unterschiede in der Übereinstimmung von Effekt bei Regenwürmern und Mikroorganismen: unterschiedliche Expositionspfade (Aufnahme über Darm bei Regenwürmern)

Gesamtschlussfolgerung: Übereinstimmung

- Schüttel- und Säulenversuche als Hilfsgrößen für bioverfügbaren Anteil (Mikroorganismen, Regenwürmer) weniger geeignet
- Regenwürmer: Hinweise auf Fraktion C10-C22 als Indikator
- Mikroorganismen - Übereinstimmung mit 3-Phasen-Extraktion?

Es wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen Methoden entwickelt, um den potentiell abbaubaren Schadstoffanteil zu erfassen.



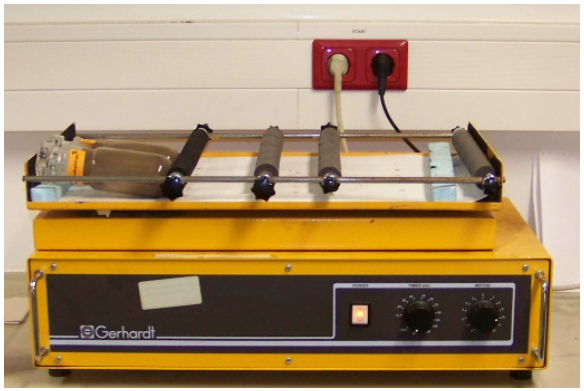
Ziel:

Erprobung der verschiedenen Methoden an denselben Böden bzw. Verbundproben

→ direkter Vergleich und Bewertung der Methoden hinsichtlich Handhabbarkeit, Korrelation mit Abbau etc ist möglich

Fraunhofer IME

Getestet wurden:



3-Phasen-Extraktionen

- Schüttelextraktion mit Boden, Wasser und einem Feststoff (Tenax, XAD) bzw. Cyclodextrin als 3. Phase

Partielle Oxidation

- Oxidation der organischen Bodenbestandteile bzw. Schadstoffe mit Kaliumperoxodi-sulfat gelöst in Wasser

Oxidation mit Kaliumperoxodisulfat

- **Methode nach *Cuypers et al* (2000)**
- **Prinzip: Oxidation gut zugänglicher und damit verfügbarer organischer Substanzen**
- **Verwendung der Persulfat-Oxidation bei künstlich mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kontaminiertem Böden ergab keine übereinstimmenden Ergebnisse mit dem biologischen Bodenabbau:**

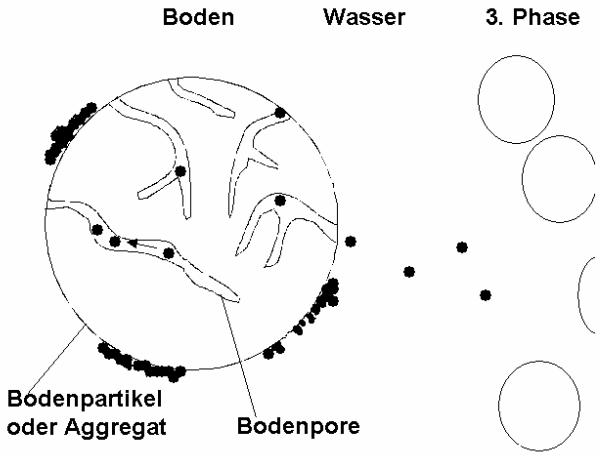
⇒ **Überschätzung des verfügbaren Schadstoffanteils**

Extraktion mit 3 Phasen: Boden – Flüssigphase (Wasser) – Feststoff

Parameter für den Schadstoffabbau: der im Porenwasser des Bodens gelöste Anteil des Schadstoffs ist für abbauende Mikroorganismen verfügbar ⇨ Abbau entspricht dem Schadstoffanteil, der sich immer wieder nachlöst. Durch die 3. Phase wird das Nachlösen beschleunigt.

Methoden benannt nach 3. Phase (Feststoff):

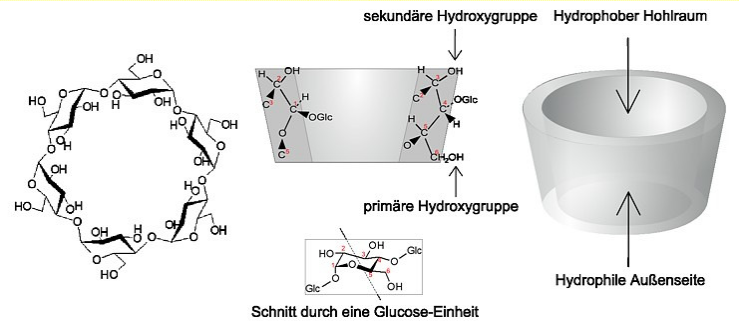
- Tenax-Methode
- XAD-Methode
- Cyclodextrin



Fraunhofer IME

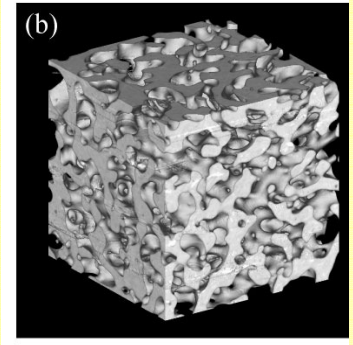
Cyclodextrin (HPCD)

- Cyclodextrine sind zyklische Oligosaccharide mit einem zentralem Hohlraum
- Bilden Einschlussverbindungen mit den apolaren Schadstoffmolekülen



Tenax, XAD

- Polymerische Adsorberharze mit definierter Oberfläche und Porengröße
- Bieten den in Wasser gelösten Schadstoffen eine Adsorptionsfläche



Fraunhofer IME

Untersuchungsstrategie

- ***Schritt 1:*** **Testung mit 3 verschiedenen, im Labor kontaminierten Böden und unterschiedlichen Alterungsstufen**
  Kontamination: PAK (Phenanthren, Pyren, Benzo[g,h,i]perylen)
  Alterungsstufen: 1d (nicht gealtert), 21d, 56d, 266d

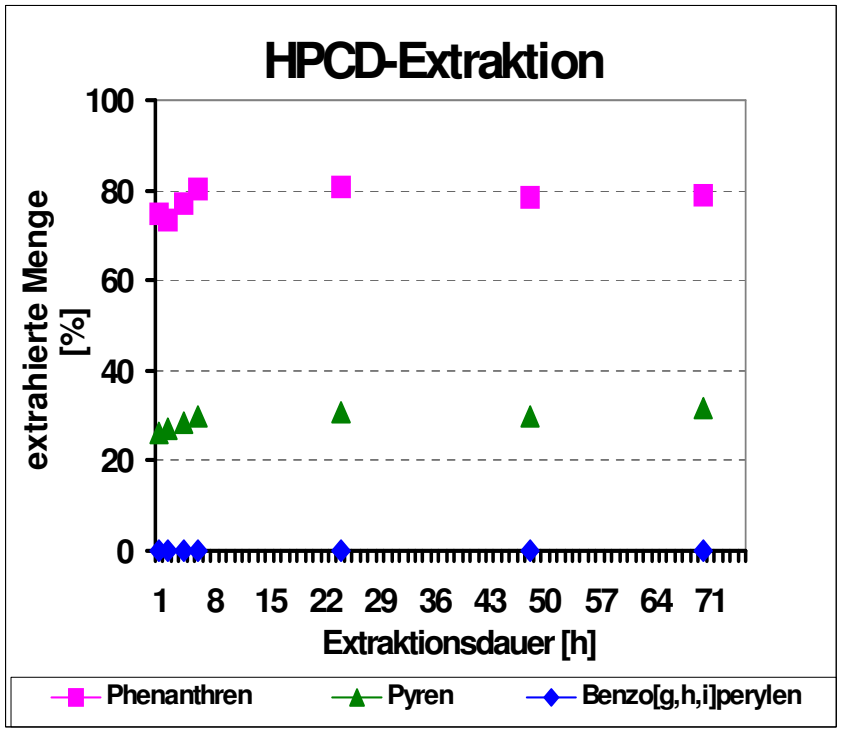
- ***Schritt 2:*** **Testung mit Verbundproben**

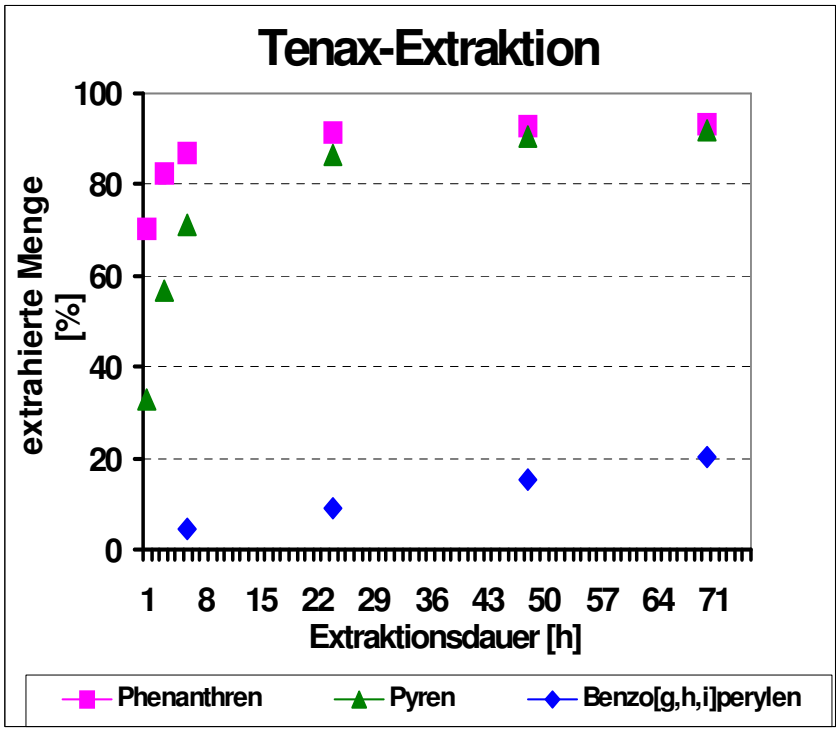
***Vorgehensweise*:**

- *Chemische Methoden*: Erstellung von Kinetiken (Extraktionszeit, die zur Gleichgewichtseinstellung benötigt wird)
- *Analytik*: Bestimmung der Gesamtgehalte mittels Soxhlet-Extraktion
- *Vergleichswert*: biologische Bodenabbaubarkeit in Anlehnung an OECD 307

Fraunhofer IME

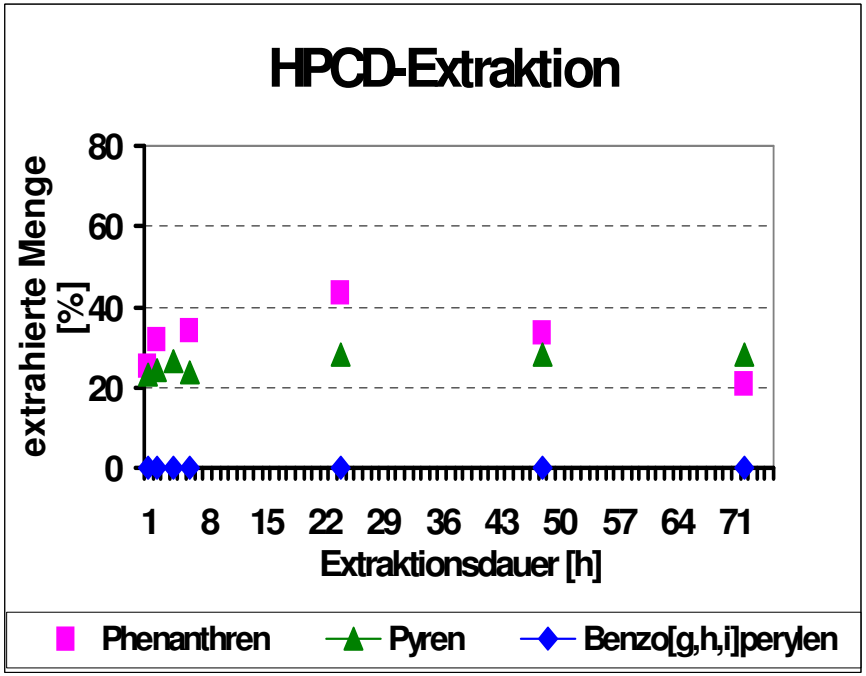
Vergleich Bodenextraktion mit Tenax und Cyclodextrin
Schluffiger Lehm (Refesol 03-G), 1d nach Kontamination

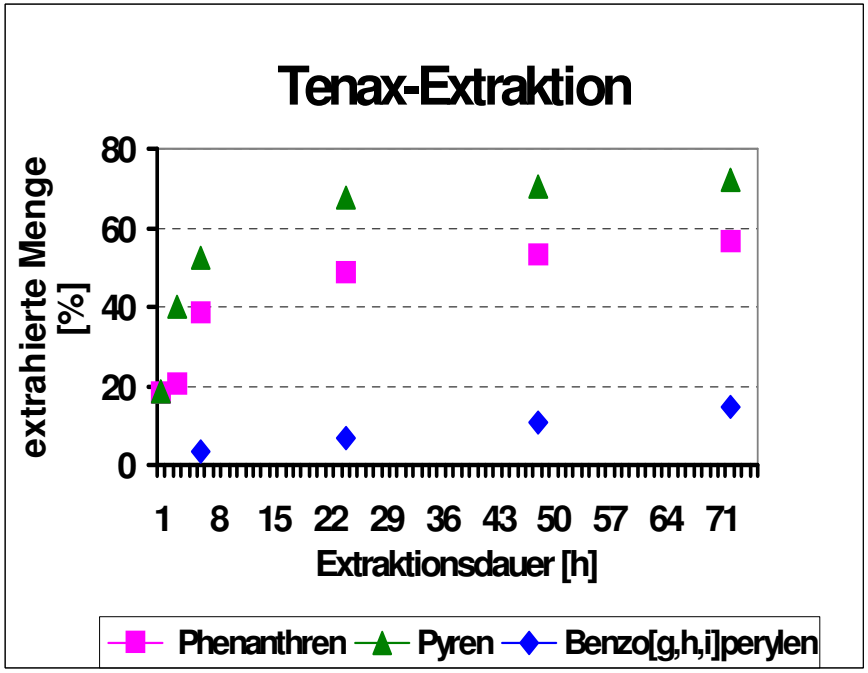




Fraunhofer IME

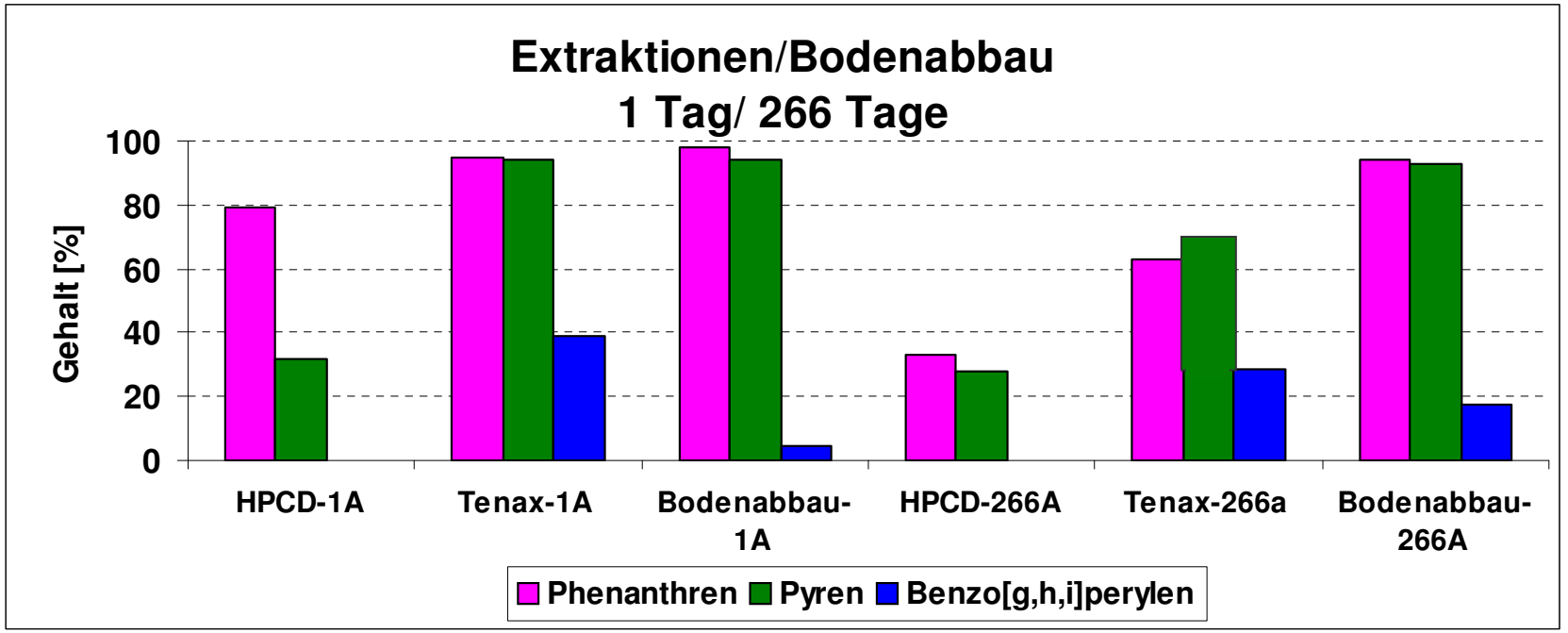
Vergleich Bodenextraktion mit Tenax und Cyclodextrin
Schluffiger Lehm (RefeSol 03-G), 266d Alterung





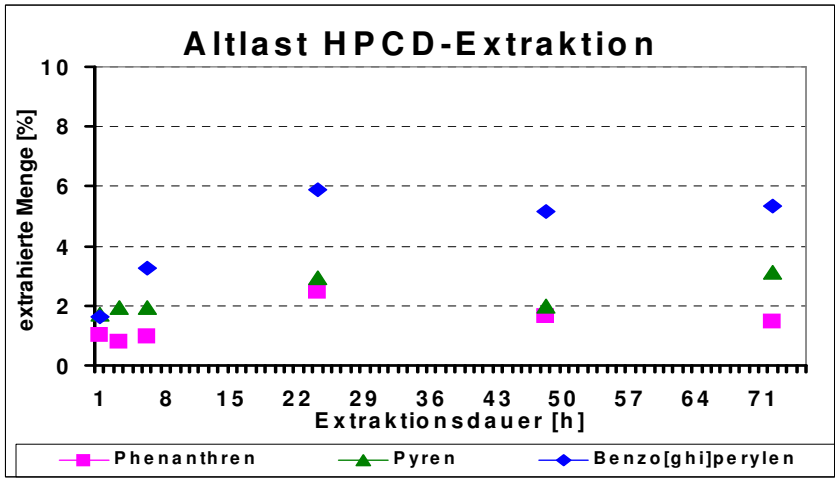
Fraunhofer IME

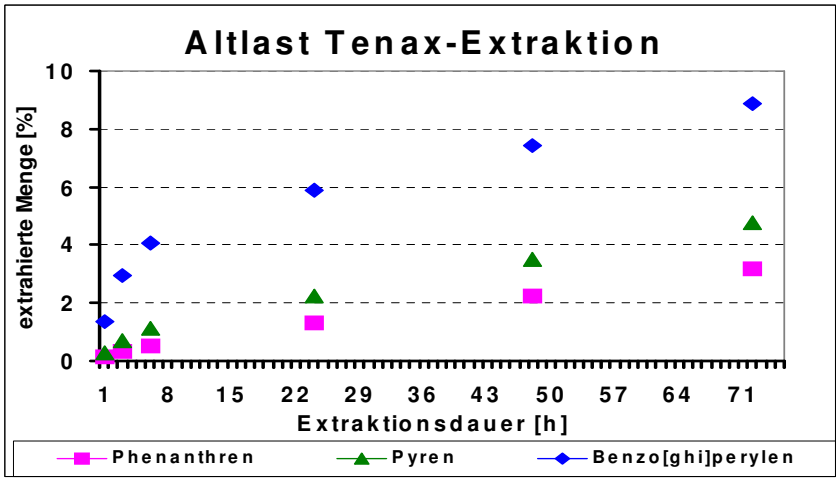
Vergleich Bodenextraktion mit Tenax und Cyclodextrin
Schluffiger Lehm (RefeSol 03-G), 1d und 266d Alterung

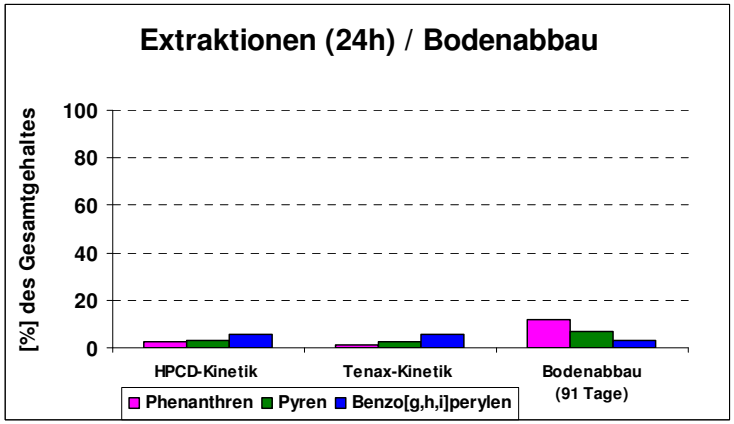


Fraunhofer IME

Verbundprobe HO-1



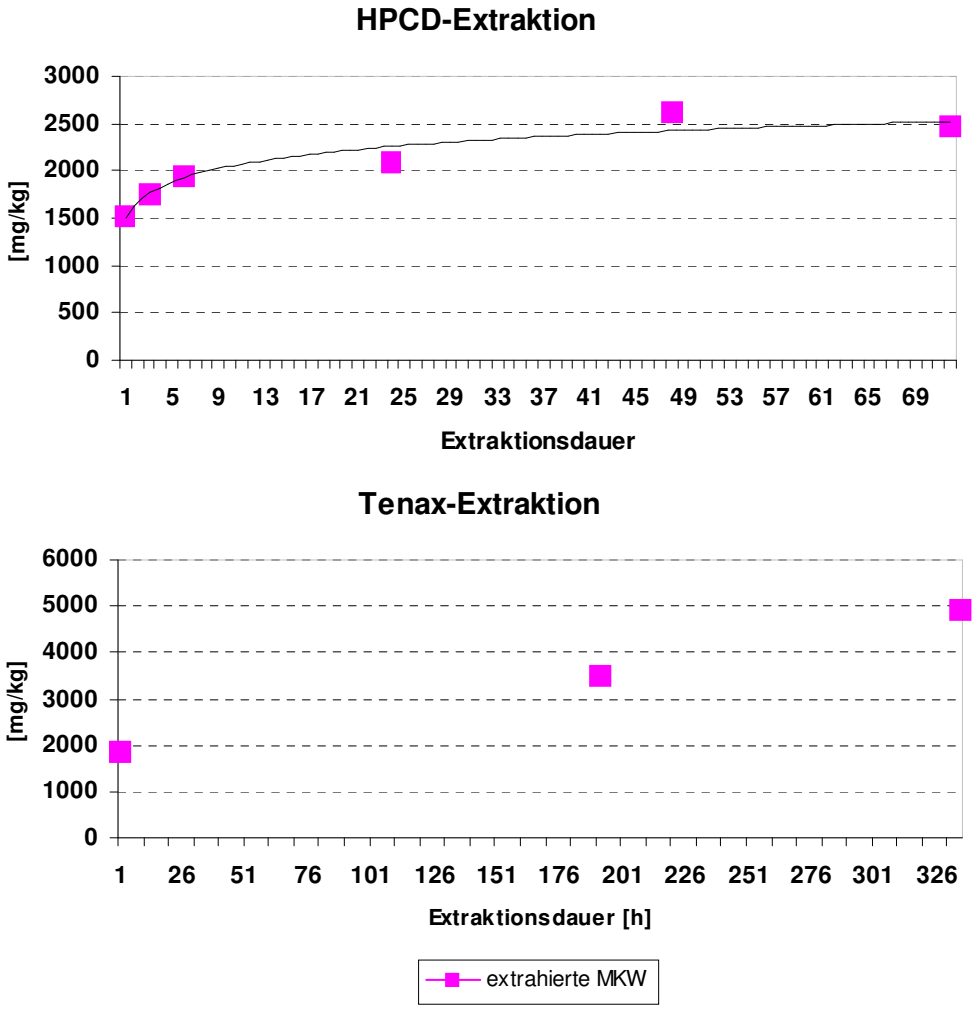




Freie Universität Berlin

Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH

Verbundprobe KU-2



- **Erprobungsphase mit künstlich kontaminiertem Boden:**
  - 3-Phasen-Extraktion mit XAD und Oxidationsmethode scheiden aus
  - Schnelle Gleichgewichtseinstellung der 3-Phasenextraktionen mit Tenax und HPCD, relativ gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des biologischen Bodenabbaus
- **Anwendung bei Verbundproben:**
  - PAK: beide Methoden spiegeln Situation in bisher untersuchten Altlastenböden wider → sind zur Abschätzung der Verfügbarkeit geeignet
  - MKW: Methoden erscheinen prinzipiell anwendbar

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!