



Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Pflanzenkohle: früher unbekannt – heute bestbekannt

**Thomas D. Bucheli, Isabel Hilber,
Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann**

Pflanzenkohle-Fachtagung 2023, 16. Juni 2023

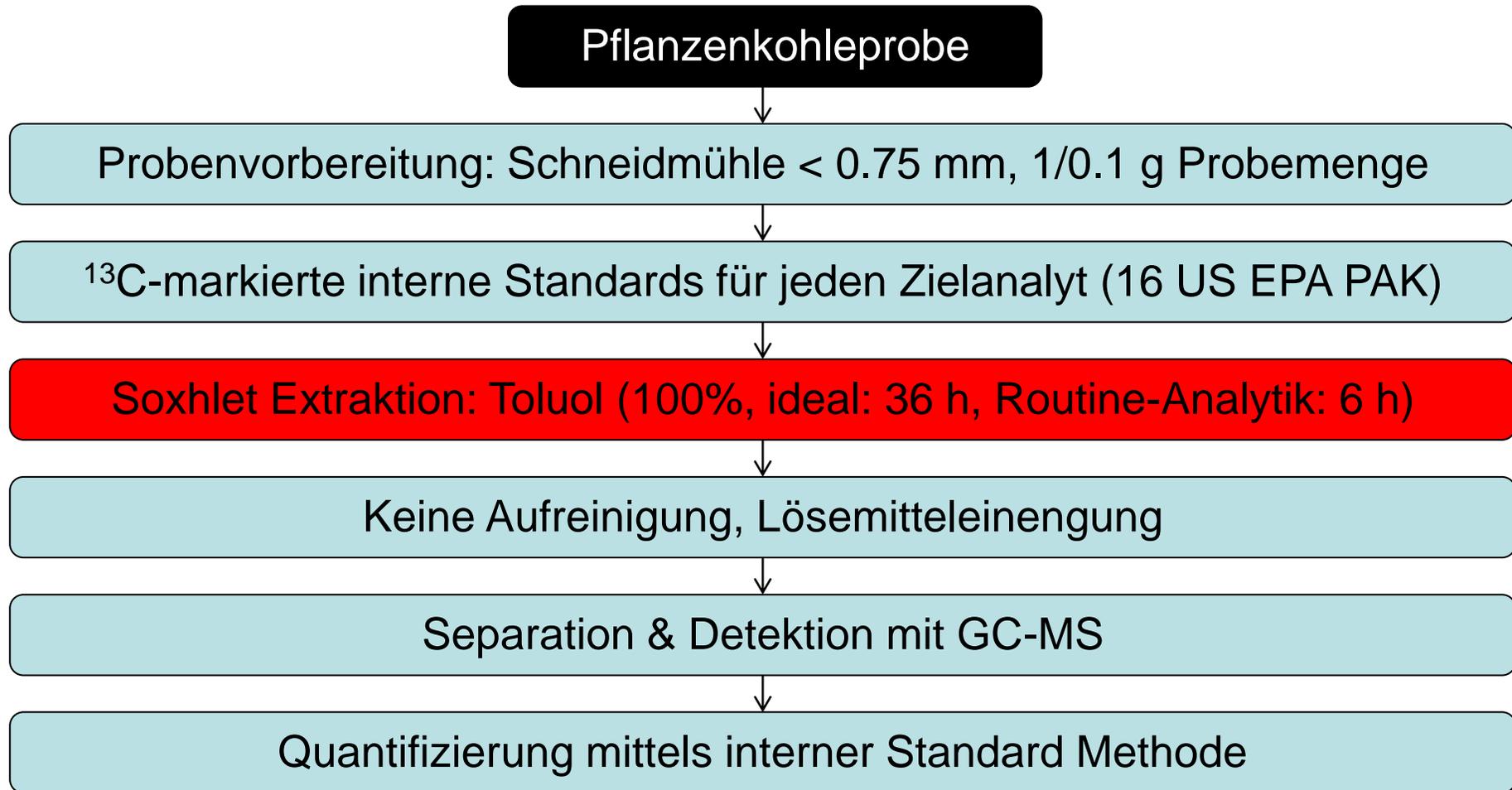


Inhalt

- Analytik
- Bildung bei der Pyrolyse
- Totalgehalte
- Verfügbarkeit
- Rechtliches



Die optimierte Methode zur Bestimmung von PAK





Rückblende: vom Wildwuchs zu verlässlichen Totalgehalten

in der Wissenschaft:

Referenz	Lösemittel
Jonker & Koelmans (2002)	Toluol (16 h)
Brown et al. (2006)	Toluol/Methanol, Dichlormethan
Singh et al. (2010)	Dichlormethan (12 h)
Gomez-Eyles et al. (2010)	Aceton/Hexan (6 h)
Hale et al. (2012)	Toluol (6 h)
Hale et al. (2012)	Toluol (6 h)
Schimmelpfennig & Glaser (2012)	Hexan (8 h)
Schimmelpfennig & Glaser (2012)	Hexan (8 h)

in der Routineanalytik:

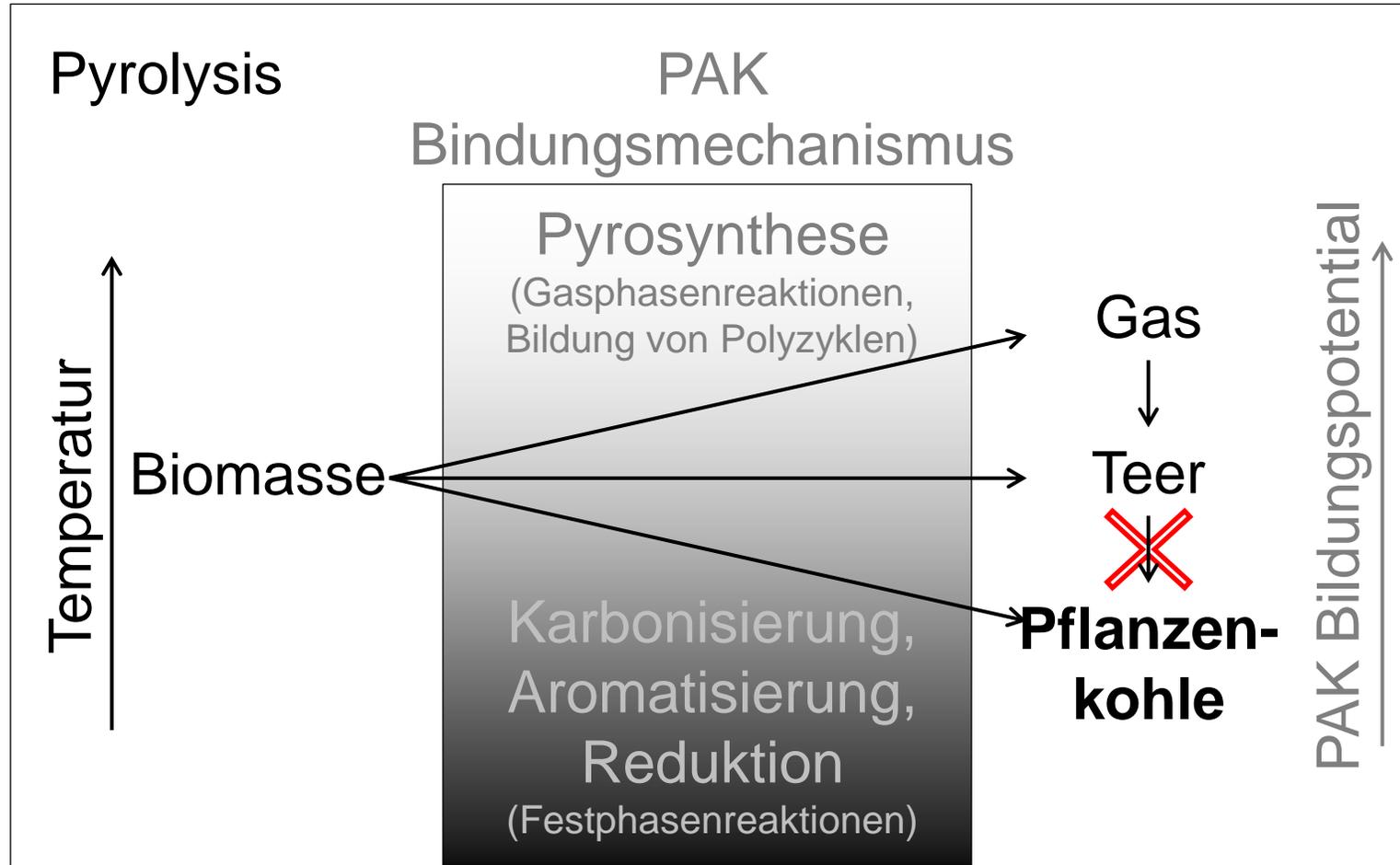
PAK in Böden:
DIN ISO 18287

PAK in Klärschlamm:
DIN ISO 38414

optimierte Methoden für
das jeweilige Produkt!

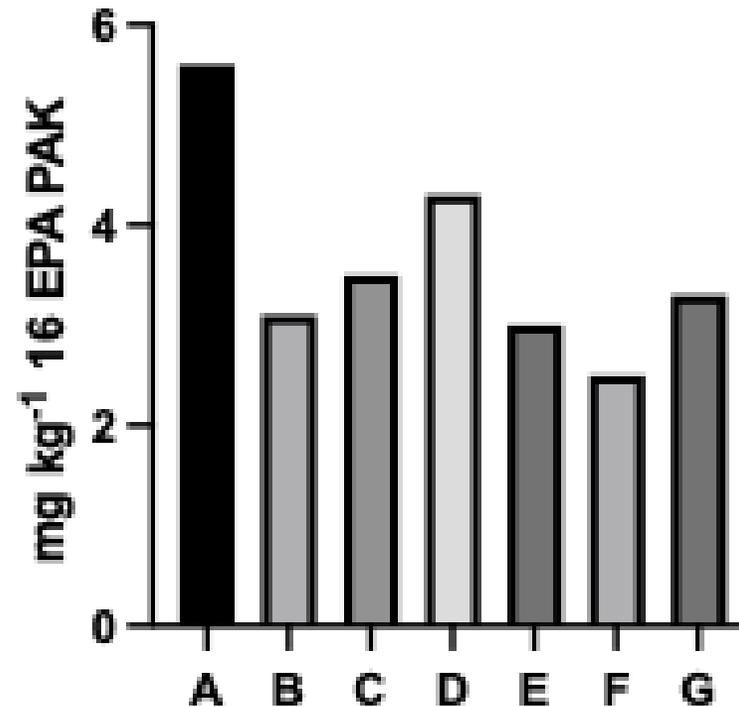


Pyrolyse & PAK Bildung





Heute: Gehalte von PAK in Pflanzenkohlen mit Bewilligung durch das BLW

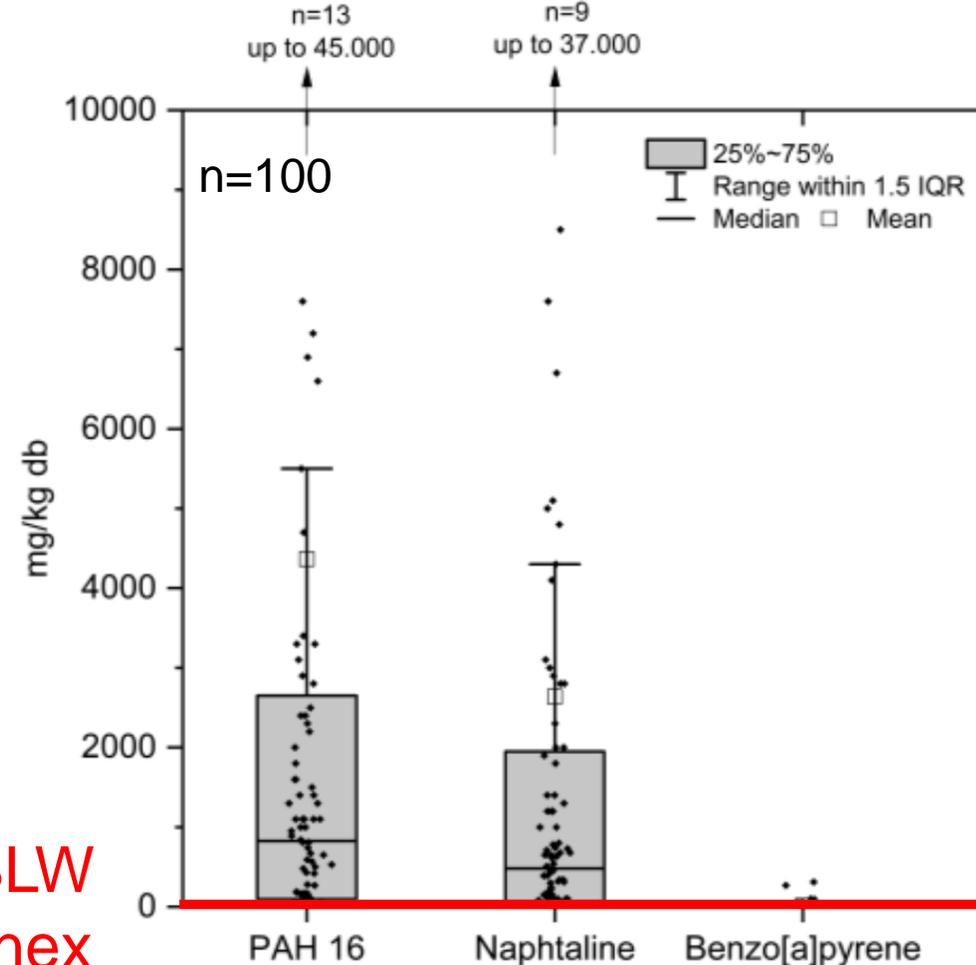




Heute: Gehalte von PAK in Holzvergaserkokser

nicht-zertifizierte Vergaserkokse, i.d.R. aus Kleinanlagen, sind oft gefährlicher Abfall!

Grenzwert BLW
EBC CH-Annex

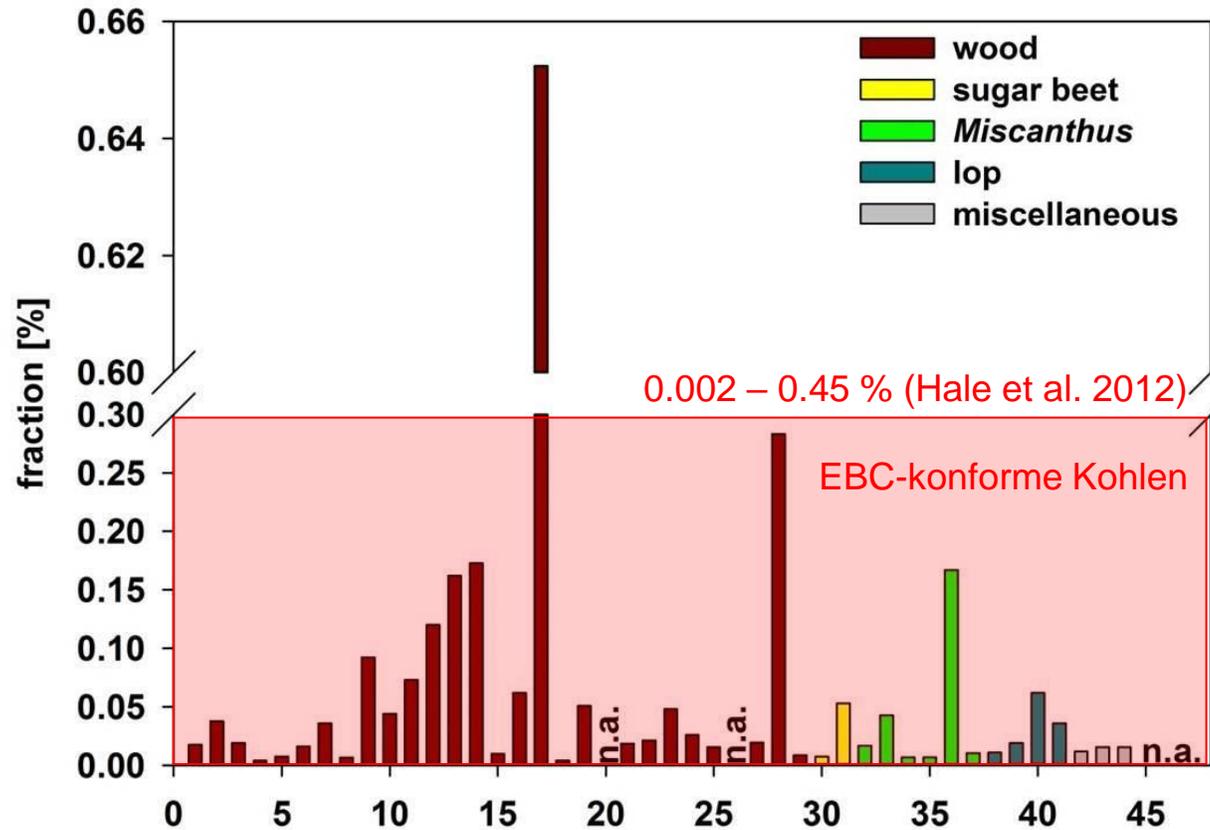


Daten aus DE, AT, IT, Projekt "VergaFlex"

Figure 4: Organic contaminants in gasification chars



(Bio-)verfügbarkeit: freie gelöste Konzentrationen von PAK

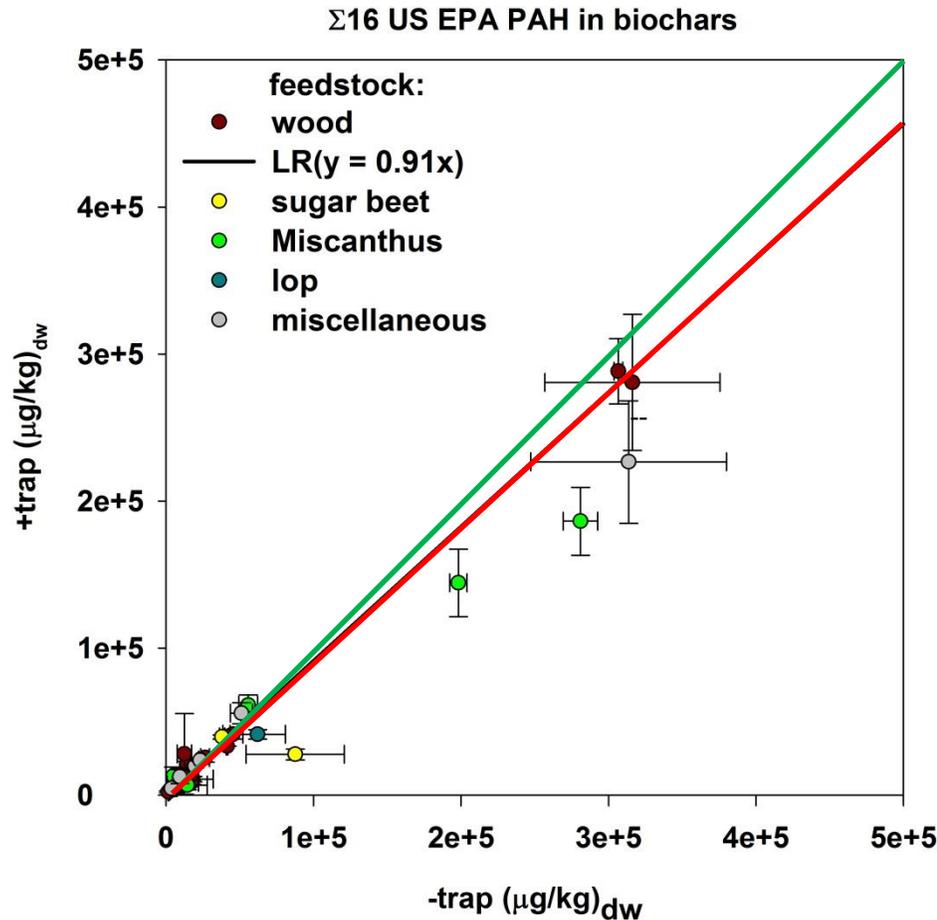


47 Pflanzenkohlen



Bioverfügbarkeit: total verfügbare Gehalte

PAK in Pflanzenkohle:
ausgesetzt einer Senke
[$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{TS}}$]



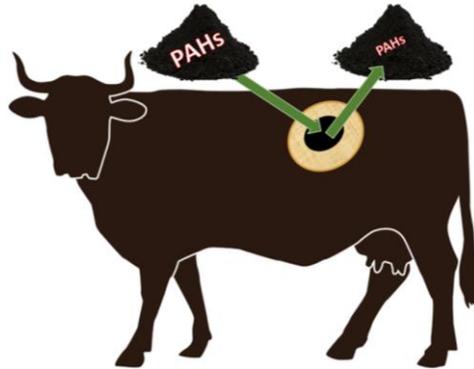
Keine Bioverfügbarkeit (1:1 line)

Lineare Regression $y=0.91x$

PAK in Pflanzenkohle: wässrige Kontrolle [$\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{TS}}$]



Bioverfügbarkeit von PAK im Pansen

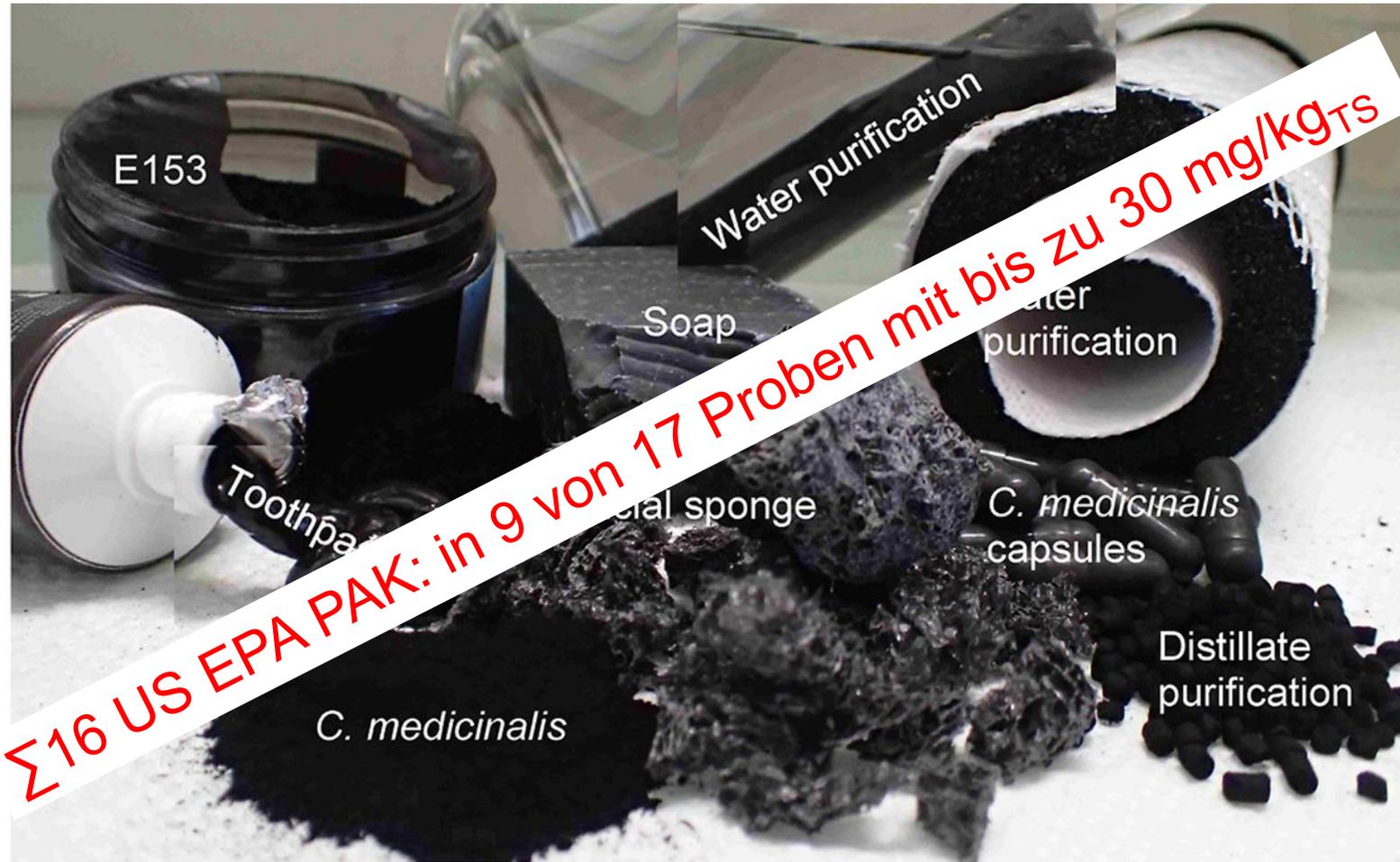


Pflanzenkohle	PAK Totalgehalt [mg/kg _{TS}]	Bioverfügbar <i>in vitro</i>	Bioverfügbar <i>in vivo</i>
A	13	34%	67%
B	61	28%	46%
C	407	43%	56%

Vergleich mit täglicher PAK-Aufnahme über Futter/Gras:
Qualitätsgesicherte Pflanzenkohle < 10 mg/kg_{TS} als Futtermittelzusatz
führt zu keinem erhöhten Risiko



PAK in Aktivkohle, Medizinalkohle, Pflanzenkohle (E153)





European Biochar Certificate Grenzwerte für die Schweiz

Certification class	FeedPlus	Feed	Agro/AgroOrganic	Urban	Consumer Materials	BasicMaterials
∑16 US EPA PAK	4.0 ± 2.0 mg/kg _{TS}	CSI Deklaration	4.0 ± 2.0 mg/kg _{TS}	CSI Deklaration	CSI Deklaration	CSI Deklaration
∑8 EFSA PAK	1.0 mg/kg _{TS}					4.0 mg/kg _{TS}
Benzo[e]pyren, Benzo[j]fluoranthen	< 1.0 mg/kg _{TS} für jede der beiden Substanzen					
CSI: Carbon Standards International						

Zum Vergleich: Richtwert für Kompost und Gärgut in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV): ∑16 US EPA PAK = 4 mg/kg_{TS}

https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_3.pdf



Was sind eigentlich PAK?

”PAK”: ca. 300 Einzelsubstanzen:

- unterschiedlichen Eigenschaften
- unterschiedlicher Toxizität

zu Überwachung und Regulierung wird eine Auswahl davon quantifiziert und mit Grenzwerten belegt





PAK-Auswahl für die Analyse

16-EPA-PAK

*kein eindeutiger
Nachweis der
Kanzerogenität*

- Naphthalin
- Acenaphthylen
- Acenaphthen
- Fluoren
- Phenanthren
- Anthracen
- Fluoranthen
- Pyren

nachweislich kanzerogen

8-EFSA-PAK

- Benzo[*a*]anthracen
- Chrysen
- Benzo[*b*]fluoranthen
- Benzo[*k*]fluoranthen
- Benzo[*a*]pyren
- Dibenzo[*a,h*]anthracen
- Indeno[1,2,3-*cd*]pyren
- Benzo[*ghi*]perylen

EFSA: Europ. Behörde für
Lebensmittelsicherheit

EU: EU-REACH-VO

- Benzo[*e*]pyren
- Benzo[*j*]fluoranthen

8-EU-PAK



Zusammenfassung

- Die PAK-Analytik ist aufwändig, Zeit- & Kosten-intensiv und muss auf das Produkt optimiert werden => für Pflanzenkohle etabliert!
- PAK werden bei der Pyrolyse gebildet (auch bei jedem Verbrennungsprozess!), Gehalte auf der Pflanzenkohle können durch Prozessführung auf sehr tiefem Niveau gehalten werden
- PAK aus Pflanzenkohle sind in der Regel nicht bioverfügbar
- Bei Einhaltung der branchenüblichen Qualitätsstandards stellen PAK aus Pflanzenkohle kein wesentliches Risiko für Mensch, Nutztiere und Umwelt dar
- Weitere Entwicklung: Häufigkeit der Analysen, Schnelltests auf der Anlage



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Thomas Bucheli

thomas.bucheli@agroscope.admin.ch

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt

www.agroscope.admin.ch

