



Erd-/Grundbau
Fels-/Spezialtiefbau
Ing./Hydrogeologie
Altlasten/Deponien

info@gbduellmann.de
www.gbduellmann.de

**Tagebau Garzweiler
Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo"
und "Pösenberg"**

**- Feststellung der Abfallqualitäten /
bodenschutzrechtliche Gefahrenermittlung -**

53332 Bornheim

Ballenpfad 18

Tel. (022 27) 92 92 33 - 0

Fax (022 27) 92 92 33 10

Geschäftsführer

Dr.-Ing. M. Nendza

Prof. Dr. I. Obernosterer

Amtsgericht Aachen

HRB 13065

Steuer-Nr. 201/5961/3379

USt-IdNr. DE242696552



Tagebau Garzweiler
Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo" und "Pösenberg"

**- Feststellung der Abfallqualitäten /
bodenschutzrechtliche Gefahrenermittlung -**

Auftraggeber: Rheinische Baustoffwerke
In der Laag 83
41517 Grevenbroich-Frimmersdorf

Ansprechpartner: Herr Michael Hennemann
Herr Patrick Steinmetz

Bestellnummer: bk/ps RBS-T2@rbsw.de

Auftragsdatum: 27.01.2025

Auftragnehmer: Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
Ballenpfad 18
53332 Bornheim

Projektbearbeiter: Prof. Dr. Ingrid Obernosterer
Regina Ritzhaupt, M.Sc.

Bearbeitungsnummer: 24.123

Berichtsdatum: 17.05.2025

Berichtsumfang: 86 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)
35 Anlagen



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung / Aufgabenstellung	6
2	Verwendete Unterlagen	7
3	Standortbeschreibung	8
3.1	Lage	8
3.2	Geologische Verhältnisse	10
3.3	Hydrogeologische Verhältnisse	12
3.4	Anforderungen / Ablauf der Bodenverwertung im Tagebaubereich	14
3.5	Erkenntnisse aus den staatsanwaltlichen Ermittlungen	14
4	Durchgeführte Untersuchungen	15
4.1	Untersuchungsstrategie	15
4.2	Probengewinnung	15
4.2.1	Auswahl der Aufschlussverfahren	15
4.2.2	Festlegung der Ansatzpunkte	16
4.2.3	Ausführung der Arbeiten	17
4.2.3.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	18
4.2.3.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	19
4.2.3.3	Kippstelle "Wanlo"	20
4.2.3.4	Kippstelle "Pösenberg"	21
4.3	Chemische Untersuchungen	22
5	Ergebnisse	24
5.1	Untergrundaufbau	24
5.2	Überprüfung der Genehmigungskonformität	25
5.2.1	Bewertungsmaßstäbe	25
5.2.2	Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen	25
5.2.2.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	25
5.2.2.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	26
5.2.2.3	Kippstelle "Wanlo"	27
5.2.2.4	Kippstelle "Pösenberg"	28
5.2.3	Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen	29
5.2.3.1	Kippstelle Kippstelle "Jüchen Alt"	29
5.2.3.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	31
5.2.3.3	Kippstelle "Wanlo"	32
5.2.3.4	Kippstelle "Pösenberg"	33
5.2.4	Statistische Auswertung	34
5.2.4.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	35
5.2.4.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	41
5.2.4.3	Kippstelle "Wanlo"	44
5.2.4.4	Kippstelle "Pösenberg"	47
5.3	Bodenschutzrechtliche Gefahrenfeststellung	50
5.3.1	Bewertungsmaßstäbe	50
5.3.2	Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen	51



5.3.2.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	51
5.3.2.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	52
5.3.2.3	Kippstelle "Wanlo"	52
5.3.2.4	Kippstelle "Pösenberg"	53
5.3.3	Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen	54
5.3.3.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	54
5.3.3.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	54
5.3.3.3	Kippstelle "Wanlo"	55
5.3.3.4	Kippstelle "Pösenberg"	56
5.3.4	Statistische Auswertung	57
5.3.4.1	Kippstelle "Jüchen Alt"	57
5.3.4.2	Kippstelle "Jüchen Neu"	64
5.3.4.3	Kippstelle "Wanlo"	70
5.3.4.4	Kippstelle "Pösenberg"	74
6	Zusammenfassende Bewertung	79
6.1	Rechtliche Anforderungen	79
6.2	Untersuchungsrahmen	80
6.3	Stoffinventar	81
6.4	Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser	83
6.5	Handlungsbedarf	84
7	Fazit	86

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Lageplan Kippstelle "Jüchen Alt"

Anlage 1.2 Lageplan Kippstelle "Jüchen Neu"

Anlage 1.3 Lageplan Kippstelle "Wanlo"

Anlage 1.4 Lageplan Kippstelle "Pösenberg"

Anlage 2 Schichtenverzeichnisse

Anlage 2.1 Schichtenverzeichnisse Hohlbohrschneckenbohrungen (HS)

Anlage 2.1.1 Schichtenverzeichnisse HS "Jüchen Alt"

Anlage 2.1.2 Schichtenverzeichnisse HS "Jüchen Neu"

Anlage 2.1.3 Schichtenverzeichnisse HS "Wanlo"

Anlage 2.1.4 Schichtenverzeichnisse HS "Pösenberg"

Anlage 2.2 Schichtenverzeichnisse Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren (TB)

Anlage 2.2.1 Schichtenverzeichnisse TB "Jüchen Alt"

Anlage 2.2.2 Schichtenverzeichnisse TB "Wanlo"

Anlage 2.3 Schichtenverzeichnisse Baggerschürfe "Pösenberg"



Anlage 3 Bohrprofile

Anlage 3.1 Bohrprofile Hohlbohrschneckenbohrungen (HS)

Anlage 3.1.1 Bohrprofile HS "Jüchen Alt"

Anlage 3.1.2 Bohrprofile HS "Jüchen Neu"

Anlage 3.1.3 Bohrprofile HS "Wanlo"

Anlage 3.1.4 Bohrprofile HS "Pösenberg"

Anlage 3.2 Bohrprofile Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren (TB)

Anlage 3.2.1 Bohrprofile TB "Jüchen Alt"

Anlage 3.2.2 Bohrprofile TB "Wanlo"

Anlage 3.3 Bohrprofile Baggerschürfe "Pösenberg"

Anlage 4 Prüfberichte

Anlage 4.1 Prüfberichte der Mischproben

Anlage 4.1.1 Prüfberichte der Mischproben "Jüchen Alt"

Anlage 4.1.2 Prüfberichte der Mischproben "Jüchen Neu"

Anlage 4.1.3 Prüfberichte der Mischproben "Wanlo"

Anlage 4.1.4 Prüfberichte der Mischproben "Pösenberg"

Anlage 4.2 Prüfberichte der Einzelproben

Anlage 4.2.1 Prüfberichte der Einzelproben "Jüchen Alt"

Anlage 4.2.2 Prüfberichte der Einzelproben "Jüchen Neu"

Anlage 4.2.3 Prüfberichte der Einzelproben "Wanlo"

Anlage 4.2.4 Prüfberichte der Einzelproben "Pösenberg"

Anlage 5 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Anlage 5.1 Tabellarische Zusammenstellung der Mischproben

Anlage 5.1.1 Tabellarische Zusammenstellung der Mischproben "Jüchen Alt"

Anlage 5.1.2 Tabellarische Zusammenstellung der Mischproben "Jüchen Neu"

Anlage 5.1.3 Tabellarische Zusammenstellung der Mischproben "Wanlo"

Anlage 5.1.4 Tabellarische Zusammenstellung der Mischproben "Pösenberg"

Anlage 5.2 Tabellarische Zusammenstellung der Einzelproben (TB)

Anlage 5.2.1 Tabellarische Zusammenstellung der Einzelproben "Jüchen Alt"

Anlage 5.2.2 Tabellarische Zusammenstellung der Einzelproben "Jüchen Neu"

Anlage 5.2.3 Tabellarische Zusammenstellung der Einzelproben "Wanlo"

Anlage 5.2.4 Tabellarische Zusammenstellung der Einzelproben "Pösenberg"

Anlage 6 Fotodokumentation (nur digital)



1 Veranlassung / Aufgabenstellung

Die Rheinische Baustoffwerke GmbH (RBS) betreibt an mehreren Standorten Kippstellen, an denen unbelasteter Bodenaushub für die Verfüllung von Tagebaurestlöchern verwertet wird. Die Böden werden nach einer Voranmeldung und Freigabe von verschiedenen Lieferanten antransportiert und abgesetzt. Der Einbau im Tagebau erfolgt durch RBS.

Am 15.08.2024 erhielt RBS Hinweise darauf, dass durch einen Lieferanten und mit diesem verbundene Unternehmen ggf. Böden abgesetzt worden sein könnten, die höhere als die zugelassenen Stoffgehalte aufwiesen. Am 03.09.2024 führte die Zentralstelle für Umweltkriminalität bei der Staatsanwaltschaft Dortmund (ZeUK) eine Durchsuchung bei einem verdächtigten Unternehmen bzw. Zeugen durch. Aus den vorliegenden Erkenntnissen wurde der Zeitraum zwischen dem 01.01.2021 bis zum 31.08.2024 abgeleitet, in dem fragliche Bodenanlieferungen erfolgt sein könnten, welche einer kritischen Prüfung unterzogen werden sollten. Von den Beschuldigten wurden in diesem Zeitraum bei der RBS schwerpunktmäßig die Kippstellen "Jüchen Alt" und "Wanlo" angefahren, in geringerem Umfang auch die Kippstellen "Pösenberg" und "Jüchen Neu". Organoleptische Auffälligkeiten der angelieferten Böden wurden nach Angaben von RBS von deren Kippenpersonal aber entweder nicht festgestellt oder führten zur Abweisung der angelieferten Touren.

Die RWE Power AG beabsichtigt in Kürze, die von RBS betriebenen Kippstellen im Zuge der planmäßigen Fortführung der Wiedernutzbarmachung des Tagebaubereichs mittels Absetzerbetrieb zu überkippen und zu rekultivieren. Die Unsicherheit über die tatsächliche Zusammensetzung der von Dritten angelieferten Böden und den daraus eventuell resultierenden Umweltgefahren stand dem entgegen. RBS erklärt sich vor diesem Hintergrund bereit, durch systematische Untersuchungen an den genannten Standorten dem Verdacht der unzulässigen Anlieferung durch Dritte nachzugehen. Die RBS beauftragte die Geotechnische Büros Prof. Dr.-Ing. H Düllmann GmbH (GB GmbH), ein Untersuchungsprogramm aufzustellen.

Ein erster Vorschlag wurde mit Bericht vom 29.10.2024 vorgelegt und im Kreis der Beteiligten beraten (Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr, Bezirksregierung Arnsberg, Bezirksregierung Düsseldorf). Für die Landesregierung wurde durch die Bezirksregierung Arnsberg als zuständiger Behörde für die Verfüllungen die ahu GmbH, vertreten durch Herrn Meßling und Herrn Dr. Boester, als unabhängige Berater hinzugezogen.



In einer gemeinsamen Videokonferenz am 26.11.2024 wurde zwischen den fachlich zuständigen Stellen das in [1] erläuterte Vorgehen beschlossen.

Mit Datum vom 31.01.2025 wurde ein erster Bericht über die Ergebnisse der Untersuchungen im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" vorgelegt [2]. Nachstehend werden im Rahmen eines Gesamtberichtes nun alle Ergebnisse der Untersuchungen im Bereich der Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo" und "Pösenberg" dokumentiert und bewertet.

2 Verwendete Unterlagen

Berichte / Rechts- und Regelwerke

- [1] Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo" und "Pösenberg" - Untersuchungsprogramm zur Feststellung der Abfallqualitäten / bodenschutzrechtliche Gefahrenermittlung.- Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, 27.11.2024
- [2] Tagebau Garzweiler - Kippstelle "Jüchen Alt"- Feststellung der Abfallqualitäten / bodenschutzrechtliche Gefahrenermittlung.- Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, 31.01.2025
- [3] DIN 21919-3: Bergmännisches Risswerk - Stratigraphie, Teil 3 Regionale und lokale Gliederungen Braunkohle, Stand November 2001
- [4] LAGA Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technischen Regeln, LAGA-Mitteilungen 20
- [5] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716), ersetzt V 2129-32-1 v. 12.7.1999 I 1554 (BBodSchV)
- [6] Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV) vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 186)
- [7] LAGA Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Dezember 2001
- [8] Länderausschuss Bergbau "Anforderungen an die Verwertung von bergbau fremden Abfällen im Bergbau über Tage -Technische Regeln -. Stand: 30.03.2004" eingeführt mit Erlass des MWMTV NRW vom 21.06.2004 - IV 5 - 82-41
- [9] DIN EN ISO 22475-1 | 2022-02 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen für die Probenentnahme von Boden, Fels und Grundwasser

Zulassungen

- [10] Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW Bergbehörde NRW: Tagebau Garzweiler, 2. Ergänzung zum Sonderbetriebsplan S 1/96 für die Ablagerung von Bodenaushub zur Reduzierung des Massendefizits im Tagebau Garzweiler, 18.07.2000



- [11] Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW Bergbehörde NRW: Tagebau Garzweiler, Sonderbetriebsplan S 1/96 "Verwertung von externen Bodenmaterialien im Tagebau Garzweiler" - Verlängerung der Zulassung, 31.08.2015
- [12] Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW Bergbehörde NRW: Tagebau Garzweiler, Sonderbetriebsplan S 1/96 Verwertung von Bodenaushub zur Auffüllung des Geländes im Tagebau Garzweiler - Verlängerung der Zulassung, 29.09.2020
- [13] Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW Bergbehörde NRW: Tagebau Garzweiler, Verwertung von externen Bodenmaterialien, hier zusätzlicher Ablagerungsbereich - Verlängerung der Zulassung, 26.10.2023

Unterlagen Rheinische Baustoffwerke GmbH

- [14] Kippstellenübersicht mit Eintragung der Kippbereiche in den Jahren 2021 bis 2024
- [15] Halbjahresvergleiche des Kippfortschritts für die Jahre 2021 bis 2024 (7 Bilder)
- [16] Luftbilder "Jüchen Alt" aus dem Zeitraum 16.01.2021 bis 12.08.2024 (22 Bilder)
- [17] Schnittspuren 1 bis 5 im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" mit Darstellung der Geländeoberkanten zu unterschiedlichen Zeitpunkten
- [18] Schnittspuren 6 und 7 im Bereich der Kippstelle "Wanlo" mit Darstellung der Geländeoberkanten zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Online

- [19] <https://www.tim-online.nrw.de/tim-online2/>
- [20] <https://www.rwe.com/der-konzern/laender-und-standorte/tagebau-garzweiler/>
- [21] https://bezreg-koeln.ratsinfomanagement.net/sdnetrim/UGhVM0hp2NXNFDfFcExjZe6qzPF5SXa34bMzwM4EmuFMxUSWbN_l3urmHeaFx1SZ/Niederschrift_BKA_15.03.2024_final_komplett.pdf

3 Standortbeschreibung

3.1 Lage

Die RWE Power AG betreibt zwischen Bedburg, Grevenbroich, Jüchen, Erkelenz und Mönchengladbach den Tagebau Garzweiler. In diesem Abbaufeld wird seit mehr als 100 Jahren Braunkohle gefördert. Der Tagebau ging vom Grevenbroicher Stadtgebiet aus und liegt heute schwerpunktmäßig im Rhein-Kreis Neuss und im Kreis Heinsberg (Abb. 3.1).

Der Gewinnungsbetrieb wird voraussichtlich 2030 eingestellt. Das verbleibende Restloch im westlichen Teil des Tagebaus soll zu einem See umgestaltet werden [20] (Abb. 3.2).

Die Kippstellen "Jüchen Alt" und "Wanlo" liegen am Nordrand des Tagebaus Garzweiler. Die Kippstellen "Jüchen Neu" und "Pösenberg" liegen östlich des Tagebaus (Abb. 3.3).

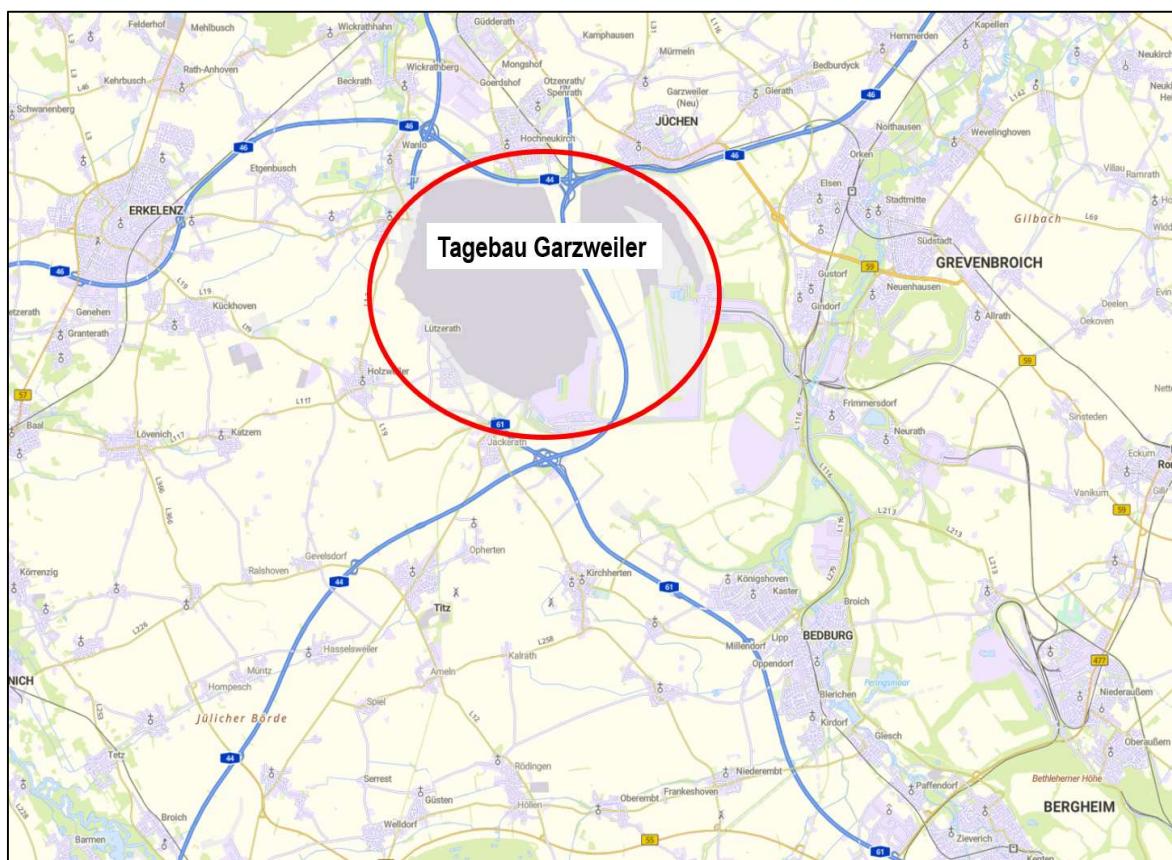


Abb. 3.1: Lage des Tagebaus Garzweiler (Kartengrundlage [19])

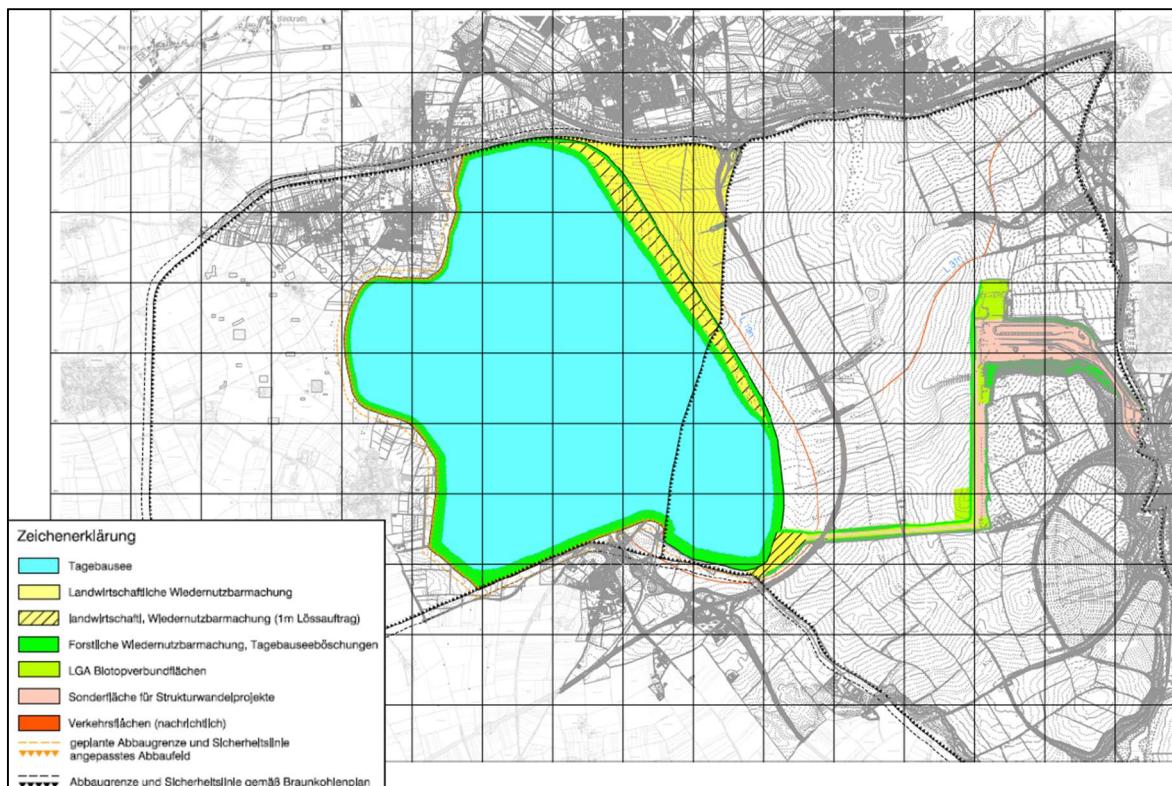


Abb. 3.2: Geplante Nachfolgelandschaft für den Tagebau Garzweiler im Jahr 2100 [21]

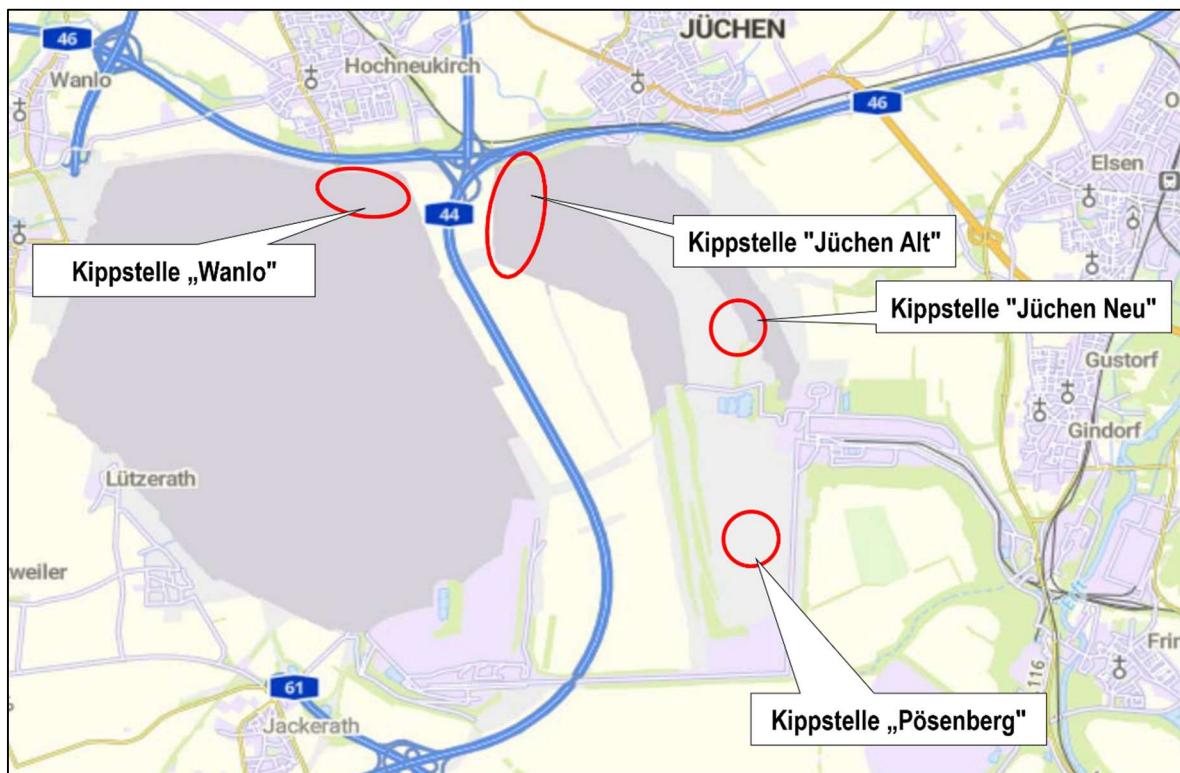


Abb. 3.3: Lage der vier Kippstellen (Kartengrundlage [19])

Die Flächengrößen der im relevanten Zeitraum (2021 - 08.2024) betriebenen Kippstellen liegen bei ca. 0,5 ha ("Jüchen Neu"), 6,4 ha (Pösenberg), 8,8 ha ("Wanlo") und 25 ha ("Jüchen Alt"). Die Schüttmächtigkeiten variieren zwischen 10 und 30 m ("Jüchen Alt") oder 15 und 20 m ("Wanlo"). In "Jüchen Neu" und "Pösenberg" betragen Schüttmächtigkeiten dagegen nur 15 bzw. 10 m. Die Einbauhorizonte bewegen sich zwischen ca. 35 und 63 mNHN ("Jüchen Alt"), ca. 45 und 60 mNHN ("Wanlo"), ca. 35 und 52 mNHN ("Jüchen Neu") und ca. 02 und 12 mNHN ("Pösenberg"). Insgesamt wurden über die genehmigten Kippstellen neben tagebaueigenem Bodenmaterial ca. 0,5 bis 0,8 Mio. m³ ("Jüchen Neu", "Pösenberg", "Wanlo") bzw. 2,9 Mio. m³ ("Jüchen Alt") fremd angelieferte Böden eingebaut.

3.2 Geologische Verhältnisse

Der Standort befindet sich innerhalb der Niederrheinischen Bucht, d.h. in einem tektonischen Senkungsgebiet. Hier lagerten sich mächtige marine und fluviatile Sedimente ab, die durch tertiäre Staffelbrüche in einzelne Schollen gegliedert sind. Garzweiler liegt auf der Venloer Scholle. Die einzelnen Schollen sind durch NW-SE verlaufende Verwerfungen begrenzt.



Der Tagebau erschließt die tertiäre Schichtenfolge vom Liegenden des Flözes Morden II (Horizont 5B, Abb. 3.4) bis zur Hauptkies-Serie (Horizont 8).

System	Serie	Chrono- stratigraphische Gliederung	Litho-		Kenn- zahl
			Formation	Flöz, Bank, Lage	
Quartär	Holozän	Flandern	anthropogene Aufschüttungen und Bodenbildung Auenterrassen		20 19A
	Pleistozän	Weichsel	Niederterrassen ^a	Ältere und Jüngere Niederterrassen	19
		Saale	Mittelterrassen ^b	Untere und Mittlere Mittelterrassen	18
		Elster		Obere Mittelterrasse	17
		Cromer	Hauptterrassen ^b	Jüngere Hauptterrassen	16
		Bavel		Ältere	15
		Menap			14
		Waal			13
		Éburon			12
		Tegelen		Tegelen-Ton	
		Prätegelen		Hauptterrassen	
Tertiär	Pliozän	Piacenza	Reuver-Schichten	Oberer Reuver-Ton (C)	11E
				Oberer Reuver-Sand	11D
				Mittlerer Reuver-Ton (B)	11C
				Mittlerer Reuver-Sand	11B
				Unterer Reuver-Ton (A)	11A
				Unterer Reuver-Sand	10
			Rotton-Schichten	Oberer Rotton	9C
				Liblar-Sand	9B
	Miozän	Zancla		Flöz Bergheim	9A
		Messina	Hauptkies-Schichten		8
		Tortona		Flöz Schophoven	7F
				Schophoven-Sand	7E
				Flöz Kirchberg	7D
				Kirchberg-Sand	7C
				Flöz Friesheim	7B
				Friesheim-Sand/Fischbach-Ton	7A
				Flöz Garzweiler	6E
	Burdigal	Serravalle	Inden-Schichten (mit Hauptflözgruppe)	Neurath-	6D
		Langhe			6C
				Flöz Frimmersdorf b	6Cb
				Sand	6C
		Burdigal	Ville-Schichten (mit Hauptflözgruppe)	Fl. Frimmersdorf a	6Ca
				Fimmersdorf-Sand	6B
				Flöz Morden I	6A
		Aquitän ^c		Morden-Sand	5D
	Oligozän	Chatt	Grafen- berg- Schichten (mit Unter- flöz- gruppe)	Flöz Morden II	5C
				Flöz Kerpen	5B
				Kerpen-Sand	5A
					4C
				Ton 3/Unterflöz I	4B
				Frechen-Sand	4A
				Ton 1/Unterflöz II	3
				Weiden-Sand	2
				Ton 08/Unterflöz III	1
		Rupel	Ratingen-Schichten	Bornheim-Sand	09
				Ton 06B/Unterflöz IV	08
				Fortuna-Sand	07
			Walsum-Schichten	Ton 06B/Unterflöz V	06B
				Garsdorf-Sand	06A
			Ratheim-Schichten	Ton 05B/Unterflöz VI	05B
					05A
			Antweiler-Schichten		04B
					04A
	Eozän		Schichtlücke		03
					02
			Hückelhoven-Schichten		01D
					01C
	Paläozän	Thanet	Houthem-Schichten		01B
		Dan			01A

^a teilweise mit Hochflutauflagerung
^b teilweise mit Lößauflagerung und Bodenbildung
^c nur örtlich ausgebildet

Abb. 3.4: Chrono- und lithostratigraphische Gliederung der Schichtenfolge in der Niederrheinischen Bucht gemäß DIN 21919-3 [3]



Das Tertiär wird im Wesentlichen durch die pleistozäne Hauptterrasse (Horizont 16) und weichselzeitlichen Löß überlagert.

Das Pliozän mit der Rotton-Serie und der Reuver-Serie ist - bis auf Reste im Horizont 8 und Horizont 11 - erodiert.

3.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Die Grundwasserverhältnisse sind derzeit durch die notwendigen Sümpfungsmaßnahmen für den Tagebaubetrieb stark beeinflusst. Die Sümpfung reicht bis ca. 15 m unterhalb des Liegenden von Flöz Morken. Der Grundwasserspiegel liegt daher weit unterhalb der Basis der abgesetzten Böden.

Nach Abschluss der Auskohlung und Einstellung der betrieblichen Sümpfungsmaßnahmen steigt der Wasserspiegel wieder an. Der Einfluss der Sümpfung und der spätere Wiederanstieg des Grundwasserspiegels wurden im Rahmen der Planfeststellung für den Tagebau modelltechnisch untersucht. Diese Prognose wird regelmäßig überprüft.

Nach aktuellem Stand ist der in Abbildung 3.5 dargestellte Wiederanstieg zu erwarten. Maßgeblich für die einzelnen Kippstellen ist der prognostizierte Anstieg an folgenden Messpunkten:

- "Wanlo" Messpunkt IP 41506
- "Jüchen Alt" Messpunkt IP 42298
- "Jüchen Neu" Messpunkt IP 46940
- "Pösenberg" Messpunkt IP 55047

Die Lage der Messpunkte geht aus Abbildung 3.6 hervor.

Langfristig wird im Bereich der Kippstellen ein Grundwasserstand zwischen ca. 61 und 62 m NHN erwartet. Im Bereich der Kippstelle "Wanlo" steigt der Wasserspiegel nach der aktuellen Prognose auf bis zu 64 m NHN an.

Die in Rede stehenden Kippstellen werden damit fast vollständig eingestaut werden.

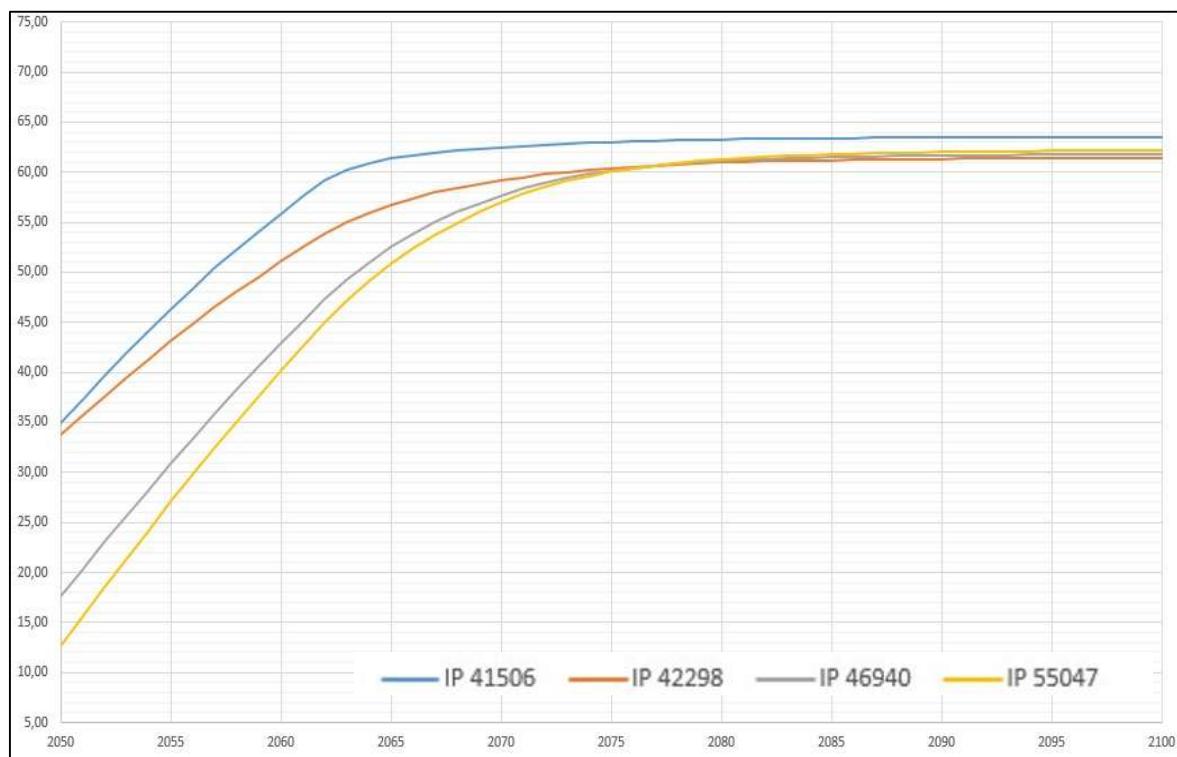


Abb. 3.5: Prognostizierte Grundwasserstände im Bereich der untersuchten Kippstellen
(Auskunft RWE Power)



Abb. 3.6: Lage der Messpunkte der Wiederanstiegsprognose (Auskunft RWE Power)



3.4 Anforderungen / Ablauf der Bodenverwertung im Tagebaubereich

Die Ablagerung von Bodenaushub zur Reduzierung des Massendefizits im Tagebau Garzweiler wurde mit dem Sonderbetriebsplan S 1/96 vom 18.10.1996 genehmigt. Die Zulassung wurde in der Folgezeit mehrfach verlängert und ergänzt [10] - [13].

Mit der aktuellen Zulassung wurde festgelegt, dass Bodenmaterial für Ablagerungsbereiche unterhalb des zukünftigen Grundwasserspiegels sowie bis zu 2 m darüber die Zuordnungswerte Z0 (gemäß [7]) einhalten muss.

Die Böden wurden nach einer Voranmeldung und der Freigabe durch RBS von verschiedenen Lieferanten antransportiert und nahe einer Kippkante abgesetzt. Von dort aus wurde das Bodenmaterial nach visueller Prüfung mittels Raupe über die Kippkante geschoben. Dabei ergaben sich Schüttkegel mit einer Neigung von 30 bis 40°.

Neben fremd angelieferten Böden wurde auch tagebaueigenes Bodenmaterial in den betreffenden Bereichen verstürzt. In der Regel handelte es sich dabei um Maßnahmen zur Stabilisierung des Kippenkörpers oder die Verkippung von Abraum aus dem Sonderbetrieb des Tagebaus (Wegebaumaßnahmen, Böschungssanierungen, etc.), welche mittels Hilfsgeräten erfolgt. Hierbei entstandene Böschungsbereiche binden in die Kippstellen ein, es existieren keine scharfen Grenzflächen zur Verkippung fremd angelieferter Böden. Dieses Vorgehen führte zwangsläufig zu einer starken Vermischung von Böden unterschiedlicher Herkunft.

3.5 Erkenntnisse aus den staatsanwaltlichen Ermittlungen

Die bisherigen Sachverhaltsermittlungen der Zentralstelle für Umweltkriminalität bei der Staatsanwaltschaft Dortmund (ZeUK) lieferten Hinweise darauf, dass falsch deklarierte Böden aus Baustellen außerhalb des Tagebaubereiches mutmaßlich u.a. im Bereich der Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo" und "Pösenberg" zur Ablagerung gekommen sind. Die fraglichen Bodenanlieferungen sollen im Zeitraum vom 01.01.2021 bis 31.08.2024 erfolgt sein.

Nähere Angaben zur Art der falsch deklarierten Böden, deren Menge sowie zu Art und Umfang der Belastungen liegen bis dato nicht vor.



4 Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Untersuchungsstrategie

Die Vorgehensweise bei der Untersuchung der von den potenziell unzulässigen Bodenverwertungen betroffenen Kippstellen wurde vor Beginn der Maßnahmen in einem Untersuchungsprogramm schriftlich dargelegt und mit den beteiligten Behörden sowie deren extern hinzugezogenen Gutachtern abgestimmt (ahu GmbH, Aachen, vertreten durch Herrn Meßling und Herrn Dr. Boester) [1].

Ziel der Untersuchungen war es einerseits zu erkunden, ob die bisher erfolgten Verwertungsmaßnahmen genehmigungskonform sind. Die Untersuchung und Beurteilung der Verwertungsmöglichkeiten von Böden erfolgt auf der Basis von Mischproben. In Bezug auf die Beprobung von Haufwerken verweist sowohl die LAGA TR 20, die Genehmigungsgrundlage ist, als auch die BBodSchV auf die Probenahmerichtlinie LAGA PN 98.

Da aber Hinweise darauf vorlagen, dass nicht genehmigte Bodenmassen zur Ablagerung gekommen sein könnten, waren aus behördlicher Sicht Anhaltspunkte auf schädliche Bodenveränderungen gegeben. Daher wurden parallel auch Untersuchungen zur Feststellung eventueller Gefahren nach bodenschutzrechtlichen Maßstäben und deren Bewertungen gefordert. Diese sehen Untersuchungen von Einzelproben vor.

4.2 Probengewinnung

4.2.1 Auswahl der Aufschlussverfahren

Aufgrund der Mächtigkeit der betroffenen Schüttkörper von 10 bis 30 m erfolgte die Beprobung der Böden im Wesentlichen mit Hilfe von Maschinenbohrungen. Verfahrenstechnisch sind dabei nur Trockenbohrungen akzeptabel, da Spülbohrungen die chemischen Eigenschaften der Böden verändern können.

Trockenbohrungen erfordern bei den gegebenen Tiefen das Mitführen einer Schutzverrohrung. Je nach Fördertechnik sind die Bohrungen damit zeitaufwändig. Der Zeitraum für die Probengewinnung war jedoch begrenzt, da die Kippstellen im Zuge des Fortschreitens der Tagebauverfüllung zeitnah planmäßig weiter überkippt werden sollen. Zuvor war ausreichend Zeit die chemischen Bodenuntersuchungen einzuplanen.



Ein relativ schneller Bohrfortschritt bei Trockenbohrungen kann mit Hilfe des s.g. Imlochhammers mit Lufthebeverfahren erzielt werden. Bei dem auch als Drehschlagbohren bezeichneten Verfahren befindet sich am unteren Ende des Bohrgestänges ein Hammer, der durch Druckluftzugabe aktiviert wird. Der Hammer dringt so schlagend und gleichzeitig rotierend in den Untergrund ein. Ein Spülstrom (hier Luft) fördert das gelöste Bohrklein nach oben. Dies wird in einer Wanne aufgefangen und kann meterweise beprobt werden.

Auch Bohrungen mit einer Hohlbohrschncke lassen sich vergleichsweise schnell niederbringen, da keine gesonderte Schutzverrohrung mitgeführt werden muss. Der Bohrlochnachfall wird durch das Bohrgestänge selbst verhindert. Derartige Bohrungen liefern aber nur Mischproben und haben eine begrenzte Tiefenreichweite von meist 20 m.

Einzelproben können auch aus Baggerschürfen gewonnen werden. Diese bieten den Vorteil, dass relativ großräumige Aufschlüsse geschaffen werden, die einen guten Eindruck über die anstehenden Böden vermitteln. Fremdstoffe und Auffälligkeiten lassen sich schnell erkennen. Baggerschürfe sind allerdings im Regelfall auf eine Tiefe von 5 m begrenzt.

4.2.2 Festlegung der Ansatzpunkte

Die Beprobung der Böden konnte - wie alle Bodenuntersuchungen - nur stichprobenhaft erfolgen. Die Vorgaben der gemäß [4] und [5] für die Beprobung anzuwendenden Probennahmerichtlinie LAGA PN 98 [7] sind hier nicht maßgeblich, da es sich lediglich um eine Überprüfung schon abgesetzter Böden, nicht jedoch um Untersuchungen zur Deklaration handelte.

Konkrete Angaben zu Art und Umfang von potenziell illegal abgelagerten Böden lagen zum Zeitpunkt der Planung der Bodenaufschlüsse nicht vor. Bekannt war nur, dass sich solche Böden, wenn sie tatsächlich angeliefert worden sein sollten, innerhalb eng umgrenzter Bereiche befinden müssen. Für die einzelnen Kippstellen leiteten sich folgende Verdachtsbereiche ab:

- "Jüchen Alt": ca. 25 ha, 10 - 30 m u. GOK, d.h. 35 - 63 mNHN
- "Jüchen Neu": ca. 0,5 ha, 15 m u. GOK, d.h. 35 - 52 mNHN
- "Wanlo": ca. 8,8 ha, 15 - 20 m u. GOK, d.h. 45 - 60 mNHN
- "Pösenberg": ca. 6,4 ha, 10 m u. GOK, d.h. 02 - 12 mNHN



Vor diesem Hintergrund erfolgte die Festlegung der Ansatzpunkte für eine Probengewinnung zunächst unter statistischen Gesichtspunkten, d.h. gleichmäßig über die Flächen verteilt.

In Anbetracht der enormen Kubaturen und Mächtigkeiten der Verfüllungen waren im ersten Ansatz in "Jüchen Alt" 25, in "Jüchen Neu" 2, in "Wanlo" 9 und in "Pösenberg" 8 Aufschlüsse geplant. Ein dichteres Raster war innerhalb des verfügbaren Zeitrahmes und in Ermangelung der Verfügbarkeit von Bohrgeräten und Personal nicht umsetzbar. Da das Untersuchungsprogramm aber dennoch tragfähige Erkenntnisse zu möglichen Umweltgefährdungen erwarten ließ, wurde es nach eingehender Beratung mit den beteiligten Behörden am 27.11.2024 zur Umsetzung freigegeben.

Für eine erste Einschätzung der Genehmigungskonformität der in den Kippstellen abgelagerten Böden sollten für die Gewinnung von Mischproben der folgende Umfang an Bohrungen mit der Hohlbohrschnecke ausgeführt werden:

- "Jüchen Alt": ca. 15
- "Jüchen Neu": ca. 2
- "Wanlo": ca. 6
- "Pösenberg": ca. 4

Parallel war zur Gewinnung von Einzelproben der folgende Umfang an Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren geplant:

- "Jüchen Alt": ca. 10
- "Jüchen Neu": ca. 1
- "Wanlo": ca. 3
- "Pösenberg": ca. 4 und zusätzlich 4 Schürfe

4.2.3 Ausführung der Arbeiten

Die Bohrungen mittels Hohlbohrschnecken wurden von der BGA Bohrgesellschaft Aachen mbH ausgeführt. Die Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren führte die Plängsen Brunnenbau GmbH durch. Die Schürfe wurden durch RBS angelegt.



Die Lage der Ansatzpunkte geht aus den Anlagen 1.1 bis 1.4 hervor. Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden vor Ausführungsbeginn durch RBS eingemessen und ausgepflockt. Alle Ansatzpunkte wurden nach Abschluss der Arbeiten durch die Markscheiderei der RWE Power AG erneut eingemessen. Die Koordinaten sind den Tabellen 4.1 bis 4.4 zu entnehmen.

Die Aufschlussarbeiten wurden durchgehend durch Personal der Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH begleitet. Das Bohrgut/Bodenmaterial wurde vor Ort organoleptisch angesprochen. Die Schichtenverzeichnisse sind diesem Bericht als Anlage 2 beigefügt, die zeichnerischen Darstellungen der Bohrergebnisse als Anlage 3.

Da beabsichtigt war, alle Mischproben chemisch zu analysieren, wurden von den Mischproben Rückstellproben gebildet. Diese werden in einem Probenlager auf dem Gelände der RBS bis zum Abschluss der Untersuchungen vorgehalten.

Die Entnahme aller Bodenproben ist photographisch dokumentiert (Anl. 6).

4.2.3.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

Die Bohrungen im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" erfolgten im Zeitraum vom 29.11. bis 12.12.2024. Zwei geplante Bohrungen im äußersten Norden der Kippstelle "Jüchen Alt" konnten nicht durchgeführt werden, da dieser Bereich schon kurz nach der Ablagerung durch den Absetzbetrieb mit > 20 m Abraum überkippt worden ist. Das Bohrraster wurde daher angepasst. Letztlich wurden 13 Hohlbohrschnecken (JüA HS, Ø 205/110 mm) und 10 Bohrungen als Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren (JüA TB, Ø 178 mm) ausgeführt (Tab. 4.1).

Die Hohlbohrschnecken wurden in Tiefen zwischen 23 m und 30 m u. GOK (Σ 376 m) niedergebracht. Die Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren reichten bis in Tiefen von 27,8 m bis 30 m u. GOK (Σ 297,2 m, vgl. Tab. 4.1).

Aus den Hohlbohrschneckenbohrungen wurden alle 5 m Mischproben für anschließende Analysen entnommen. Bei einer Bohrtiefe von 25 bis 30 m ergaben sich damit insgesamt 76 Mischproben.



Die Trockenbohrungen wurden meterweise beprobt. Insgesamt wurden 298 Bodenproben entnommen.

Tab. 4.1: Koordinaten der Bohrabsatzpunkte in der Kippstelle "Jüchen Alt"

Bohrung	Hochwert	Rechtswert	Gelände-höhe	Bohrmeter	Misch-proben	Einzel-proben
	[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[Stck.]	[Stck.]
JüA HS 1	2534.361,30	5661.368,32	58.16	30	6	-
JüA HS 2	2534.360,58	5661.253,12	59.37	25	5	-
JüA HS 3	2534.277,12	5661.250,46	59.19	23	5	-
JüA HS 4	2534.272,50	5661.372,66	59.01	28	6	-
JüA HS 5	2534.190,56	5661.243,34	59.98	30	6	-
JüA HS 6	2534.102,64	5661.294,02	59.69	30	6	-
JüA HS 7	2534.099,53	5661.365,07	58.32	30	6	-
JüA HS 8	2534.272,22	5661.434,70	58.20	30	6	-
JüA HS 9	2534.180,36	5661.493,20	58.51	30	6	-
JüA HS 10	2534.095,05	5661.556,29	57.90	30	6	-
JüA HS 11	2534.037,58	5661.552,04	58.86	30	6	-
JüA HS 12	2534.086,30	5661.696,70	60.94	30	6	-
JüA HS 13	2534.023,62	5661.697,12	63.15	30	6	-
Summe	-	-	-	376	76	-
JüA TB 1	2534.387,89	5661.307,95	58.77	29,7	-	30
JüA TB 2	2534.275,59	5661.304,81	59.21	29,7	-	30
JüA TB 3	2534.183,12	5661.366,25	59.12	30	-	30
JüA TB 4	2534.187,98	5661.300,09	59.51	30	-	30
JüA TB 5	2534.107,11	5661.238,90	59.14	30	-	30
JüA TB 6	2534.018,00	5661.334,51	63.59	27,8	-	28
JüA TB 7	2534.182,16	5661.435,97	59.02	30	-	30
JüA TB 8	2534.095,29	5661.424,74	58.61	30	-	30
JüA TB 9	2534.094,25	5661.497,06	58.78	30	-	30
JüA TB 10	2534.084,98	5661.623,43	61.10	30	-	30
Summe	-	-	-	297,2	-	298

4.2.3.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die Bohrungen erfolgten am 28.01. und 29.01.2025. Die geplante Trockenbohrung im Bereich der Kippstelle "Jüchen Neu" konnten nicht durchgeführt werden, da das Bohrunternehmen (Plängsken Brunnenbau GmbH) die Bohrung erst Ende März 2025 hätte realisieren können. Aufgrund des engen Zeitplanes wurde entschieden, stattdessen zwei weitere Bohrungen mittels Hohlbohrschnecke abzuteufen und das Material meterweise zu beproben. Das Bohrraster wurde daher angepasst. Letztlich wurden 3 Hohlbohrschneckenbohrungen (JüN HS, Ø 205/110 mm) ausgeführt (Tab. 4.2).



Die Bohrungen mittels Hohlbohrschnecke wurden bis in eine Tiefe von 15 m u. GOK (Σ 45 m) niedergebracht (Tab. 4.2).

Aus der Hohlbohrschneckenbohrung JüN HS 1 wurden alle 5 m Mischproben für anschließende Analysen entnommen. Bei einer Bohrtiefe von 15 m ergaben sich damit insgesamt 3 Mischproben. Die Hohlbohrschneckenbohrungen JüN HS 2 und JüN HS 3 wurden als Ersatz für die nicht durchgeführte Trockenbohrung meterweise beprobt. Insgesamt wurden 30 Bodenproben entnommen.

Tab. 4.2: Koordinaten der Bohrabsatzpunkte in der Kippstelle "Jüchen Neu"

Bohrung	Hochwert	Rechtswert	Gelände-höhe	Bohrmeter	Misch-proben	Einzel-proben
	[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[Stck.]	[Stck.]
JüN HS 1	2536.350,82	5660.576,03	51.27	15	3	-
JüN HS 2	2536.365,18	5660.548,87	51.17	15	-	15
JüN HS 3	2536.377,69	5660.531,67	51.26	15	-	15
Summe	-	-	-	45	3	30

4.2.3.3 Kippstelle "Wanlo"

Die Bohrungen erfolgten im Zeitraum vom 14.01. bis zum 17.01.2025. Wie geplant wurden 6 Hohlbohrschneckenbohrungen (Wa HS, \varnothing 205/110 mm) und 3 Bohrungen als Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren (Wa TB, \varnothing 178 mm) ausgeführt (Tab. 4.3).

Die Hohlbohrschnecken wurden in Tiefen bis 20 m u. GOK (Σ 120 m) niedergebracht. Die Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren reichten bis in Tiefen von 20 m bis 22 m u. GOK (Σ 62 m, vgl. Tab. 4.3).

Aus den Hohlbohrschneckenbohrungen wurden insgesamt 24 Mischproben (Beprobung alle 5 Meter) für anschließende Analysen entnommen.

Die Trockenbohrungen wurden meterweise beprobt und so insgesamt 61 Bodenproben entnommen.



Tab. 4.3: Koordinaten der Bohrungsanzelpunkte in der Kippstelle "Wanlo"

Bohrung	Hochwert	Rechtswert	Gelände- höhe	Bohrmeter	Misch- proben	Einzel- proben
	[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[Stck.]	[Stck.]
Wa HS 1	2531.631,32	5661.940,30	58.41	20	4	-
Wa HS 2	2531.99336	5661.875,26	57.91	20	4	-
Wa HS 3	2531.979,42	5661.777,16	56.31	20	4	-
Wa HS 4	2532.107,01	5661.777,34	56.83	20	4	-
Wa HS 5	2532.014,63	5661.660,34	54.22	20	4	-
Wa HS 6	2532.093,71	5661.651,64	54.04	20	4	-
Summe	-	-	-	120	24	-
Wa TB 1	2531.885,46	5661.871,04	57.24	20	-	19
Wa TB 2	2532.104,29	5661.866,79	57.91	20	-	20
Wa TB 3	2532.052,90	5661.719,53	55.40	22	-	22
Summe	-	-	-	62	-	61

4.2.3.4 Kippstelle "Pösenberg"

Die Bohrungen und Arbeiten zu Herstellung der Baggerschürfe erfolgten im Zeitraum vom 29.01. bis zum 31.01.2025.

Am 19.03.2025 wurden aufgrund neuer Erkenntnisse zwei weitere Schürfe erstellt. Das Bohr- bzw. Schürfraster wurde entsprechend ergänzt. Letztlich wurden 4 Hohlbohrschneckenbohrungen (Pö HS, Ø 205/110 mm) ausgeführt und 6 Schürfe (Pö Schurf) angelegt (Tab. 4.4).

Tab. 4.4: Koordinaten der Bohrungsanzelpunkte in der Kippstelle "Pösenberg"

Bohrung	Hochwert	Rechtswert	Gelände- höhe	Bohrmeter	Misch- proben	Einzel- proben
	[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[Stck.]	[Stck.]
Pö HS 1	2536.329,43	5658.075,60	10.00	8,2	2	-
Pö HS 2	2536.422,09	5658.080,14	10.91	10	2	-
Pö HS 3	2536.593,56	5658.099,27	10.72	10	2	-
Pö HS 4	2536.630,45	5658.034,76	10.29	10	2	-
Summe	-	-	-	38,2	8	-
Pö Schurf 1	2536.307,38	5658.149,75	8.46	5	-	5
Pö Schurf 2	2536.510,81	5658.089,38	10.99	5	-	5
Pö Schurf 3	2536.657,77	5658.123,78	10.44	5	-	5
Pö Schurf 4	2536.618,24	5657.925,54	8.73	5	-	5
Pö Schurf 5	2536.366,96	5658.106,04	12.27	5	-	5
Pö Schurf 6	2536.439,97	5658.104,98	13.10	3	-	4
Summe	-	-	-	28	-	29



Die Hohlbohrschnecken wurden in Tiefen zwischen 8,2 m und 10 m u. GOK (Σ 38,2 m) niedergebracht. Die Schürfe reichten bis in Tiefen von 3 m bis 5 m u. GOK (Σ 28 m, vgl. Tab. 4.4).

Aus den Hohlbohrschneckenbohrungen wurden insgesamt 8 Mischproben (Beprobung alle 5 Meter) für anschließende Analysen entnommen. Die Schürfe wurden meterweise und bei Auffälligkeiten beprobt und so insgesamt 29 Bodenproben entnommen.

4.3 Chemische Untersuchungen

Die Analytik führte die Eurofins West GmbH, Wesseling, aus. Die Prüfberichte sind als Anlage 4.1 (Mischproben) bzw. 4.2 (Einzelproben) beigefügt. Tabellarische Zusammenstellungen der Ergebnisse finden sich in den Anlagen 5.1 bis 5.2.

Die aus den Hohlbohrschneckenbohrungen gewonnenen Mischproben dienten der Feststellung, ob die abgelagerten Böden den gestellten Anforderungen entsprechen. Alle Mischproben (insg. 111) wurden daher gemäß LAGA M20 [4] analysiert. Das Analysenprogramm umfasste die folgenden Parameter:

Mischproben Feststoff:

- pH-Wert
- EOX
- MKW C10-C40
- BTEX
- LHKW
- $\sum \text{PAK}_{16}$
- $\sum \text{PCB}_6$
- Cyanid_{ges.}
- Arsen
- Blei
- Cadmium
- Chrom_{ges.}
- Kupfer
- Nickel
- Quecksilber
- Thallium
- Zink

Mischproben 10:1-Eluat:

- pH Wert
- el. Leitf. (25°C)
- Phenolindex (Phenole)
- Chlorid
- Sulfat
- Cyanid_{ges.}
- Arsen
- Blei
- Cadmium
- Chrom_{ges.}
- Kupfer
- Nickel
- Quecksilber
- Thallium
- Zink



Bei erhöhten TOC-Gehalten ist das C/N-Verhältnis der organischen Substanz von Bedeutung. Daher erfolgten an 34 Mischproben (JüA: 22 Proben; JüN: 1 Probe; Wa: 7 Proben; Pö: 4 Proben), deren TOC-Wert zwischen 0,5 und 1 Ma.-% lag, nachträgliche Bestimmungen des C/N-Verhältnisses. In Abstimmung mit den Projektbeteiligten wurde zudem im Regelfall bei Proben, deren Sulfat-Gehalte im 10:1-Eluat den Grenzwert Z0 von 20 mg/l überschritten, auch der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat untersucht. Davon waren 57 Mischproben betroffen (JüA Alt: 34 Proben; JüN: 3 Proben; Wa: 15 Proben; Pö: 5 Proben)

Aus den insgesamt 418 Einzelproben wurden 93 Proben für chemische Analysen ausgewählt (JüA: 62 Proben; JüN: 7 Proben; Wa: 14 Proben; Pö: 10 Proben).

Die Auswahl der Proben erfolgte gemäß der abgestimmten Vorgehensweise zusammen mit der Bergbehörde und im Einvernehmen mit der ahu GmbH als Prüfgutachter. Im Labor werden Rückstellproben über drei Monate nach Probeneingang aufbewahrt.

Zur Feststellung des Schadstoffdargebotes im Feststoff wurden die Einzelproben mit dem gleichen Parameterumfang wie die Mischproben untersucht (s. o.). Dieser Parameterumfang gilt gemäß [4] für Bodenmaterial mit unspezifischem Verdacht. Bei Auffälligkeiten im Boden war vorgesehen, GC/MS-Screenings auf mittel- bis schwerflüchtige bzw. leichtflüchtige organische Verbindungen oder ICP-Screenings durchzuführen, um einen Schadstoffverdacht konkretisieren zu können. Auffälliges Bodenmaterial wurde jedoch nicht angetroffen, so dass auf diese Untersuchungen verzichtet werden konnte. Konkrete Hinweise auf zusätzliche bewertungsrelevante Stoffe, die nicht durch organoleptische Befunde hätten erkannt werden können, lagen zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen nicht vor.

Zusätzlich zu den Feststoffuntersuchungen wurden von allen Einzelproben 2:1-Eluate angefertigt und auf die folgenden Parameter analysiert:

Einzelproben 2:1-Eluat

- pH Wert
- el. Leitf. (25°C)
- Chlorid
- Sulfat
- Cyanid_{ges.}
- Cyanid_{l. freisetzbar}
- Arsen
- Blei
- Cadmium
- Chrom_{ges.}
- Kupfer
- Nickel
- Quecksilber
- Thallium
- Zink
- PAK



5 Ergebnisse

5.1 Untergrundaufbau

Mit den gewählten Bohrverfahren lassen sich Proben der Güteklaasse 3 bis 4 gemäß [7] gewinnen. Proben dieser Güteklassen lassen aber mit einem gewissen Grad der Genauigkeit die Feststellung von Schichtgrenzen und der Kornzusammensetzung von Böden zu. Das gilt für die Proben aus den Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren stärker als für die Proben aus den Hohlbohrschnellenbohrungen. Bei beiden Bohrverfahren wird der Boden chemisch nicht verändert.

Nach den Ergebnissen der Bodenansprache der Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren schwankt die Kornzusammensetzung der erbohrten Böden in engen Grenzen.

Im Bereich der Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu" und "Pösenberg" wurden mehrheitlich Schliffe und Sande erbohrt, seltener Kiese. Der Anteil der Nebengemeneteile der Böden schwankte. Während in den Bohrungen JüA TB1, JüA TB2 und JüA TB4, JüN HS1 bis JüN HS 3 sowie Pö Schurf 4 bis Pö Schurf 6 eher Schliffe aufgeschlossen worden sind, überwogen in den übrigen Bohrungen eher sandige Anteile.

In "Wanlo" wurden in den oberen Metern der Ablagerungen zumeist Kiese angetroffen. Darunter folgten Tone und Schliffe (Wa TB1, Wa TB2) oder schluffige Feinsande (Wa TB3).

Die Böden waren in allen Kippstellen überwiegend grau bis braun gefärbt. Stellenweise wurden sehr geringe Beimengungen an Bauschutt, Holz, Pflanzen- oder Kohleresten vorgefunden. Einmalig wurden in Schurf 6 in "Pösenberg" geringe Anteile an Kunststoffresten festgestellt.

Der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen lag in allen Aufschlüssen deutlich unter 10 Vol.-%. In vielen Proben wurden gar keine Fremdbestandteile festgestellt.

Geruchliche Auffälligkeiten traten durchweg nicht auf.

Der Boden war generell meist erdfeucht. Stellenweise trat aber auch Staunässe auf.



5.2 Überprüfung der Genehmigungskonformität

5.2.1 Bewertungsmaßstäbe

Zur Ablagerung an den betroffenen Kippstellen sind nur Böden zugelassen, die die Zuordnungswerte Z0 gemäß [4] einhalten. Der Nachweis, dass eine Verwertung von Böden schadlos möglich ist, erfolgt seit Einführung der novellierten Bodenschutzverordnung [3] und der Ersatzbaustoffverordnung [6] 2023 nach anderen Maßstäben, als gemäß [13] gefordert. Es gilt jedoch eine 10-jährige Übergangsfrist.

Die Festlegung der maximal zulässigen Stoffgehalte bei der Verwertung von Böden in den einschlägigen Regelwerken folgt generell einem präventiven Ansatz. Sofern durch nachträgliche Bodenuntersuchungen der Nachweis gelingt, dass die abgelagerten Böden diesen Anforderungen genügen, darf unterstellt werden, dass Umweltgefahren ausgeschlossen sind.

Die Ergebnisse der Mischprobenanalysen sind in den Anlagen 5.1.1 bis 5.1.4 tabellarisch zusammengestellt. Zur Einstufung der Messergebnisse sind dort auch die Grenzwerte der LAGA TR 20 aufgeführt.

5.2.2 Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen

5.2.2.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

Die Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Boden-pH-Werte schwankten zwischen 2,7 und 8,6.
- Von den untersuchten 76 Mischproben wiesen 38 Proben **TOC-Gehalte > 0,5 Ma.-%**, d.h. oberhalb des zugelassenen Grenzwertes Z0 gemäß LAGA TR 20 auf.

Der Z0-Wert für TOC entspricht dem maximalen Gehalt an organischer Substanz, der üblicherweise in natürlichen mineralischen Unterböden auftritt. Die relativ strenge Begrenzung dient der Vermeidung von Nährstoffausträgen bzw. von unerwünschten anaeroben Verhältnissen und daraus resultierenden Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität.



Da der Umsatz der organischen Substanz (Mineralisierung) eng mit dem Gehalt an Stickstoff verbunden ist, wurde in [4] festgelegt, dass bei einem C/N-Verhältnis > 25 (gehemmter Abbau) der Z0-Wert für TOC bis 1 Ma.-% betragen darf.

An den Proben, in denen ein TOC-Wert > 0,5 Ma.-% nachgewiesen worden ist, wurde daher auch das C/N-Verhältnis bestimmt. Dieses lag bis auf eine Ausnahme unter 25, so dass für die meisten Proben der Grenzwert von 0,5 Ma.-% anzusetzen ist. Für die Probe JüA HS 6/3 konnte der TOC-Grenzwert auf 1 Ma.-% heraufgesetzt werden.

- In keiner Probe wurden extrahierbare organischen Halogenverbindungen (**EOX**) nachgewiesen.
- Ebenso wurden in keiner Probe Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW**) nachgewiesen.
- Nur in einer Probe trat mit 0,11 mg/kg eine sehr geringe Konzentration an **BTEX** auf, die den Z0-Wert sicher unterschritt.
- **LHKW** traten in keiner Probe auf.
- In zwei Proben lagen mit 0,01 bzw. 0,02 mg/kg sehr geringe **PCB**-Gehalte vor. Auch diese unterschritten den Z0-Wert.
- Sieben Proben wiesen **PAK**-Gehalte leicht oberhalb des Z0-Wertes von 3 mg/kg auf. In fünf Proben war dabei auch der Benzo(a)pyren-Gehalt leicht erhöht.
- Die **Schwer- und Halbmetalle** waren insgesamt sehr niedrig konzentriert. Nur sehr vereinzelt traten leicht erhöhte Gehalte an Arsen, Blei oder Zink auf, welche jedoch die Z0*-Werte unterschritten. Diese Grenzwerte gelten für Verfüllungen oberhalb des Grundwasserspiegels.
- **Cyanide** wurden nicht nachgewiesen.

5.2.2.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen im Bereich der Kippstellen "Jüchen Neu" sind mit denen aus dem Bereich "Jüchen Alt" gut vergleichbar. Im Einzelnen ist Folgendes festzuhalten:



- Die Boden-pH-Werte lagen mit 7,1 bis 7,9 im neutralen Bereich.
- Alle drei untersuchten Mischproben wiesen **TOC-Gehalte** > 0,5 Ma.-%, d.h. oberhalb des zugelassenen Grenzwertes Z0 gemäß LAGA TR 20 auf. Nur die Probe JüN HS 1/1 wies mit 0,7 Ma.-% einen TOC-Gehalt zwischen > 0,5 und 1 Ma.-% auf. Daher wurde in dieser Probe das C/N-Verhältnis bestimmt, welches bei 85,9 lag. Für diese Probe konnte daher der TOC-Grenzwert auf 1 Ma.-% heraufgesetzt werden.
- In keiner Probe wurden **EOX, MKW, LHKW, BTEX** oder **PCB** nachgewiesen.
- **Cyanide** wurden ebenfalls nicht nachgewiesen.
- Zwei Proben (JüN HS 1/1, JüN HS 1/3) wiesen **PAK**-Gehalte leicht oberhalb des Z0-Wertes von 3 mg/kg auf. In JüN HS 1/1 war dabei auch der Benzo(a)pyren-Gehalt leicht erhöht.
- Die Konzentrationen der **Schwer- und Halbmetalle** waren auch in "Jüchen Neu" insgesamt sehr niedrig. Nur in der Probe JüN HS 1/2 traten leicht erhöhte Gehalte an Kupfer und Zink auf, welche jedoch die Z0*-Werte unterschritten. Diese Grenzwerte gelten für Verfüllungen oberhalb des Grundwasserspiegels. Die Chrom_{ges.}-Konzentration der Probe war mit 240 mg/kg deutlicher erhöht. Der Wert überschritt den Z2-Wert.

5.2.2.3 Kippstelle "Wanlo"

Auch die Ergebnisse der Untersuchungen im Bereich der Kippstelle "Wanlo" waren denen aus der Kippstelle "Jüchen Alt" gut vergleichbar. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Boden-pH-Werte schwankten zwischen 2,8 und 9,0.
- Von den untersuchten 24 Mischproben wiesen 13 Proben **TOC-Gehalte** > 0,5 Ma.-% auf. An sechs Probe wurde nachträglich das C/N-Verhältnis bestimmt. Dieses lag bis auf eine Ausnahme unter 25, so dass für die meisten Proben der Grenzwert von 0,5 Ma.-% anzusetzen ist. Für die Probe Wa HS 1/2 konnte der TOC-Grenzwert auf 1 Ma.-% heraufgesetzt werden.
- **EOX, LHKW** und **BTEX** wurden in keiner Probe festgestellt.
- Nur in einer Probe (Wa HS 4/1) wurde mit 42 mg/kg ein sehr geringer Gehalt an **MKW** festgestellt, der den Z0-Wert deutlich unterschritt.



- In der gleichen Probe lag mit 0,02 mg/kg ein sehr geringer **PCB**-Gehalt vor. Auch dieser unterschritt den Z0-Wert.
- Drei Proben (Wa HS 2/1, Wa HS 4/1, Wa HS 4/2) wiesen **PAK**-Gehalte leicht oberhalb des Z0-Wertes von 3 mg/kg auf. In zwei Proben war dabei auch der Benzo(a)pyren-Gehalt leicht erhöht.
- Die Gehalte **Schwer- und Halbmetallen** waren insgesamt wiederum sehr niedrig. Nur in einer Probe (Wa HS 4/1) trat ein leicht erhöhter Gehalt an Chrom_{ges.} auf, welcher jedoch den Z0*-Wert unterschritt.
- **Cyanide** wurden mit 1,1 bzw. 2,1 mg/kg nur in zwei Proben nachgewiesen (Wa HS 4/1, Wa HS 4/3). Die Konzentrationen lagen knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze. Der Zuordnungswert wurde eingehalten.

5.2.2.4 Kippstelle "Pösenberg"

Auch die Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen im Bereich der Kippstelle "Pösenberg" fügen sich in das zuvor beschriebene Bild ein:

- Die Boden-pH-Werte lagen mit 7,6 bis 8,2 im neutralen Bereich.
- Bis auf eine Probe (Pö HS 2/1) zeigten alle weiteren sieben Mischproben **TOC-Gehalte** oberhalb des Z0-Wertes. An vier Proben wurde das C/N-Verhältnis bestimmt. Dieses lag ausnahmslos unter 25, so dass der Grenzwert von 0,5 Ma.-% nicht heraufgesetzt werden konnte.
- In keiner Probe wurden **EOX**, **BTEX** und **PCB** festgestellt.
- **Cyanide** wurden ebenfalls nicht nachgewiesen.
- In zwei Proben (Pö HS 2/2, Pö HS 3/1) wurden mit 45 bzw. 130 mg/kg geringe Gehalte an **MKW** festgestellt, die aber den Z0-Wert bzw. den Z0*-Wert unterschritten.
- In Probe Pö HS 4/1 wurde mit 0,06 mg/kg eine sehr geringe Konzentration an **LHKW** nachgewiesen. Sie unterschritt den Z0-Wert.
- Zwei Proben (Pö HS 2/2, Pö HS 4/1) wiesen **PAK**-Gehalte leicht oberhalb des Z0-Wertes von 3 mg/kg auf. In einer Probe war dabei auch der Benzo(a)pyren-Gehalt leicht erhöht.



- Auch im Bereich der Kippstelle "Pösenberg" lagen generell nur sehr geringe Konzentrationen an **Schwer- und Halbmetallen** vor. Nur sehr vereinzelt traten leicht erhöhte Gehalte an Blei, Chrom_{ges.}, Kupfer oder Zink auf. Die Z0*-Werte wurden aber sicher eingehalten.

5.2.3 Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen

Die Bestimmung der Mobilität der Inhaltsstoffe der Böden erfolgte, wie nach LAGA TR 20 vorgesehen, zunächst im 10:1-Eluat. Sulfat wurde bei Überschreitung des Z0-Wertes nachträglich im Regelfall auch im 2:1-Eluat untersucht.

5.2.3.1 Kippstelle Kippstelle "Jüchen Alt"

Die Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen aus dem Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Alle Mischproben aus der Bohrung JüA HS 7 fielen durch niedrige bis sehr niedrige **pH-Werte** zwischen 2,6 und 5,6 auf. Die geringsten pH-Werte traten in den Proben aus den oberen Horizonten auf. Nach unten zeichnete sich ein Anstieg der Werte ab. Die pH-Werte der übrigen Proben lagen im neutralen bis schwach alkalischen Bereich.
- Parallel zu den niedrigen pH-Werten war auch die **elektrische Leitfähigkeit** in den Mischproben aus der Bohrung HS 7 erhöht und überschritt z.T. deutlich den Z0-Wert. Auch in anderen Mischproben traten stellenweise erhöhte elektrische Leitfähigkeiten auf. Einschließlich von fünf Proben aus der Bohrung JüA HS 7 waren insgesamt 18 Mischproben betroffen.
- Die Leitfähigkeitswerte lassen sich nicht auf erhöhte **Chlorid**-Gehalte zurückführen. Diese waren ausnahmslos sehr gering. Auch der Maximalwert von 5,7 mg/l unterschritt den Z0-Wert von 30 mg/l sehr deutlich.
- Im Gegensatz dazu traten in 40 der untersuchten 76 Mischproben erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen auf. Von diesen Proben wurde in 34 Proben auch der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat bestimmt. Auf die Nachuntersuchung der Proben aus der Bohrung JüA HS 7 wurde aufgrund der schon im 10:1-Eluat sehr hohen Werte verzichtet.



Die Ergebnisse der Nachuntersuchungen sind in der nachfolgenden Abbildung vergleichend gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat (erwartungsgemäß) höher sind. Allerdings zeichnete sich kein einheitlicher Faktor ab. Die Verhältniswerte 2:1 zu 10:1 schwankten zwischen 0,01 und 10,87 und damit um drei Zehnerpotenzen.

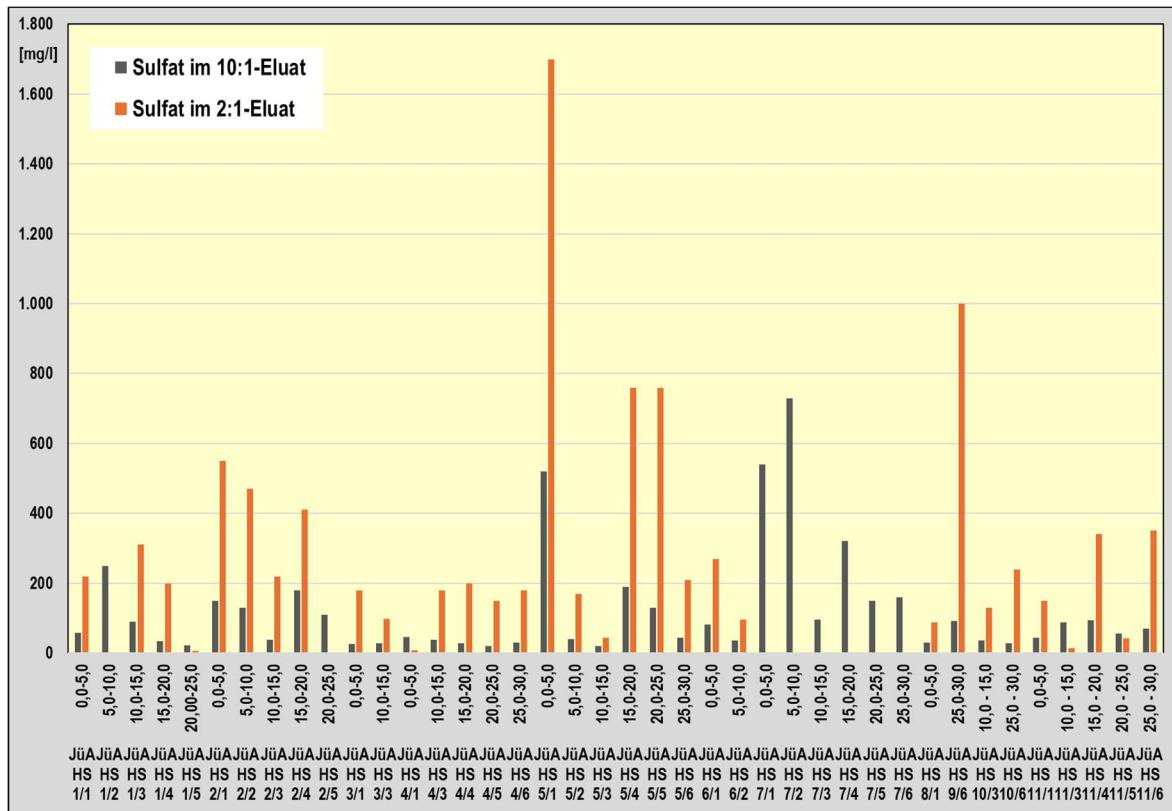


Abb. 5.1: Vergleich der Sulfat-Konzentrationen im 10:1- und 2:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Alt"

- Nur in einer Mischprobe wurde eine erhöhte **Cyanid**-Konzentration im Eluat gemessen, obwohl im Feststoff keine Cyanide nachgewiesen worden sind. Inwieweit das Messergebnis dahingehend belastbar ist, ist fraglich.
 - Der **Phenolindex** lag in allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze.
 - Auch die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen ganz überwiegend unterhalb der Z0-Werte. Auffällig waren nur vier Mischproben aus der Bohrung HS 7, die mit sehr niedrigen pH-Werten korrespondierten. In diesen Proben überstiegen z.T. die Cadmium-, Chrom_{ges.-}, Kupfer-, Nickel- und in einem Fall auch die Zink-Konzentration die Z0-Werte, z.T. sogar die Z2-Werte.



5.2.3.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die Eluat-Untersuchungen aus dem Bereich der Kippstelle "Jüchen Neu" führten zu folgenden Ergebnissen:

- Alle drei Mischproben wiesen neutrale **pH-Werte** zwischen 7,7 und 8,2 auf.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** in der Mischprobe JÜN HS 1/3 war mit 701 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erhöht und überschritt deutlich den Z0-Wert.
- Der Leitfähigkeitswert lässt sich nicht auf einen erhöhten **Chlorid**-Gehalt zurückführen. Die Chlorid-Konzentrationen waren in allen Proben mit maximal 2,3 mg/l sehr gering und hielten den Z0-Wert ein.
- Im Gegensatz dazu traten in allen drei Mischproben erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen auf. Daher wurden auch die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat bestimmt. Dies waren erwartungsgemäß meist höher als im 10:1-Eluat. In der Probe JÜN HS 1/2 zeigte sich allerdings ein etwas niedrigerer Gehalt im 2:1-Eluat als im 10:1-Eluat (Abb. 5.2).

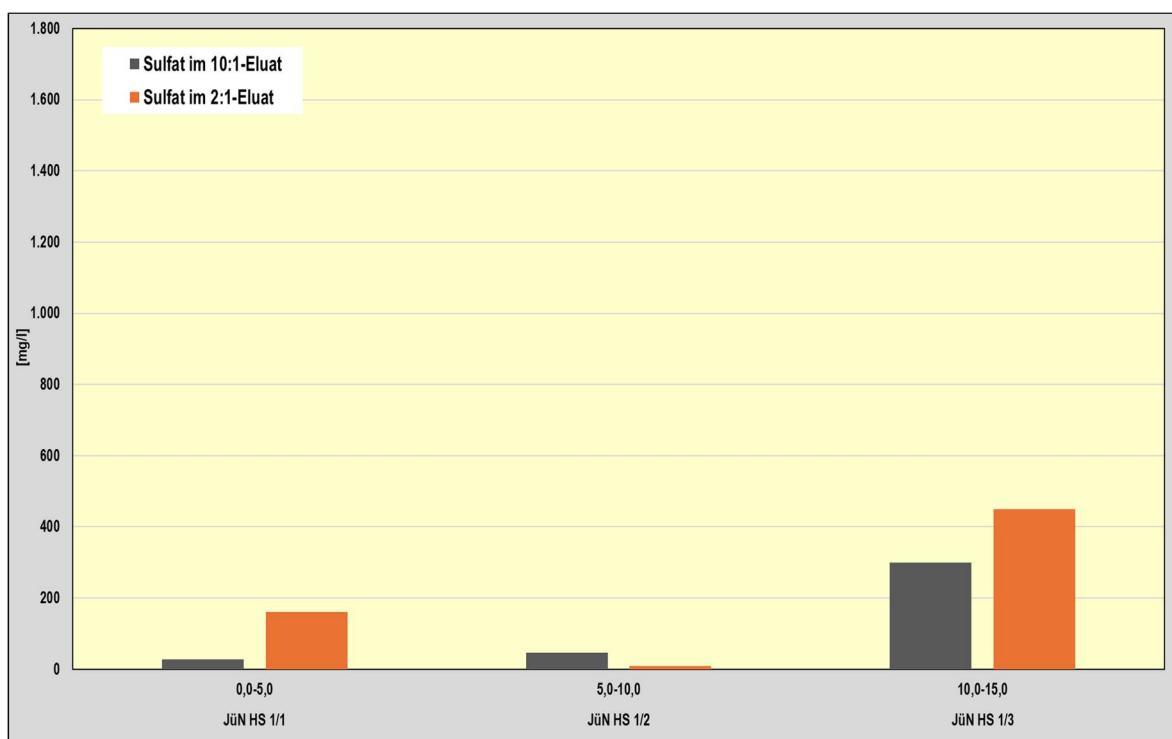


Abb. 5.2: Vergleich der Sulfat-Konzentrationen im 10:1- und 2:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"

- Die **Cyanide** und der **Phenolindex** lagen in allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenzen.



- Auch die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Nur vereinzelt waren sehr geringe Konzentrationen nachweisbar, die deutlich unterhalb der Z0-Werte lagen.

5.2.3.3 Kippstelle "Wanlo"

Die Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen im Bereich der Kippstelle "Wanlo" sind mit denen in "Jüchen Alt" vergleichbar. Sie können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Mischproben aus den der Bohrungen Wa HS 4 bis Wa HS 6 aus den Teufenbereichen 10 bis 15 m u. GOK und/oder 15 bis 20 m u. GOK fielen durch niedrige bis sehr niedrige **pH-Werte** zwischen 2,8 und 5,2 auf. Die geringsten pH-Werte traten mit größer werdender Tiefe auf. In den obersten 5 Metern der Bohrung Wa HS 5 wurde dagegen Bodenmaterial mit alkalischem pH-Wert (pH 10,5) angetroffen. In alle übrigen Proben wurden neutrale pH-Werte festgestellt.
- Parallel zu den niedrigen pH-Werten war auch die **elektrische Leitfähigkeit** in den Mischproben aus den Bohrungen Wa HS 4 bis Wa HS 6 erhöht und überschritt z.T. deutlich den Z0-Wert. Auch in anderen Mischproben traten stellenweise erhöhte elektrische Leitfähigkeiten auf. Von den insgesamt 24 Mischproben zeigten 14 Mischproben erhöhte Werte.
- Die **Chlorid**-Gehalte waren sehr gering. Auch der Maximalwert von 10 mg/l unterschritt den Z0-Wert sehr deutlich.
- Im Gegensatz dazu traten in 17 der untersuchten 24 Mischproben erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen auf. In 15 Proben wurde auch der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat bestimmt. Auf die Nachuntersuchung der Proben aus der Bohrung Wa HS 6 wurde aufgrund der schon im 10:1-Eluat sehr hohen Werte verzichtet.

Die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat waren erwartungsgemäß höher als die im 10:1-Eluat. In Probe Wa HS 3/2 war das Verhältnis allerdings umgekehrt (Abb. 5.3).

- Die **Cyanide** und der **Phenolindex** lagen, wie in "Jüchen Neu", in allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenzen.
- Auch die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen meist unterhalb der Z0-Werte. Aufällig waren jedoch acht Mischproben mit sauren oder alkalischen pH-Werten (s.o.). In diesen Proben überstiegen z.T. die Kupfer-, Nickel-, Zink- und in einem Fall auch die $\text{Chrom}_{\text{ges}}$ -Konzentration die Z0-Werte, z.T. sogar die Z2-Werte.

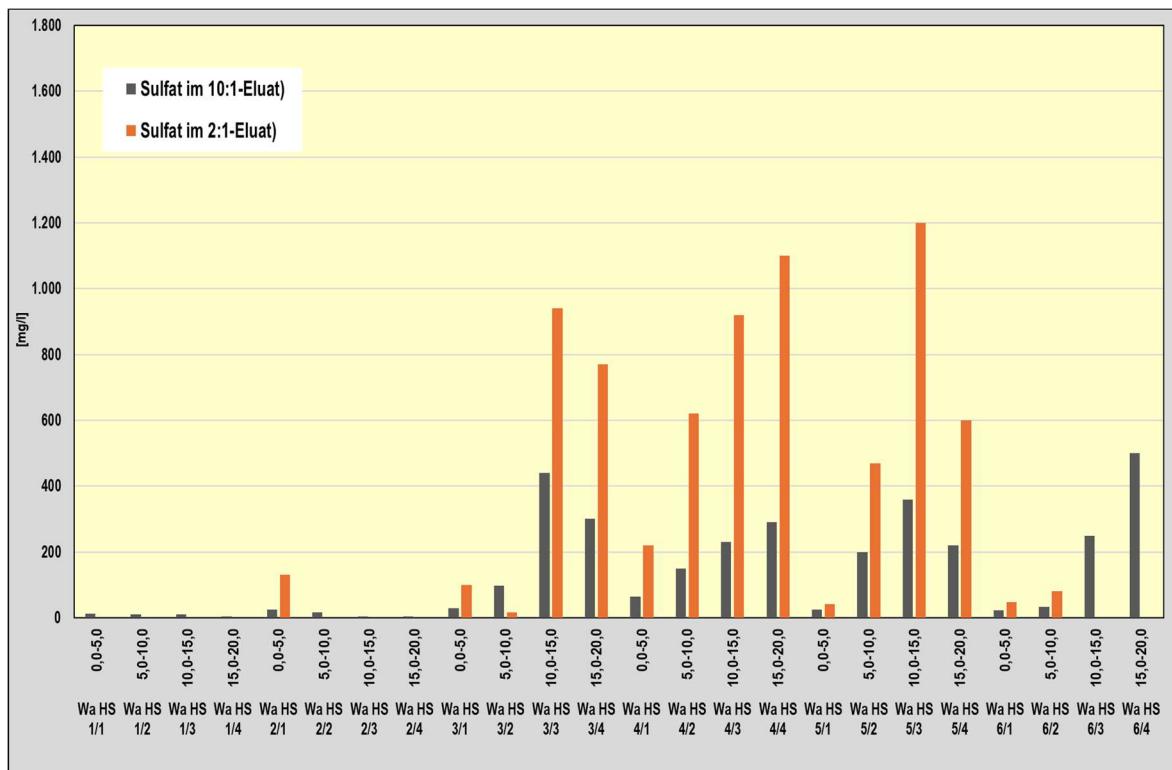


Abb. 5.3: Vergleich der Sulfat-Konzentrationen im 10:1- und 2:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Wanlo"

5.2.3.4 Kippstelle "Pösenberg"

Die Eluat-Untersuchungen in "Pösenberg" führten zu folgenden Ergebnissen:

- Alle Mischproben zeigten neutrale bis leicht alkalische **pH-Werte** zwischen 7,9 und 8,7.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** in der Mischprobe Pö HS 4/2 war erhöht und überschritt deutlich den Z0-Wert.
- Die **Chlorid-Konzentrationen** waren mit maximal 3,1 mg/l sehr gering und hielten den Z0-Wert ein.
- Wie bereits aus den übrigen Kippstellen bekannt, traten auch in "Pösenberg" in fünf der untersuchten acht Mischproben erhöhte **Sulfat-Konzentrationen** auf. In diesen Proben wurde auch der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat bestimmt. Mit Ausnahme der Probe Pö HS 1/1 zeigten sich dabei erwartungsgemäß höhere Sulfat-Gehalte als im 10:1-Eluat (Abb. 5.4).

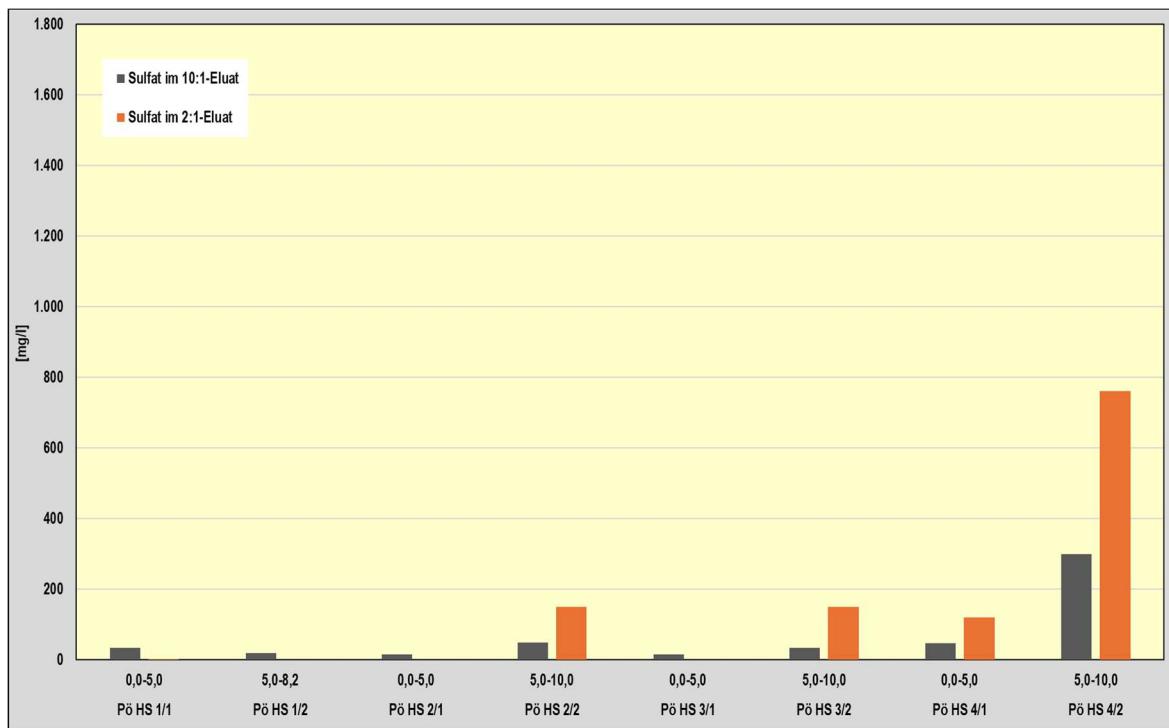


Abb. 5.4: Vergleich der Sulfat-Konzentrationen im 10:1- und 2:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschnellenbohrungen in "Wanlo"

- Die Konzentrationen an **Cyaniden** und der **Phenolindex** lagen in allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenzen.
- Auch die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Nur vereinzelt wurden Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenzen gemessen, die die Z0-Werte aber sicher einhielten.

5.2.4 Statistische Auswertung

Die nachfolgenden Tabellen 5.1 bis 5.4 enthalten eine statistische Auswertung aller Messergebnisse an den Mischproben aus den Hohlbohrschnellenbohrungen. Neben dem Minimum und dem Maximum sind auch der arithmetische Mittelwert, der Median und das 90%-Perzentil angegeben. Der Median ist der mittlere Wert in einer Folge von nach aufsteigender Größe sortierten Werten. Gegenüber dem arithmetischen Mittelwert ist der Median robuster gegenüber Ausreißern und beschreibt die hier vorliegenden mittlere chemische Zusammensetzung der Proben zutreffender.



5.2.4.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

37 der untersuchten Proben aus der Kippstelle "Jüchen Alt" wiesen einen höheren als den nach [4] zugelassenen TOC-Gehalt von 0,5 Ma.-% auf. Das arithmetische Mittel, der Median, das 90%-Perzentil wie auch das Maximum überschreiten den Grenzwert (vgl. Tab. 5.1).

Wie dargelegt, sollte mit der strengen Begrenzung des TOC-Gehaltes in der LAGA TR 20 [4] vermieden werden, dass aus Unterböden Nährstoffe ausgetragen und anaerobe Verhältnisse verbunden mit Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität hervorgerufen werden. Die Anforderungen der LAGA-Mitteilung 20 [4] wurden vom Länderausschuss Bergbau (LAB) auf die Verhältnisse der bergbaulichen Besonderheiten übertragen [8]. Darin sind u.a. auch Grenzwerte für die Verwertung von Böden in Tagebaubereichen des Braunkohlenbergbaus unterhalb des Grundwasserspiegels festgeschrieben (W0-Werte). Der TOC ist dabei nicht berücksichtigt.

Die Beprobung und Analytik der abgesetzten Böden hat ergeben, dass 28 Mischproben der Verwertungsklasse Z0 nach [4] zuzuordnen sind. Die übrigen Proben sind höheren Verwertungsklassen nach diesem Regelwerk zuzuordnen. Ausschlaggebend dafür sind fast ausnahmslos die TOC- und/oder die Sulfat-Gehalte.

Die Verwertung von Böden ist 2021 insgesamt neu geregelt worden. Für die Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen, worunter auch die Verfüllung von Tagebaubereichen fällt, gelten die Vorgaben der BBodSchV vom 9. Juli 2021 [5]. Gemäß § 6 Nr. 11 BBodSchV dürfen Bodenmaterialien mit einem Gehalt an organischem Kohlenstoff von mehr als 1 Ma.-% in den Unterboden oder Untergrund *"nur auf- oder eingebracht werden, wenn der organische Kohlenstoff in den Materialien natürlich vorkommt oder auf einen zulässigen Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen zurückzuführen ist und die Materialien nicht aus dem Oberboden stammen"*. Diese Anforderungen gelten aber explizit *"nicht für die Umlagerung von Materialien im Rahmen des Braunkohletagebaus."* Daraus ist abzuleiten, dass für fremd angelieferte Böden rechtlich heute ein TOC-Gehalt von 1 Ma.-% zugelassen ist. Für umgelagerte Materialien aus dem Braunkohlentagebau gilt keine Begrenzung.



Tab. 5.1: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Alt"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Z0 Sand	Z0 Lehm / Schluff	Z0 Ton
Feststoff	pH in CaCl_2	[-]	2,7	7,4	7,7	8,1	8,6	-	
	TOC	Ma.-%	<0,1	0,7	0,6	1,4	2,5	0,5 (1,0)	
	C/N Verhältnis	[-]	2,2	10,8	10,5	17,6	26,9	-	
	EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1	
	KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	100	
	KW C10-C40		<40	<40	<40	<40	<40	100	
	Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,11	1	
	Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1	
	Σ PCB ₆		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,02	0,05	
	Benzo(a)pyren		<0,05	0,1	<0,05	0,19	0,61	0,3	
	Σ PAK ₁₆ (EPA)		n.b.	0,9	0,1	2,50	8,4	3	
	Arsen	[mg/kg]	0,9	6,5	6,3	10,0	16,4	10	15
	Blei		<2,0	16,8	9,0	40	82	40	70
	Cadmium		<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,4	0,4	1
	Chrom ges.		3,0	23	21	43	48	30	60
	Kupfer		<1,0	12,4	7,5	27	38	20	40
	Nickel		1,0	15,1	12	29	38	15	50
	Quecksilber		<0,07	<0,07	<0,07	0,09	0,17	0,1	0,5
	Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	0,4	0,7
	Zink		2,0	46	25	99,5	173	60	150
	Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-	
Eluat (10:1-Schüttel eluat)	pH-Wert	[-]	2,6	7,9	8,1	8,80	8,9	6,5 - 9,5	
	el. Leitf. (25°C)	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	23	226	160	406	1.650	250	
	Chlorid		<1,0	1,14	<1,0	3,35	5,7	30	
	Sulfat		<1,0	69	22	155	730	20	
	Sulfat (2:1-Eluat)		<1,0	287	190	697	1.700	250 ¹⁾	
	Cyanid, ges.		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,005	
	Phenolindex		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	
	Arsen		<0,001	0,002	0,002	0,005	0,009	0,014	
	Blei		<0,001	0,001	0,001	0,002	0,023	0,040	
	Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0022	0,0015	
	Chrom _{ges.}		<0,001	0,003	0,001	0,001	0,142	0,0125	
	Kupfer		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,060	0,020	
	Nickel		<0,001	0,01	0,001	0,0030	0,159	0,015	
	Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0005	
	Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0015	-	
	Zink		<0,01	0,01	0,01	0,020	0,32	0,150	

1): Grenzwerte gem. EBV, 2021

Das 90%-Perzentil und das Maximum der gemessenen TOC-Werte überschreiten den Grenzwert von 1 Ma.-%. Sowohl das arithmetische Mittel wie auch der Median unterschreiten aber den heute gemäß der BBodSchV anzusetzenden TOC-Wert. Zudem ist zu berücksichtigen, dass - wie in Abschnitt 3.4 dargelegt - auf allen untersuchten Kippstellen neben fremd angeliefertem auch Bodenmaterial aus dem Tagebaubereich abgesetzt worden ist, für das keine Begrenzung des TOC-Wertes gilt. Die Bodenansprache ermöglicht keine Zuordnung des angetroffenen Bodenmaterials zu einem Herkunftsgebiet.



Festzuhalten ist, dass sich in Bezug auf den TOC-Wert für die insgesamt untersuchte Bodenschüttung nicht ohne Weiteres Genehmigungskonformität herleiten lässt. Umgekehrt kann aber auch nicht der Schluss gezogen werden, dass die fremd angeleiferten und abgelagerten Böden nicht genehmigungskonform sind. Der heute gemäß BBodSchV zugelassene TOC-Gehalt ist im Mittel eingehalten.

Bei den Parametern PAK₁₆, Benzo(a)pyren, Arsen, Blei und Zink im Feststoff sowie Cadmium, Chrom_{ges.}, Kupfer, Nickel und Zink im Eluat wurden nur einzelne Maximalwerte oberhalb der zugelassenen Z0-Werte festgestellt. Die 90%-Perzentile halten die Grenzwerte sicher ein. Die Überschreitungen der Grenzwerte bei einzelnen Schwermetallen im Eluat ist fast ausschließlich auf vier Proben aus der Bohrung JüA HS 7 zurückzuführen, wo sehr niedrige pH-Werte auftraten. Diese Beobachtung ist eindeutig auf Einflüsse von Kippenböden zurückzuführen. Außerhalb von Braunkohlenkippen oder anderen sehr versauerungs-sensitiven Böden werden pH-Werte <4 sehr selten beobachtet. Mit der Verkippung von Abraum aus dem Braunkohletagebau gelangen anoxische Eisendisulfidminerale, vor allem Pyrit und Markasit an die Erdoberfläche. Dort oxidieren sie, wodurch Eisen oder andere Schwermetalle freigesetzt werden. Sulfid verwittert dabei zu schwefliger Säure und Schwefelsäure, deren Salze die Sulfate sind.

Ein solcher Einfluss scheint im Bereich der Bohrung JüA HS 7 vorzuliegen. Offensichtlich oberflächennah findet eine oxidative Verwitterung von Sulfiden statt. Die Verwitterungsprodukte werden mit dem Sickerwasser mehr oder weniger senkrecht nach unten transportiert. Das erklärt, weshalb niedrige pH-Werte verbunden mit erhöhten Sulfat- und Schwermetallgehalten nahezu über das gesamte Bohrungsprofil gemessen werden, obwohl die Schüttung der Böden ca. 30° bis 40° geneigte Lagen erzeugt haben dürfte. Diesen folgt das Sickerwasser aber nicht.

Wie beim TOC ist der Großteil der Proben auch mit Sulfat belastet. Das arithmetische Mittel, der Median, das 90%-Perzentil wie auch das Maximum überschreiten den Grenzwert Z0 von 20 mg/l im 10:1-Eluat. Der Parameter Sulfat war bei der Abfassung der Regelungen zur Verwertung von Böden aufgrund der geringen Umweltrelevanz schon immer Gegenstand von Diskussionen. Die neue BBodSchV verweist in Bezug auf die Verwertung von Böden auf die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) [6]. Gemäß § 8 Absatz 2 gilt: "*Eine schädliche Bodenveränderung im Sinne des § 6 Absatz 2 ist aufgrund von Schadstoffgehalten nicht zu besorgen, wenn die Materialien die Vorsorgewerte nach Anlage 1 Tabelle 1 und 2 dieser Verordnung einhalten oder nach Anlage 1 Tabelle 3 der Ersatzbaustoffverordnung*



als Bodenmaterial der Klasse 0 (BM-0) klassifiziert wurden und auf Grund von Herkunft und bisheriger Nutzung keine Hinweise auf weitere Belastungen der Materialien vorliegen." Gemäß [6] gilt ein Grenzwert von 250 mg/l mit dem Zusatz, dass "bei Überschreitung des Wertes die Ursache zu prüfen" ist. "Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall und in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zu entscheiden."

Wie oben erläutert, sind erhöhte Sulfat-Gehalte typisch für Braunkohlenkippen. Die Quelle der Sulfate ist natürlich (sulfidisch gebundener Schwefel), der Freisetzungsvorgang beruht auf anthropogenen Einflüssen (aushubbedingte Belüftung).

Die EBV [6] setzt für die Bestimmung des Sulfat-Gehaltes ein 2:1-Eluat voraus. Daher wurde in den meisten Mischproben mit erhöhten Sulfat-Konzentrationen im 10:1-Eluat auch die Sulfat-Konzentration im 2:1-Eluat untersucht. Die Ergebnisse schwankten zwischen <1 und 1.700 mg/l. Das arithmetische Mittel überschreitet den "Grenzwert" knapp, der Median unterschreitet ihn (Tab. 5.1). Im Mittel kann zwar nicht von der Einhaltung des zugelassenen Grenzwertes gemäß [4], dennoch aber von der Einhaltung der heute geltenden Anforderungen ausgegangen werden.

Erhöhte Gehalte an TOC und an Sulfat sind eher den Kippenböden, also umgelagerten Bodenmaterialien aus dem Braunkohleabbau, und weniger fremd angelieferten Böden zuzuordnen. Insofern interessierte die Frage, ob sich anhand der Aufschlussbohrungen Bereiche ausfindig machen lassen, in denen TOC und Sulfat stärker erhöht sind, also eher Kippenböden angetroffen worden sind. Zu diesem Zweck wurden die TOC- und Sulfat-Gehalte in den einzelnen Hohlbohrschneckenbohrungen über die Tiefe aufgetragen (Abb. 5.5, Abb. 5.6).

Die Darstellungen lassen erkennen, dass erhöhte TOC-Gehalte nicht an erhöhte Sulfat-Gehalte gebunden sind. Innerhalb der Bohrungen ist kein Anstieg der Parameter zur Tiefe hin gegeben, der auf das Anschneiden von Kippenböden unterhalb der Kippstelle "Jüchen Alt" schließen lässt. Das hätte erwartet werden können, da die Schüttmächtigkeit der Fremdböden zwischen 10 und 30 m variieren soll, die Bohrungen aber nahezu alle bis 30 m Tiefe niedergebracht worden sind.

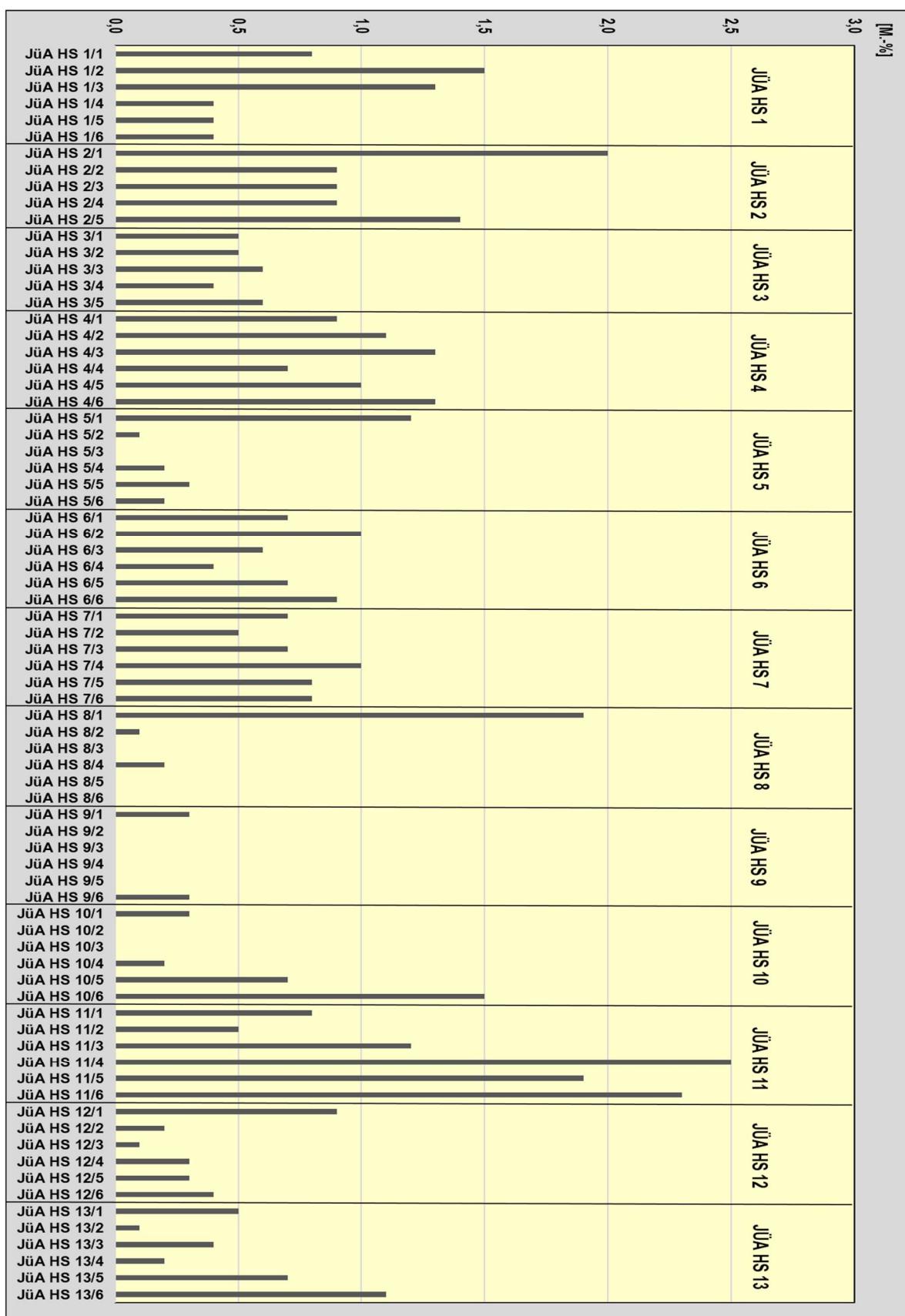


Abb. 5.5: TOC-Gehalte in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Alt"

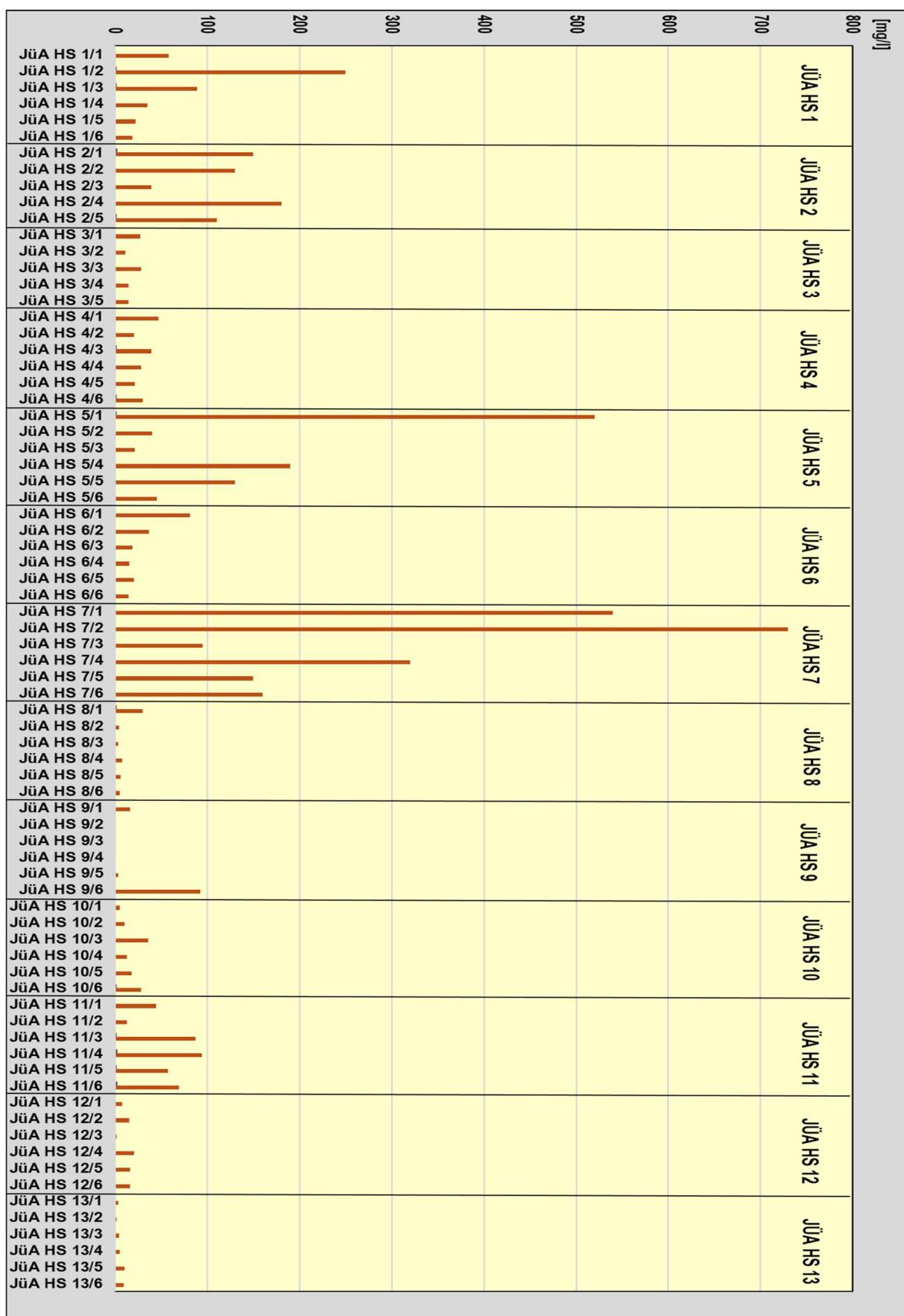


Abb. 5.6: Sulfat-Gehalte im 10:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschnecken in "Jüchen Alt"



In Bezug auf den TOC zeichnen sich die Bohrungen JüA HS 8 bis JüA HS 10 im Vergleich zu den anderen Aufschlüssen durch etwas geringere Werte aus. Auch die Sulfat-Gehalte sind in den Bohrungen JüA HS 8 bis JüA HS 10 relativ gering. Das trifft aber auch auf die Bohrungen JüA HS 3, JüA HS 4, JüA HS 6, JüA HS 12 und JüA HS 13 zu. Eine eindeutige Abgrenzung von Kippenböden lässt sich daraus nicht ableiten.

5.2.4.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Aus der Kippstelle "Jüchen Neu" wurden aufgrund ihres im Vergleich zu den anderen Kippstellen geringen Ablagerungsvolumens nur drei Mischproben analysiert. Eine statistische Auswertung der Analysenergebnisse ist daher streng genommen nicht möglich. Der Vollständigkeit halber wurden die statistischen Kennzahlen dennoch ermittelt (vgl. Tab. 5.2), auch wenn die statistischen Verteilungen wenig aussagekräftig sind.

Alle drei untersuchten Proben wiesen mit 0,7 bis 1,5 M.-% einen höheren als den nach [4] zugelassenen TOC-Gehalt von 0,5 Ma.-% auf. Auch der heute gemäß BBodSchV [5] zugelassene TOC-Gehalt von 1 Ma.-% wird im Mittel nicht eingehalten. Demnach überschritten auch die statistischen Kennzahlen den Grenzwert. Die TOC-Gehalte sind dennoch relativ gering. Wie auch im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" kann damit die Genehmigungskonformität für fremd angelieferte Böden nicht belegt werden. Sie ist aber auch nicht widerlegt, da neben den Fremdböden auch tagebaueigenes Bodenmaterial zur Ablagerung kam.

Bei den Parametern PAK₁₆, Benzo(a)pyren, Chrom_{ges.}, Kupfer und Zink im Feststoff sowie der elektrischen Leitfähigkeit wurden nur einzelne Maximalwerte oberhalb der zugelassenen Z0-Werte festgestellt, was aber dazu führt, dass die 90%-Perzentile die jeweiligen Grenzwerte leicht überschreiten. Wie schon erwähnt ist dieses Ergebnis aber aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht aussagekräftig.

Die Eluat-Konzentrationen waren bis auf den Parameter Sulfat durchweg unauffällig. Die Sulfat-Konzentrationen der drei untersuchten Proben überschritten im 10:1-Eluat alle den Grenzwert Z0 gemäß [4] von 20 mg/l. Die im 2:1-Eluat festgestellten Ergebnisse schwankten zwischen 8,3 und 450 mg/l. Das arithmetische Mittel und der Median unterschreiten so den "Grenzwert" (vgl. Abschn. 5.4.2.1). Im Mittel kann also auch im Bereich der Kippstelle "Jüchen Neu" zwar nicht von der Einhaltung des zugelassenen Grenzwertes gemäß LAGA



(2004) [4], dennoch aber von der Einhaltung der heute geltenden Anforderungen gemäß BBodSchV bzw. EBV [6] ausgegangen werden.

Wie oben schon erläutert, sind erhöhte Gehalte an Sulfat wie auch an TOC typisch für Kippenböden, also umgelagerte Bodenmaterialien aus dem Braunkohlentagebau. Erhöhte TOC-Gehalte sind dabei nicht zwingend an erhöhte Sulfat-Gehalte gebunden (Abb. 5.7, Abb. 5.8).

Tab. 5.2: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Z0 Sand	Z0 Lehm / Schluff	Z0 Ton
Feststoff	pH in CaCl_2	[-]	7,1	7,6	7,9	7,9			-
	TOC	Ma.-%	0,7	1,2	1,4	1,5	1,5		0,5 (1,0)
	C/N Verhältnis	[-]	85,9	85,9	85,9	85,9	85,9		-
	EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		1
	KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40		100
	KW C10-C40		<40	<40	<40	<40	<40		100
	Σ BTEX	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		1	
	Σ LHKW	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		1	
	Σ PCB ₆	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		0,05	
	Benzo(a)pyren		0,19	0,27	0,30	0,31	0,31		0,3
	Σ PAK ₁₆ (EPA)		2,87	3,5	3,7	3,9	3,9		3
	Arsen		8,1	9,7	10,0	10,7	10,9	10	15
	Blei		26,0	42,3	36,0	59,2	65,0	40	70
	Cadmium		<0,2	0,5	0,45	0,5	0,5	0,4	1
	Chrom ges.		26,0	102,7	42,0	200,4	240,0	30	60
	Kupfer		16,0	27,3	21,0	40,2	45,0	20	40
	Nickel		17,0	26,0	25,0	33,8	36,0	15	50
	Quecksilber		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
	Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	0,7
	Zink		82,0	122,7	109,0	163,4	177,0	60	150
	Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		-
Eluat (10:1-Schütteleluat)	pH-Wert	[-]	7,7	8,0	8,1	8,2	8,2		6,5 - 9,5
	el. Leitf. (25°C)	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	139,0	348,3	205,0	601,8	701,0		250
	Chlorid		1,6	1,9	1,9	2,2	2,3		30
	Sulfat		27,0	124,7	47,0	249,4	300,0		20
	Sulfat (2:1-Eluat)		8,3	206,1	160,0	392,0	450,0		250
	Cyanid, ges.		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,005
	Phenolindex		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,020
	Arsen		<0,001	0,003	0,003	0,003	0,003		0,014
	Blei		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		0,040
	Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003		0,0015
	Chrom _{ges.}		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		0,0125
	Kupfer		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,020
	Nickel		<0,001	0,0020	0,0020	0,0028	0,003		0,015
	Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		<0,0005
	Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		-
	Zink		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,150

1): Grenzwerte gem. EBV, 2021

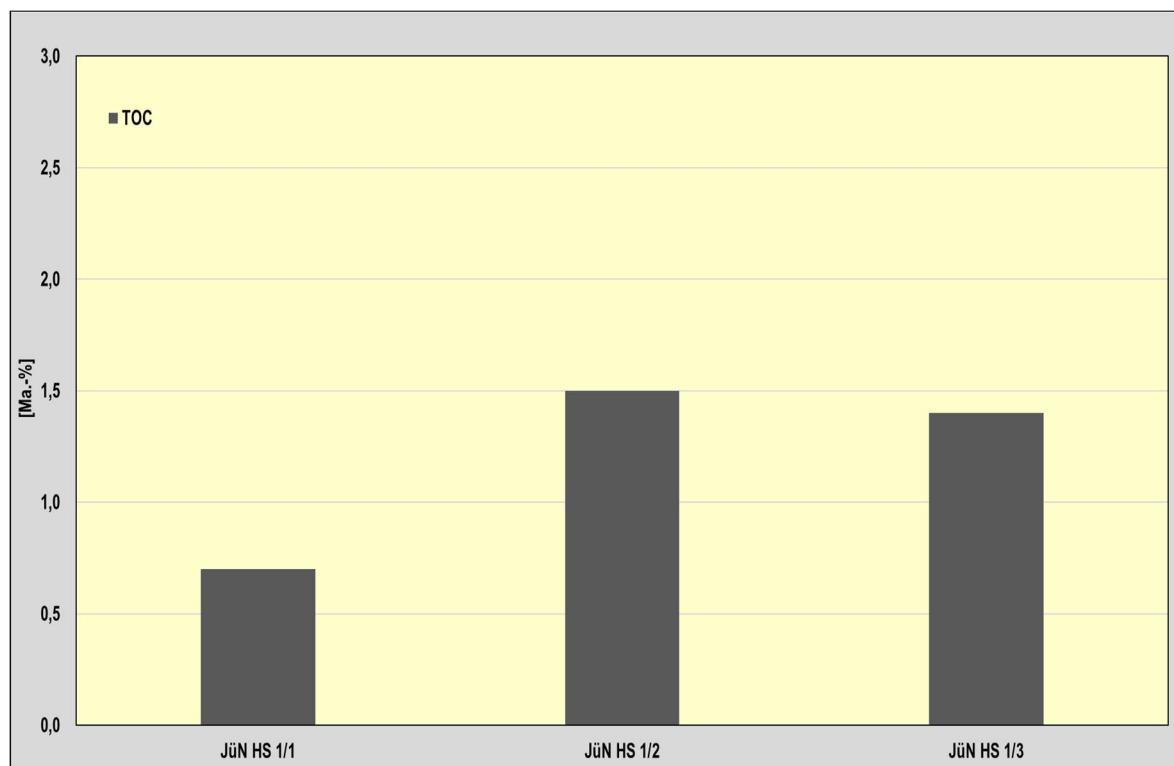


Abb. 5.7: TOC-Gehalte in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"

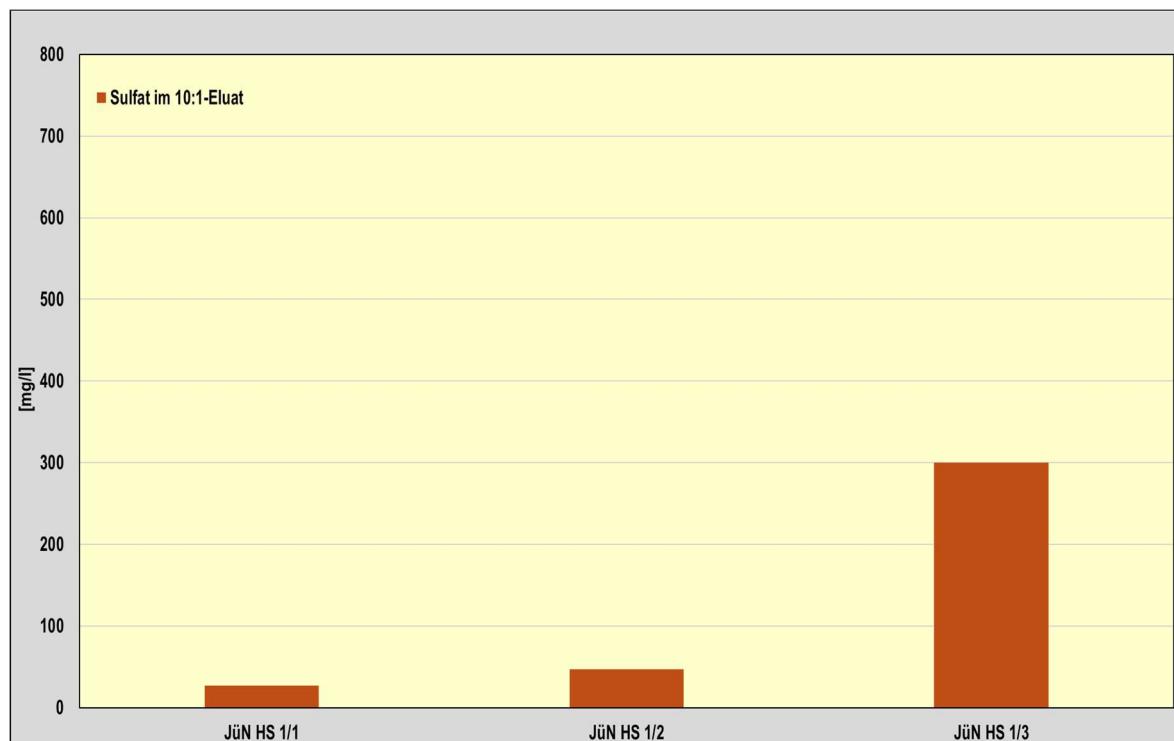


Abb. 5.8: Sulfat-Gehalte im 10:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschnecken in "Jüchen Neu"



5.2.4.3 Kippstelle "Wanlo"

Die Beprobung und Analytik der abgesetzten Böden im Bereich der Kippstelle "Wanlo" hat ergeben, dass nur 4 von 24 Mischproben der Verwertungsklasse Z0 nach [4] zuzuordnen sind. Ausschlaggebend dafür sind fast ausnahmslos die TOC- und/oder die Sulfat-Gehalte.

13 Mischproben wiesen einen höheren als den nach [4] zugelassenen TOC-Gehalt von 0,5 Ma.-% auf. In der Folge überschreiten auch das arithmetische Mittel, der Median und das 90%-Perzentil diesen Grenzwert (vgl. Tab. 5.3). Das 90%-Perzentil und das Maximum der gemessenen TOC-Werte überschreiten auch den heute gemäß BBodSchV [5] zugelassene Grenzwert von 1 M.-%. Sowohl das arithmetische Mittel wie auch der Median unterschreiten diesen Wert. Auch für den Bereich Wanlo gilt, dass die Genehmigungskonformität damit für die fremd angelieferten Böden nicht nachgewiesen, aber auch nicht ausgeschlossen ist (s.o.).

Bei den Parametern PAK₁₆, Benzo(a)pyren und Chrom_{ges} im Feststoff sowie der elektrischen Leitfähigkeit, Chrom_{ges}, Nickel und Zink im Eluat wurden nur vereinzelt Konzentrationen oberhalb der zugelassenen Z0-Werte festgestellt. Die 90%-Perzentile überschreiten die Grenzwerte für PAK und Zink im Eluat daher nur sehr geringfügig. Bei den Parametern Chrom_{ges} und Nickel im Eluat überschreiten neben den Maximalwerten auch die die arithmetischen Mittelwerte die Grenzwerte. Die Überschreitungen der Grenzwerte bei einzelnen Schwermetallen im Eluat ist auf sieben Proben aus den Bohrungen Wa HS 3 bis Wa HS 6 zurückzuführen. Hier wurden überwiegend sehr niedrige pH-Werte (2,8 - 5,2) festgestellt, was eindeutig auf Einflüsse von Kippenböden zurückzuführen ist. Außerhalb von Braunkohlenkippen oder anderen sehr versauerungsempfindlichen Böden werden pH-Werte < 4 sehr selten beobachtet.

Der nur in Probe Wa HS 5/1 gemessene erhöhte pH-Wert von 10,5 ist vermutlich ebenfalls auf Einflüsse von tagebaueigenem Material zurückzuführen. Im Bereich Garzweiler werden die Böden zur Eindämmung der Versauerung gekalkt. Somit kann lokal auch ein erhöhter pH-Wert vorliegen. Die Probe wies keine Fremdbestandteile auf.

Wie in den anderen Kippbereichen ist der Großteil der Proben mit Sulfat belastet. Von 24 Mischproben wiesen 17 Proben im 10:1-Eluat Sulfat-Konzentrationen oberhalb des Grenzwertes für Z0 gemäß [4] von 20 mg/l auf. Das arithmetische Mittel, der Median, das 90%-Perzentil wie auch das Maximum überschreiten den Grenzwert Z0.



Tab. 5.3: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Wanlo"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Z0 Sand	Z0 Lehm / Schluff	Z0 Ton	
Feststoff	pH in CaCl_2	[-]	2,8	6,3	6,9	7,5	9,0	-		
	TOC	Ma.-%	0,1	0,7	0,6	1,6	2,0	0,5 (1,0)		
	C/N Verhältnis	[-]	3,0	12,4	7,6	22,9	27,5	-		
	EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1		
	KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	100		
	KW C10-C40		<40	40,1	40,0	40,0	42,0	100		
	Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1		
	Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1		
	Σ PCB ₆		n.b.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05		
	Benzo(a)pyren		<0,05	0,1	0,1	0,2	0,6	0,3		
	Σ PAK ₁₆ (EPA)		0,05	2,2	1,3	5,3	8,4	3		
	Arsen	[mg/kg]	1,8	4,9	5,1	7,2	8,3	10	15	20
	Blei		3,0	14,9	11,0	33,9	40,0	40	70	100
	Cadmium		<0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	1	1,5
	Chrom ges.		7,0	20,4	20,0	33,0	71,0	30	60	100
	Kupfer		2,0	9,6	8,0	20,0	24,0	20	40	60
	Nickel		3,0	12,3	12,5	20,7	32,0	15	50	70
	Quecksilber		<0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	1
	Thallium		<0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	1
	Zink		8,0	39,1	34,0	81,1	112,0	60	150	200
	Cyanid, ges.		<1,0	1,1	1,0	1,0	2,1	-		
Eluat (10:1-Schütteleluat)	pH-Wert	[-]	2,8	6,7	7,3	7,8	10,5	6,5 - 9,5		
	el. Leitf. (25°C)	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	46	385	295	672	1.130	250		
	Chlorid		<1,0	1,9	1,0	3,2	10,0	30		
	Sulfat		4	137	49	342	500	20		
	Sulfat (2:1-Eluat)		17	484	470	1.036	1.200	250		
	Cyanid, ges.		<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,005		
	Phenolindex		<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,020		
	Arsen		<0,001	0,002	0,002	0,004	0,006	0,014		
	Blei		<0,001	0,003	0,001	0,002	0,036	0,040		
	Cadmium		<0,0003	0,0004	0,0003	0,0008	0,0014	0,0015		
	Chrom _{ges.}		<0,001	0,028	0,001	0,007	0,633	0,0125		
	Kupfer		<0,005	0,011	0,01	0,011	0,106	0,020		
	Nickel		<0,001	0,048	0,002	0,171	0,349	0,015		
	Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0005		
	Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-		
	Zink		<0,01	0,08	0,01	0,22	0,82	0,150		

1): Grenzwerte gem. EBV, 2021

Die im 2:1-Eluat festgestellten Sulfat-Konzentrationen schwankten zwischen 17 und 1.200 mg/l. Das arithmetische Mittel und der Median überschreiten den "Grenzwert" gemäß BBodSchV bzw. EBV (Tab. 5.3).

Die Abbildungen 5.9 und 5.10 lassen erkennen, dass erhöhte TOC-Gehalte wie auch auf den anderen Kippstellen nicht an erhöhte Sulfat-Gehalte gebunden sind. Innerhalb der Bohrungen Wa HS 3 bis Wa HS 6 steigen die Sulfat-Gehalte eher an. Die TOC-Gehalte sind dagegen eher in den oberen Bodenhorizonten bis 10 m u. GOK höher als in den tieferen Bodenschichten.

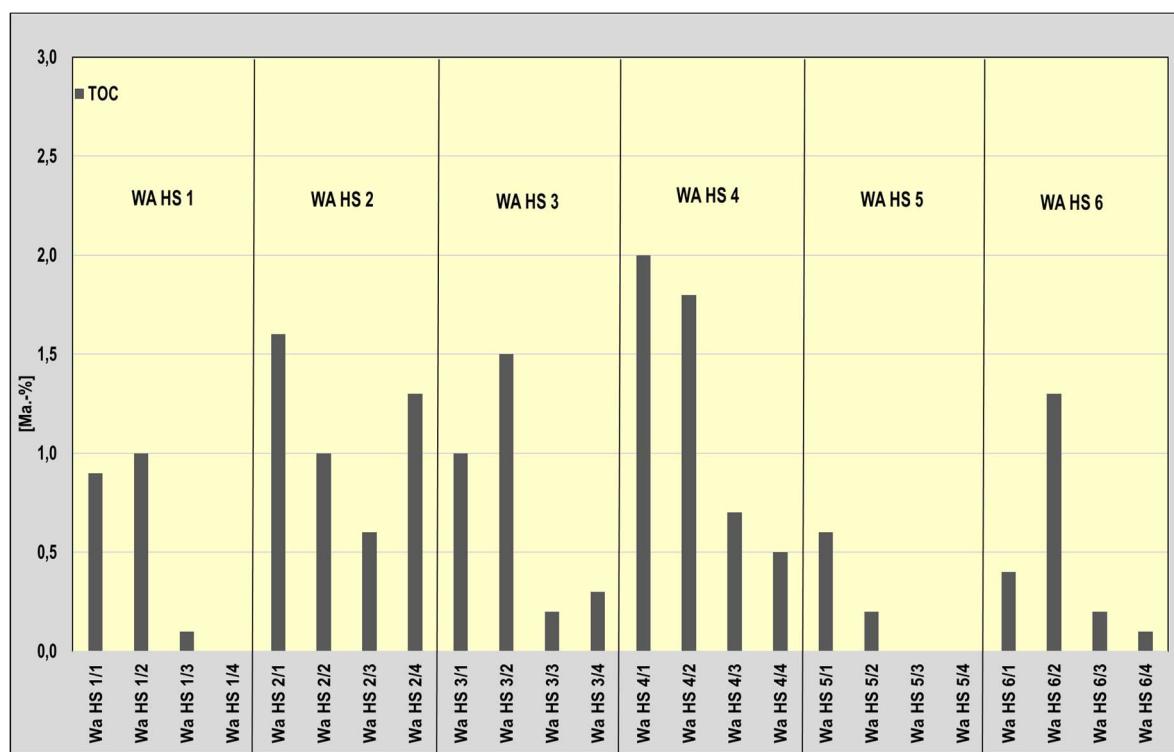


Abb. 5.9: TOC-Gehalte in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Wanlo"

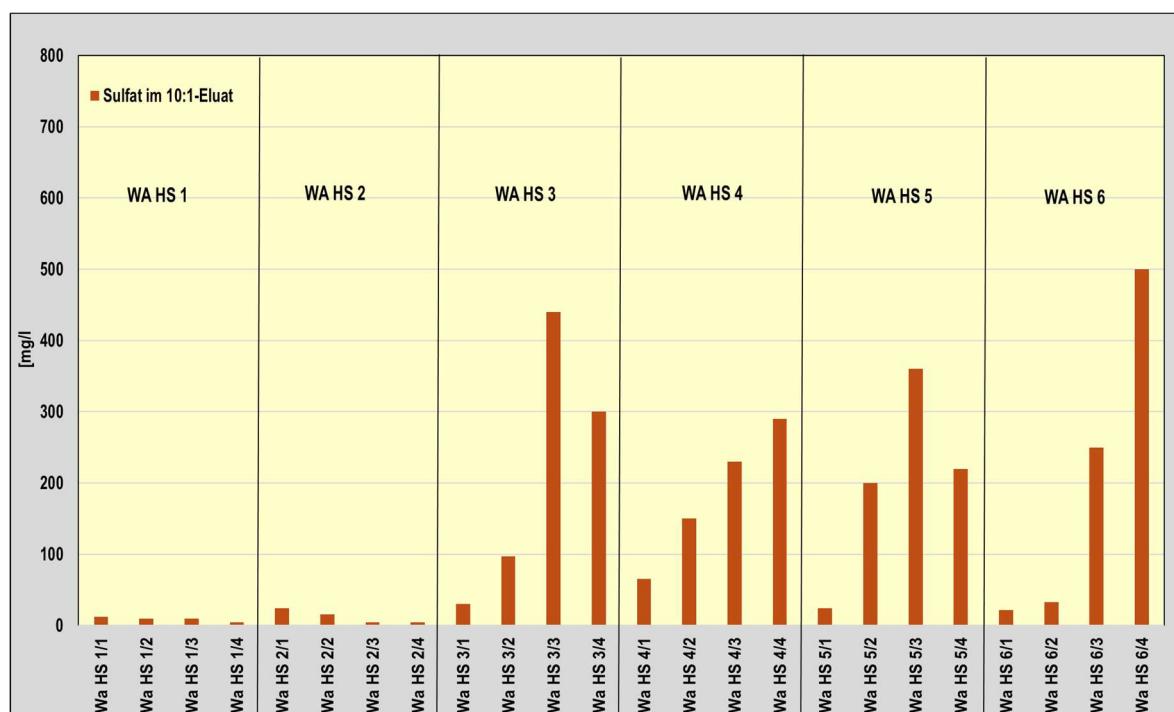


Abb. 5.10: Sulfat-Gehalte im 10:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschnecken in "Wanlo"



5.2.4.4 Kippstelle "Pösenberg"

Aus der Kippstelle "Pösenberg" wiesen 7 der untersuchten 8 Mischproben einen höheren als den nach [4] zugelassenen TOC-Gehalt von 0,5 Ma.-% auf. Das arithmetische Mittel, der Median, das 90%-Perzentil wie auch das Maximum überschreiten damit diesen Grenzwert (vgl. Tab. 5.4). Das 90%-Perzentil und das Maximum der gemessenen TOC-Werte überschreiten auch den heute gemäß BBodSchV [5] zugelassene Grenzwert von 1 M.-%. Sowohl das arithmetische Mittel wie auch der Median unterschreiten aber diesen Wert.

Tab. 5.4: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Pösenberg"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Z0 Sand	Z0 Lehm / Schluff	Z0 Ton	
Feststoff	pH in CaCl_2	[-]	7,6	7,9	7,9	8,1	8,2	-		
	TOC	Ma.-%	0,5	1,0	0,9	1,5	1,6	0,5 (1,0)		
	C/N Verhältnis	[-]	3,5	4,7	5,1	5,3	5,4	-		
	EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1		
	KW C10-C22		<40,0	45,0	45,0	45,0	45,0	100		
	KW C10-C40		<40,0	87,5	87,5	121,5	130,0	100		
	Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1		
	Σ LHKW		n.b.	0,06	0,06	0,06	0,06	1		
	Σ PCB ₆		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,05		
	Benzo(a)pyren		0,05	0,2	0,1	0,4	0,6	0,3		
	Σ PAK ₁₆ (EPA)		0,1	1,9	0,7	4,5	7,7	3		
	Arsen	[mg/kg]	6,7	8,2	7,8	10,0	11,7	10	15	20
	Blei		21,0	40,3	39,0	62,3	77,0	40	70	100
	Cadmium		<0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	1	1,5
	Chrom ges.		14,0	40,1	35,0	66,3	81,0	30	60	100
	Kupfer		7,0	25,0	26,0	36,0	43,0	20	40	60
	Nickel		10,0	26,9	25,0	38,4	44,0	15	50	70
	Quecksilber		<0,07	0,10	0,08	0,13	0,23	0,1	0,5	1
	Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	0,7	1
	Zink		26,0	105,6	112,5	158,0	207,0	60	150	200
	Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-		
Eluat (10:1-Schüttel eluat)	pH-Wert	[-]	7,9	8,3	8,3	8,6	8,7	6,5 - 9,5		
	el. Leitf. (25°C)	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	93,0	223,1	178,0	363,9	695,0	250		
	Chlorid		<1,0	1,6	1,5	2,2	3,1	30		
	Sulfat		16,0	64,3	33,5	124,3	300,0	20		
	Sulfat (2:1-Eluat)		2,1	236,4	150,0	516,0	760,0	250		
	Cyanid, ges.		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005		
	Phenolindex		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020		
	Arsen		0,001	0,002	0,002	0,0023	0,003	0,014		
	Blei		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,040		
	Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0015		
	Chrom _{ges.}		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0125		
	Kupfer		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,020		
	Nickel		<0,001	0,0013	0,001	0,002	0,002	0,015		
	Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0005		
	Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-		
	Zink		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,150		

1): Grenzwerte gem. EBV, 2021



Nur eine der untersuchten Mischproben kann der Verwertungsklasse Z0 nach [4] zugeordnet werden. Ausschlaggebend dafür ist auch bei dieser Kippstelle neben dem TOC-Wert in der Regel die Sulfat-Konzentration. In Bezug auf die Genehmigungskonformität gilt auch hier, dass sich diese für die fremd angeleiferten Böden weder sicher nachweisen, noch ausschließen lässt.

Die Konzentrationen der Parameter MKW, PAK₁₆, Benzo(a)pyren, Blei, Chrom_{ges.}, Kupfer und Zink im Feststoff überschritten nur vereinzelt die Z0-Werte. Die Höhe der Überschreitungen führt aber dazu, dass die 90%-Perzentile die Grenzwerte z.T. ebenfalls leicht überschreiten. Wie für die Kippstelle "Jüchen Neu" ist kritisch anzumerken, dass die Aussagekraft der statistischen Kennwerte aufgrund des relativ geringen Stichprobenumfangs eingeschränkt ist. Die Cyanid- und Schwermetallgehalte im Eluat waren im Vergleich zu den Feststoffwerten unauffällig. Dementsprechend hielten alle statistischen Kennwerte die Anforderungen ein.

Fünf der acht Mischproben aus der Kippstelle "Pösenberg" waren Sulfat belastet. Das arithmetische Mittel, der Median, das 90%-Perzentil wie auch das Maximum überschreiten den Grenzwert Z0 gemäß [4] von 20 mg/l. Die im 2:1-Eluat festgestellten Konzentrationen schwankten zwischen 2,1 und 760 mg/l. Das arithmetische Mittel und der Median unterschreiten den "Grenzwert" nach BBodSchV bzw. EBV (Tab. 5.4). Im Mittel ist zwar der Grenzwert gemäß LAGA (2004) [4] nicht eingehalten, wohl aber der heute geltende Wert gemäß BBodSchV bzw. EBV [6].

Die nachfolgenden Abbildungen lassen erkennen, dass auch im Bereich der Kippstelle "Pösenberg" die TOC- und die Sulfat-Gehalte nicht generell korrelieren (Abb. 5.11, Abb. 5.12). Grund dafür ist, dass im Abraummaterial aus dem Tagebau die TOC-Werte an Kohlegehalte gebunden sind. Sulfat entsteht dagegen aus sulfidischen Mineralen, die der Verwitterung ausgesetzt sind. Auch wenn diese häufig in Kohlen vorkommen, können Sie auch in den die Kohlehorizonte über- oder unterlagernden Schichten vorkommen.

Innerhalb der Bohrungen Pö HS 2 bis Pö HS 4 ist z.T. ein Anstieg der Sulfat-Gehalte zur Tiefe hin gegeben, der in den Bohrungen Pö HS 2 und Pö HS 3 mit ansteigenden TOC-Gehalten korreliert. In der Bohrung Pö HS 4 sind allerdings die TOC-Gehalte im oberen Horizont (0 - 5 m) höher als die im unteren (5 - 10 m), während in Bezug auf die Sulfat-Gehalte eine gegenteilige Beobachtung gemacht wurde.

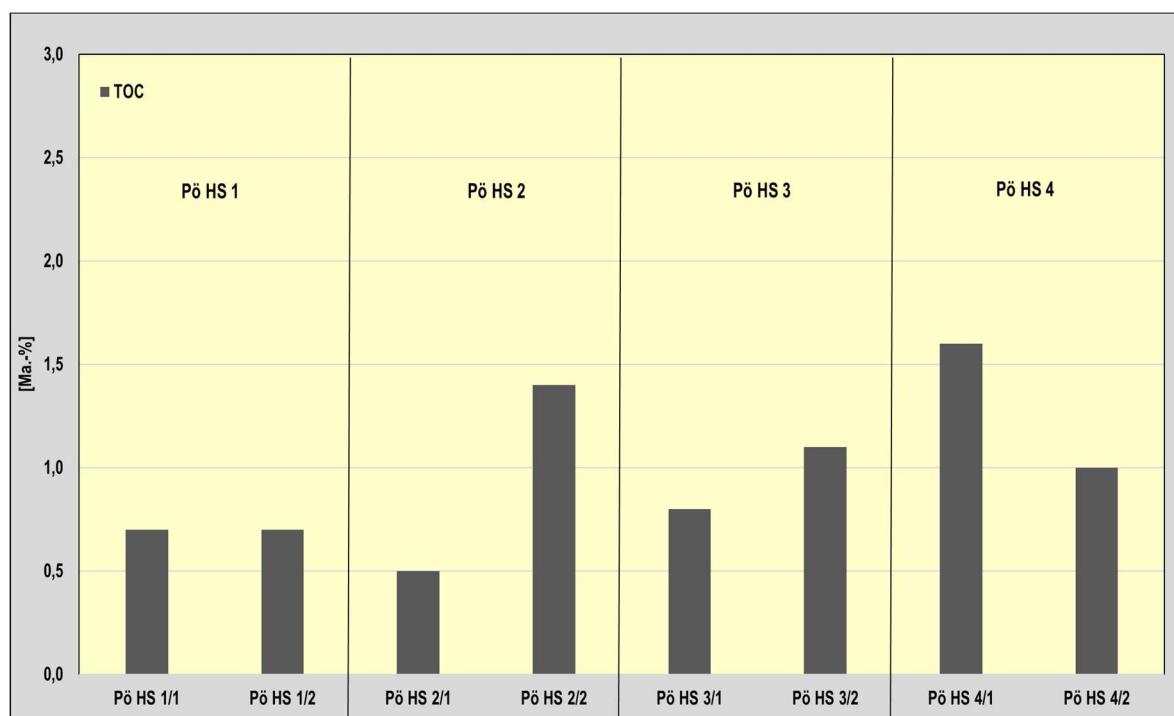


Abb. 5.11: TOC-Gehalte in den Mischproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Pösenberg"

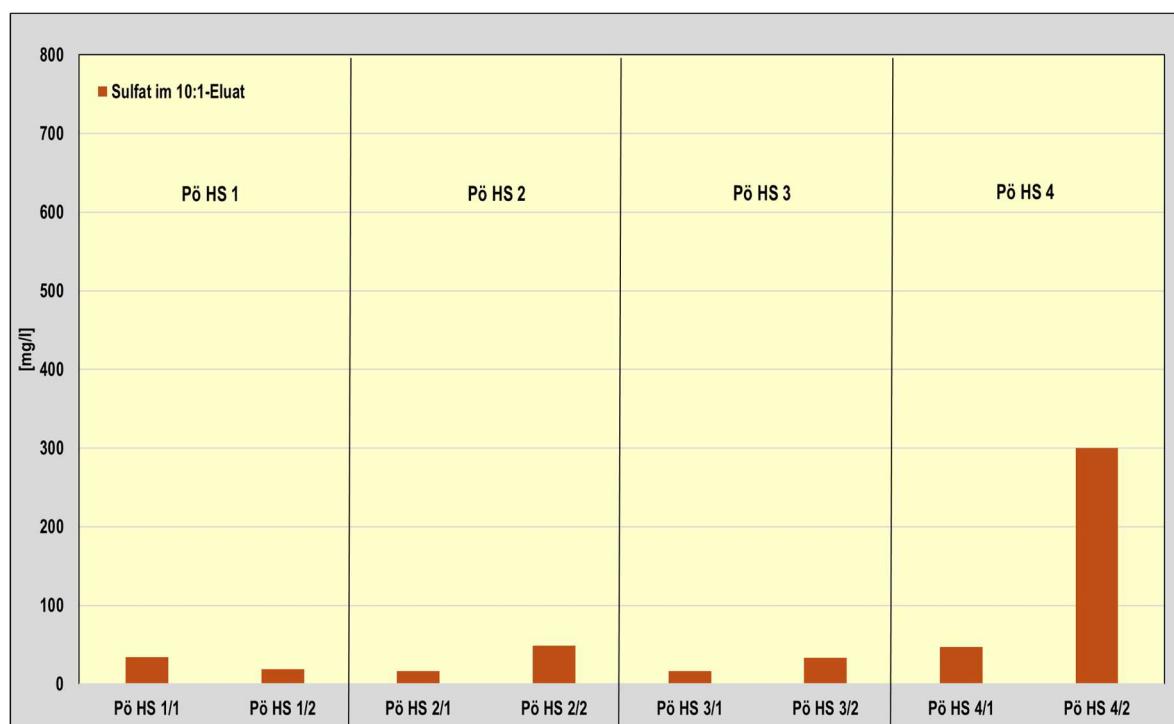


Abb. 5.12: Sulfat-Gehalte im 10:1-Eluat in den Mischproben aus den Hohlbohrschnecken in "Pösenberg"



5.3 Bodenschutzrechtliche Gefahrenfeststellung

5.3.1 Bewertungsmaßstäbe

Da davon auszugehen war, dass in den in Rede stehenden Kippstellen auch unzulässig hoch belastete Böden zur Ablagerung gekommen sein könnten, sollte geklärt werden, ob von den abgelagerten Böden Gefahren für die Umwelt ausgehen.

Der nachsorgende Bodenschutz ist im Bodenschutzrecht geregelt. Die Untersuchung und Bewertung eventueller Gefahren ist gemäß [5] auf Wirkungspfade bezogen durchzuführen. Betroffen wäre im vorliegenden Fall nur der Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser, da die Böden im Zuge der Verfüllung der Tagebaurestlöcher weiter überkippt werden. Die Wirkungspfade Boden⇒Mensch und Boden⇒Pflanze sind damit hier nicht relevant.

Die Anforderungen an die erforderlichen Untersuchungen des Wirkungspfades Boden ⇒Grundwasser sind in [5] deziert geregelt. Zur Feststellung der Mobilität des Stoffinventars in (heterogenen) Ablagerungen bieten sich bevorzugt Grundwasser- oder auch Sickerwasseruntersuchungen an. Diese schieden bei dem aktuell gegebenen Flurabstand des Grundwassers bzw. der Mächtigkeit der abgelagerten Böden aus. Die Mobilität der im Boden enthaltenen Schadstoffe konnte daher nur anhand von Materialuntersuchungen festgestellt werden. Dazu waren realitätsnahe Simulationsverfahren einzusetzen. Darunter sind 2:1-Eluate oder Säulen-Eluate zu verstehen. Da letztere zeitaufwändig sind, sollten abstimmungsgemäß 2:1-Eluate durchgeführt werden.

Zur Feststellung des Stoffinventars wurden zunächst an insgesamt 93 Einzelproben Feststoffuntersuchungen durchgeführt (JüA Alt: 62 Proben; JüN: 7 Proben; Wa: 14 Proben; Pö: 10 Proben). Die gleichen Proben wurden aus terminlichen Gründen parallel auch im 2:1-Eluat analysiert, unabhängig davon, ob erhöhte Feststoffgehalte vorlagen oder nicht.

Die Ergebnisse der Einzelprobenanalysen sind in den Anlagen 5.2.1 bis 5.2.4 tabellarisch zusammengestellt. Zur Einstufung der Feststoffgehalte sind dort auch die Vorsorgewerte gemäß [5] aufgeführt. Für die Einstufung der Eluat-Gehalte sind die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser gemäß Anlage 2 Tabelle 2 und 3 BBodSchV angeführt. Für Stoffe, für die diese Werte nicht definiert sind, wird hilfsweise auf die Grenzwerte gemäß Anhang 1 Tabelle 4 BBodSchV (EOX) oder gemäß Anlage 1 Tabelle 4 EBV (BTEX, LHKW, Cyanide_{ges.}) zurückgegriffen.



5.3.2 Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen

5.3.2.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

Die Feststoffuntersuchungen im Bereich der Kippstelle "Jüchen Alt" führten zu folgenden Ergebnissen:

- Wie schon erläutert, gilt für bodenschutzrechtliche Untersuchungen ein **TOC-Wert** von 1 Ma.-%. Dieser Wert wurde in neun der untersuchten 62 Einzelproben überschritten. Der maximal erreichte Wert betrug 6,4 Ma.-%.
- In keiner Probe wurden extrahierbare organische Halogenverbindungen (**EOX**) nachgewiesen.
- Ebenso wurden in keiner Probe kurzkettige Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW C10 - C22**) nachgewiesen. Längerkettige MKW C10 - C 40 lieferten dagegen in fünf Proben positive Befunde. In zwei Proben wurde dabei die Bestimmungsgrenze von 40 mg/kg nur knapp überschritten. Die maximal festgestellte Konzentration betrug 130 mg/kg in der Probe JüA TB 6/14. Auch die darüber liegende Probe JüA TB 6/13 war mit 110 mg/kg gering belastet. Ein Wertemaßstab zur Beurteilung der Höhe dieser Belastungen liegt nicht vor. Zieht man den für Verfüllungen oberhalb des Grundwasserspiegels gemäß [6] zugelassenen Wert von 600 mg/kg für MKW C10 bis C40 heran, wird deutlich, dass der maximale Messwert an MKW als gering einzustufen ist.
- **BTEX** wurden dagegen in keiner Probe nachgewiesen.
- Auch die **LHKW**-Konzentrationen lagen durchweg unterhalb der Bestimmungsgrenze.
- In sechs Proben lagen geringe **PCB**-Gehalte zwischen 0,02 und 0,16 mg/kg vor. Nur eine Probe überschritt dabei den Vorsorgewert.
- **PAK** wurden in 32 Proben nachgewiesen. Allerdings wurde der Vorsorgewert von 3 mg/kg nur in drei Proben überschritten. Die Maximalkonzentration betrug 8,8 mg/kg. In dieser Probe lag auch eine knapp über dem Vorsorgewert liegende Benzo(a)pyren-Konzentration vor. Die übrigen positiven Befunde an Benzo(a)pyren waren durchweg sehr gering.
- Die **Schwer- und Halbmetalle** waren wie in den Mischproben insgesamt sehr niedrig konzentriert. Auch in den Einzelproben traten nur sehr vereinzelt leicht erhöhte



- Konzentrationen an Arsen, Blei, Kupfer oder Zink oberhalb der Vorsorgewerte auf. Die Größenordnungen waren durchweg gering.
- **Cyanide** wurden in keiner Probe nachgewiesen.

5.3.2.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die Feststoffgehalte des Bodenmaterials in der Kippstelle "Jüchen Nau" ähneln denen in der Kippstelle "Jüchen Alt". Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Drei der sieben untersuchten Einzelproben wiesen **TOC-Werte** > 1 Ma.-%, d.h. oberhalb des Vorsorgewertes gemäß [5] auf. Der höchste Wert betrug 2,1 Ma.-%.
- In keiner Probe wurden **EOX, LHKW, BTEX** und **PCB** nachgewiesen.
- Ebenso wurden in keiner Probe **Cyanide** nachgewiesen.
- Das Gleiche trifft für kurzkettige Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW C10 - C22**) zu. Längerkettige MKW C10 - C 40 wurden dagegen in geringer Konzentration von 55 mg/kg in einer Probe nachgewiesen (JüN HS 3/3). Der Wert ist gemäß [6] als sehr gering einzustufen.
- **PAK** wurden in sechs Proben nachgewiesen. Allerdings wurde der Vorsorgewert von 3 mg/kg nur in zwei Proben überschritten. Die Maximalkonzentration betrug 10,8 mg/kg. In einer der Probe lag auch eine knapp über dem Vorsorgewert liegende Benzo(a)pyren-Konzentration vor. Die übrigen positiven Befunde an Benzo(a)pyren waren sehr gering.
- Die Konzentrationen an **Schwer- und Halbmetallen** waren wie in den Mischproben insgesamt sehr niedrig. Nur sehr vereinzelt traten leicht erhöhte Konzentrationen an Zink oberhalb des Vorsorgewertes auf. Die Größenordnungen waren aber durchweg gering.

5.3.2.3 Kippstelle "Wanlo"

Auch die Feststoffgehalte der Bodenmaterialien im Bereich der Kippstelle "Wanlo" sind denen der übrigen Kippstelle gut vergleichbar. Im Einzelnen ist Folgendes festzuhalten:



- Drei der 14 untersuchten Einzelproben wiesen **TOC-Gehalte** > 1 Ma.-%, d.h. oberhalb des Vorsorgewertes gemäß [5] auf. Der maximal erreichte Wert betrug 1,7 Ma.-%.
- In keiner Probe wurden **EOX, LHKW, BTEX** und **Cyanide** nachgewiesen.
- Ebenso wurden in keiner Probe kurzkettige Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW C10 - C22**) nachgewiesen. Längerkettige MKW C10 - C 40 lieferten dagegen in sechs Probe einen positiven Befund mit maximal 110 mg/kg. Diese sind gemäß [6] als sehr gering einzustufen.
- In einer Probe (Wa TB 1/7) lag ein geringer **PCB**-Gehalt von 0,03 mg/kg vor. Der Vorsorgewert wurde dabei nicht überschritten.
- **PAK** wurden in fünf Proben nachgewiesen. Allerdings wurde der Vorsorgewert von 3 mg/kg nicht überschritten. Die Maximalkonzentration betrug 2,98 mg/kg. In drei Probe lagen auch Benzo(a)pyren-Konzentration knapp über der Bestimmungsgrenze vor.
- Die **Schwer- und Halbmetalle** waren wie in den Mischproben insgesamt sehr niedrig konzentriert. Auch in den Einzelproben traten nur sehr vereinzelt leicht erhöhte Konzentrationen an Blei, Chrom_{ges.} und Nickel oberhalb der Vorsorgewerte auf. Die Größenordnungen waren durchweg gering.

5.3.2.4 Kippstelle "Pösenberg"

Die Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen in "Pösenberg" fügen sich wie folgt in das zuvor beschriebene Bild ein:

- Lediglich eine Einzelprobe weist mit maximal 1,4 Ma.-% einen **TOC-Gehalt** > 1 Ma.-% oberhalb des Vorsorgewertes gemäß [5] auf.
- In keiner Probe traten **EOX, MKW, LHKW, BTEX, PCB** oder **Cyanide** auf.
- **PAK** wurden in sieben Proben nachgewiesen. Allerdings wurde der Vorsorgewert von 3 mg/kg nicht überschritten. Die Maximalkonzentration betrug 2,44 mg/kg. In sechs Proben lagen auch Benzo(a)pyren-Konzentration knapp über der Bestimmungsgrenze vor.
- Die **Schwer- und Halbmetalle** waren wie in den Mischproben insgesamt sehr niedrig konzentriert. Auch in den Einzelproben trat nur in Probe Pö Schurf 2/1 eine leicht erhöhte Konzentration an Kupfer oberhalb des Vorsorgewertes auf.



5.3.3 Ergebnisse der Eluat-Untersuchungen

5.3.3.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

Die Ergebnisse der 2:1-Eluate an den untersuchten Einzelproben aus der Kippstelle "Jüchen Alt" lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die **pH-Werte** der Einzelproben schwankten zwischen 4,8 und 8,5, wobei ein pH-Wert <6 nur einmalig in der Probe JüA TB 6/8 auftrat. Im Regelfall lagen die pH-Werte im neutralen Bereich.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** der Einzelproben schwankte zwischen Werten <100 und 2.670 µS/cm. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung in Höhe von 2.790 µS/cm wurde in keiner Probe überschritten.
- Wie in den Mischproben waren die löslichen **Chlorid**-Gehalte im Boden mit maximal 28 mg/l sehr gering.
- Erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen traten in rund einem Drittel der untersuchten Proben auf. Der Prüfwert der BBodSchV wurde in 21 Proben überschritten. Der Maximalwert betrug 1.800 mg/l.
- Im Gegensatz zu den Mischproben wurden in fünf Proben **Cyanid_{ges}** nachgewiesen. Die Feststoffgehalte aller Proben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Nur eine Probe überstieg den Prüfwert der BBodSchV am Ort der Beurteilung. **Leicht freisetzbare Cyanide** waren in keiner Probe nachweisbar.
- Die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen wie in den Mischproben ganz überwiegend unterhalb der Bezugswerte, hier der Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser. Auffällig war nur die Probe JüA TB 6/8, die sich durch einen niedrigen pH-Wert von 4,8 auszeichnete.
- In 37 Proben wurden **PAK** im Eluat nachgewiesen. 19 Proben überschritten dabei den Prüfwert der BBodSchV für PAK₁₅.

5.3.3.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die Analyse der 2:1-Eluate an den untersuchten Einzelproben aus der Kippstelle "Jüchen Neu" führten zu folgenden Ergebnissen:



- Die **pH-Werte** der Einzelproben schwankten zwischen 7,2 und 8,5 und lagen damit im neutralen bis leicht alkalischen Bereich.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** schwankte zwischen 386 und 1.170 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Wie in den Mischproben waren die löslichen **Chlorid**-Gehalte im untersuchten Bodenmaterial mit maximal 15 mg/l sehr gering.
- Erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen, d.h. Konzentrationen über dem Prüfwert der BBodSchV traten in zwei von sieben untersuchten Proben auf. Der Maximalwert betrug 540 mg/l.
- Im Gegensatz zu den Mischproben wurden in zwei Proben **Cyanid_{ges}** nachgewiesen, obwohl die Cyanid_{ges}-Gehalte im Feststoff in allen Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. In beiden Proben blieben die Konzentrationen aber unter dem Prüfwert der BBodSchV am Ort der Beurteilung. **Leicht freisetzbare Cyanide** waren in keiner Probe nachweisbar.
- Die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen wie in den Mischproben durchweg unterhalb der Bezugswerte.
- In allen sieben Proben wurden **PAK** im Eluat nachgewiesen. Der Prüfwert der BBodSchV für PAK₁₅ wurde dabei überschritten. Der Maximalwert betrug 0,99 $\mu\text{g}/\text{l}$.

5.3.3.3 Kippstelle "Wanlo"

Die Ergebnisse der 2:1-Eluate an den untersuchten Einzelproben aus der Kippstelle "Wanlo" lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die **pH-Werte** der Einzelproben schwankten zwischen 2,8 und 8,2, wobei ein pH-Wert <6 nur einmalig in der Probe Wa TB 3/17 auftrat. Im Regelfall lagen die pH-Werte im neutralen Bereich.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** der Einzelproben schwankte zwischen 129 und 5.330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung in Höhe von 2.790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurde ebenfalls in Probe Wa TB 3/17 überschritten.
- Wie in den Mischproben waren die löslichen **Chlorid**-Gehalte in den untersuchten Bodenmaterialien mit maximal 12 mg/l sehr gering.
- Erhöhte **Sulfat**-Konzentrationen traten in zwei der 14 untersuchten Proben auf. Der Prüfwert der BBodSchV wurde in diesen Proben um ein Vielfaches überschritten. Der Maximalwert betrug 6.100 mg/l.



- Im Gegensatz zu den Mischproben wurde in zwei Proben **Cyanid_{ges.}** nachgewiesen. In der Probe Wa TB 3/5 überstieg die Konzentration den Prüfwert der BBodSchV am Ort der Beurteilung. **Leicht freisetzbare Cyanide** waren in keiner Probe nachweisbar.
- Die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen ganz überwiegend unterhalb der Bezugswerte. Auffällig war wieder nur die Probe WA TB 3/17, die sich auch durch einen niedrigen pH-Wert von 2,8 auszeichnete. Die Konzentrationen an Arsen, Cadmium, Nickel, Chrom_{ges.} und Zink überstiegen - teils deutlich - die Bezugswerte.
- In zehn Proben wurden **PAK** im Eluat nachgewiesen. Fünf Proben überschritten dabei den Prüfwert der BBodSchV für PAK₁₅.

5.3.3.4 Kippstelle "Pösenberg"

Die Eluat-Untersuchungen der Einzelproben in aus der Kippstelle "Pösenberg" führten zu folgenden Ergebnissen:

- Die **pH-Werte** der Einzelproben schwankten nur gering zwischen 7,5 und 8,5 und lagen damit im neutralen bis leicht alkalischen Bereich.
- Die **elektrische Leitfähigkeit** der Einzelproben war mit Werten zwischen 186 und 583 µS/cm unauffällig.
- Die löslichen **Chlorid**-Gehalte waren auch in den Proben aus der Kippstelle "Pösenberg" mit maximal 11 mg/l sehr gering.
- Nur in einer von zehn untersuchten Proben (Pö Schurf 4/2) trat eine erhöhte **Sulfat**-Konzentration von 320 mg/l auf, die den Prüfwert der BBodSchV überschritt.
- In einer Probe (Pö Schurf 6/3) wurde **Cyanid_{ges.}** nachgewiesen. Der Bezugswert wurde dabei nicht überschritten. Die Feststoffgehalte aller Proben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. **Leicht freisetzbare Cyanide** waren in keiner Probe nachweisbar.
- Die **Schwer- und Halbmetallgehalte** lagen wie in den Mischproben ganz überwiegend unterhalb der Bezugswerte.
- In sieben Proben wurden **PAK** im Eluat nachgewiesen. Drei Proben überschritten dabei den Prüfwert der BBodSchV für PAK₁₅.
- Die zusätzlich analysierte Sonderprobe Pö Schurf 6/2 wies im 2:1-Eluat wie auch im Feststoff keine auffälligen Stoffkonzentrationen auf.



5.3.4 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Analysenergebnisse der Einzelproben aus den Trockenbohrungen finden sich in den Tabellen 5.5 bis 5.8. Wie bei den Ergebnissen der Mischproben sind auch hier neben dem Minimum und dem Maximum der arithmetische Mittelwert, der Median und das 90%-Perzentil angegeben.

5.3.4.1 Kippstelle "Jüchen Alt"

Die nachfolgende Tabelle lässt erkennen, dass bis auf den TOC- und Sulfat-Gehalt sowie die Konzentration an PAK im Eluat in allen Proben alle Grenzwerte mindestens vom 90%-Perzentil der Analysenergebnisse eingehalten werden. Überschreitungen dieser Werte sind also auf einzelne Ausreißer zurückzuführen.

Wie in den Mischproben trifft dies nicht auf den TOC zu. Der hier betrachtete Grenzwert von 1 Ma.-% wird vom 90%-Perzentil überschritten, im Mittel aber eingehalten. Die erhöhten TOC-Werte lassen sich, wie schon in Abschnitt 5.2.4 beschrieben, nicht eindeutig auf fremd angelieferte Böden zurückführen. Ein Zusammenhang mit den parallel abgelagerten Kippenböden ist wahrscheinlicher, da auch erhöhte Sulfat-Gehalte festgestellt worden sind. Sulfat in anthropogen veränderten Böden ist meist auf Bauschuttanteile zurückzuführen. Der Anteil an Bauschutt in den Böden war aber gemäß der Bodenansprache sehr gering. Die erhöhten Sulfat-Gehalte lassen sich damit nicht erklären. Wie bei TOC sind Einflüsse von Kippenböden, d.h. in diesem Zusammenhang eine verwitterungsbedingte Freisetzung aus sulfidischen Bestandteilen, deutlich naheliegender.

Analog zu den Mischproben in den Abbildungen 5.5 und 5.6 sind in den Abbildungen 5.13 und 5.14 der TOC-Gehalt und der Sulfat-Gehalt für die Einzelproben dargestellt. Die Darstellung von Sulfat bezieht sich auf die 2:1-Eluate und nicht wie bei den Mischproben auf 10:1-Eluate. Die erreichten Konzentrationen sind daher höher.

Wie auch bei den Mischproben lassen die Darstellungen keine eindeutige Korrelation zwischen den TOC-Gehalten und den Sulfat-Gehalten erkennen. Auch innerhalb der Bohrungen ist keine eindeutige Zu- oder Annahme von oben nach unten zu erkennen. Die Bohrungen JüA TB 1 bis JüA TB 3 waren einheitlich belastet. Der TOC-Gehalt lag in der Regel unter 1 Ma.-%. Die Bohrungen JüA TAB 7 bis JüA TB 10 waren insgesamt etwas geringer



belastet. Der TOC-Gehalt lag in allen aus diesen Bohrungen untersuchten Einzelproben deutlich unter 1 Ma.-%. In den restlichen Bohrungen JüA TB 4 bis JüA TB 6 wurden größere Schwankungen festgestellt. Hier traten einzelne TOC-Werte von > 3 Ma.-% auf.

Tab. 5.5: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Jüchen Alt"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%- Perzentil	MAX	Vorsorgewerte)			Prüf- werte
							Sand	Lehm / Schluff	Ton	
Feststoff	[mg/kg]	TOC	Ma.-%	<0,1	0,8	0,5	1,6	6,4	1	-
		EOX		<1,0	<1,0	<1,1	<1,0	<1,0	(1)*	-
		KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	-	-
		KW C10-C40		<40	<40	<40	<40	130	-	-
		Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ PCB ₇		n.b.	0,01	n.b.	n.b.	0,16	0,05	-
		Naphthalin		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
		Benzo(a)pyren		<0,05	0,1	<0,05	0,2	0,8	0,3	-
		Σ PAK ₁₆ (EPA)		n.b.	0,7	0,03	1,8	8,8	3	-
		Arsen		1,1	7,0	6,9	11,9	24,2	10	20
		Blei		<2	13,5	7,0	33,0	75,0	40	70
		Cadmium		<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,4	0,4	1
		Chrom ges.		3	15,0	12,0	24,0	43,0	30	60
		Kupfer		2	12,6	7,0	27,9	99,0	20	40
		Nickel		2	15,3	13,0	28,9	63,0	15	50
		Quecksilber		<0,07	<0,07	<0,07	0,1	0,17	0,2	0,3
		Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,5	1
		Zink		6	51,6	30,5	111	229	60	150
		Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(3)*	-
Eluat (2:1-Schüttel eluat)	[mg/l]	pH-Wert	[-]	4,8	7,6	7,7	8,2	8,5	-	-
		el. Leitf. (25°C)	[µS/cm]	94	634	524	1.212	2.670	-	-
		Chlorid		<1	5,5	3,3	11,0	28	-	-
		Sulfat		11	272	175	594	1.800	-	250
		Cyanide _{ges.}		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,190	-	0,05
		Cyanide _{leicht freisetzbar}		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,01
		Arsen		<0,001	0,002	<0,001	0,004	0,019	-	0,01
		Blei		<0,001	<0,001	<0,001	0,000	0,001	-	0,01
		Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	-	0,003
		Chrom ges.		<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,012	-	0,05
		Kupfer		<0,001	0,003	0,001	0,010	0,017	-	0,05
		Nickel		<0,001	0,004	0,002	0,005	0,052	-	0,02
		Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	0,001
		Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0019	-	-
		Zink		<0,01	0,0255	<0,01	0,019	1,0	-	0,6
		Naphthalin		<0,05	0,067	<0,05	0,089	2,0	-	2
		PAK ₁₅		n.b.	0,26	0,1	0,55	5,4	-	0,2

* hilfsweise herangezogene Grenzwerte, vgl. Abschn. 5.3.1

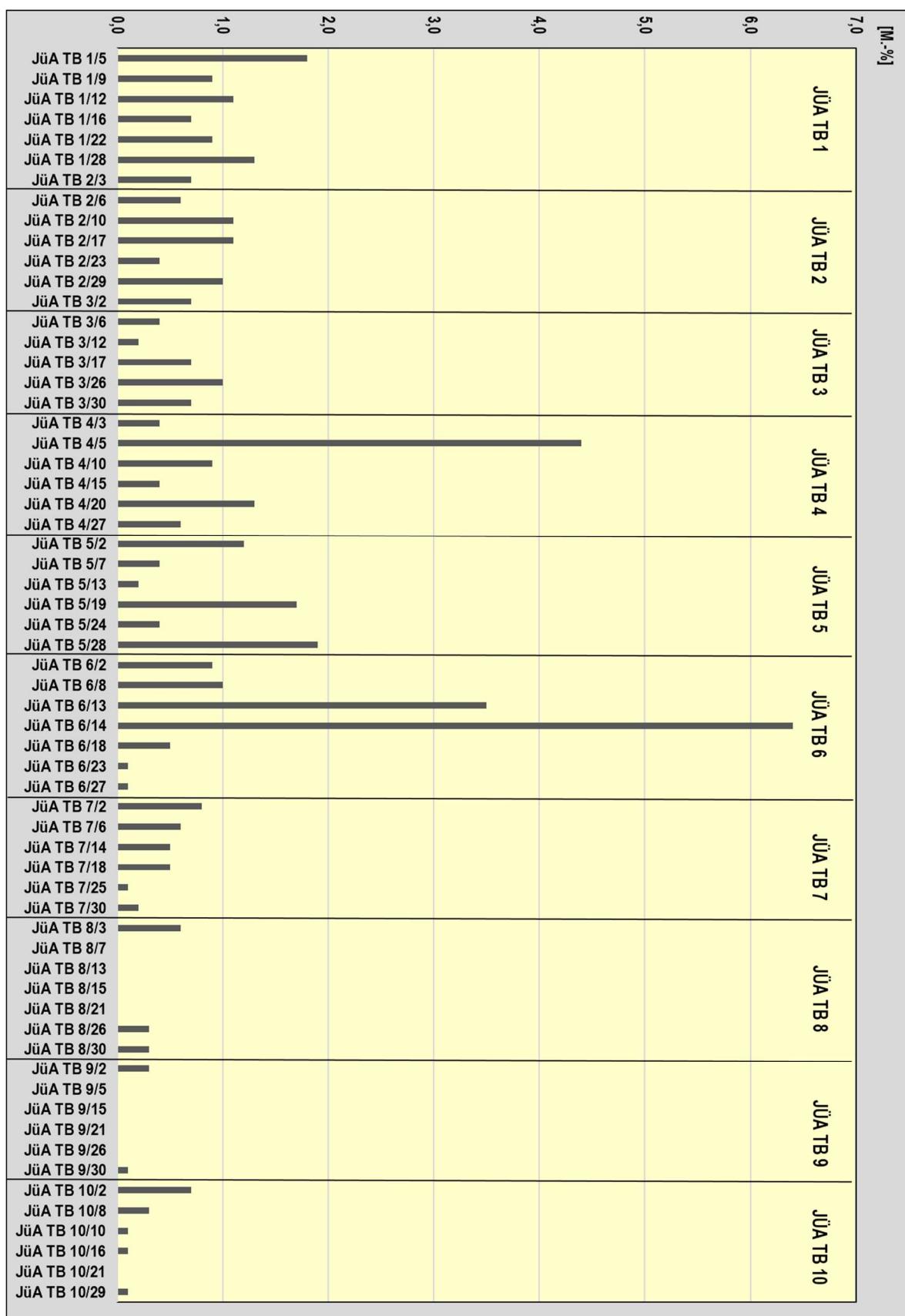


Abb. 5.13: TOC-Gehalte in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren in "Jüchen Alt"

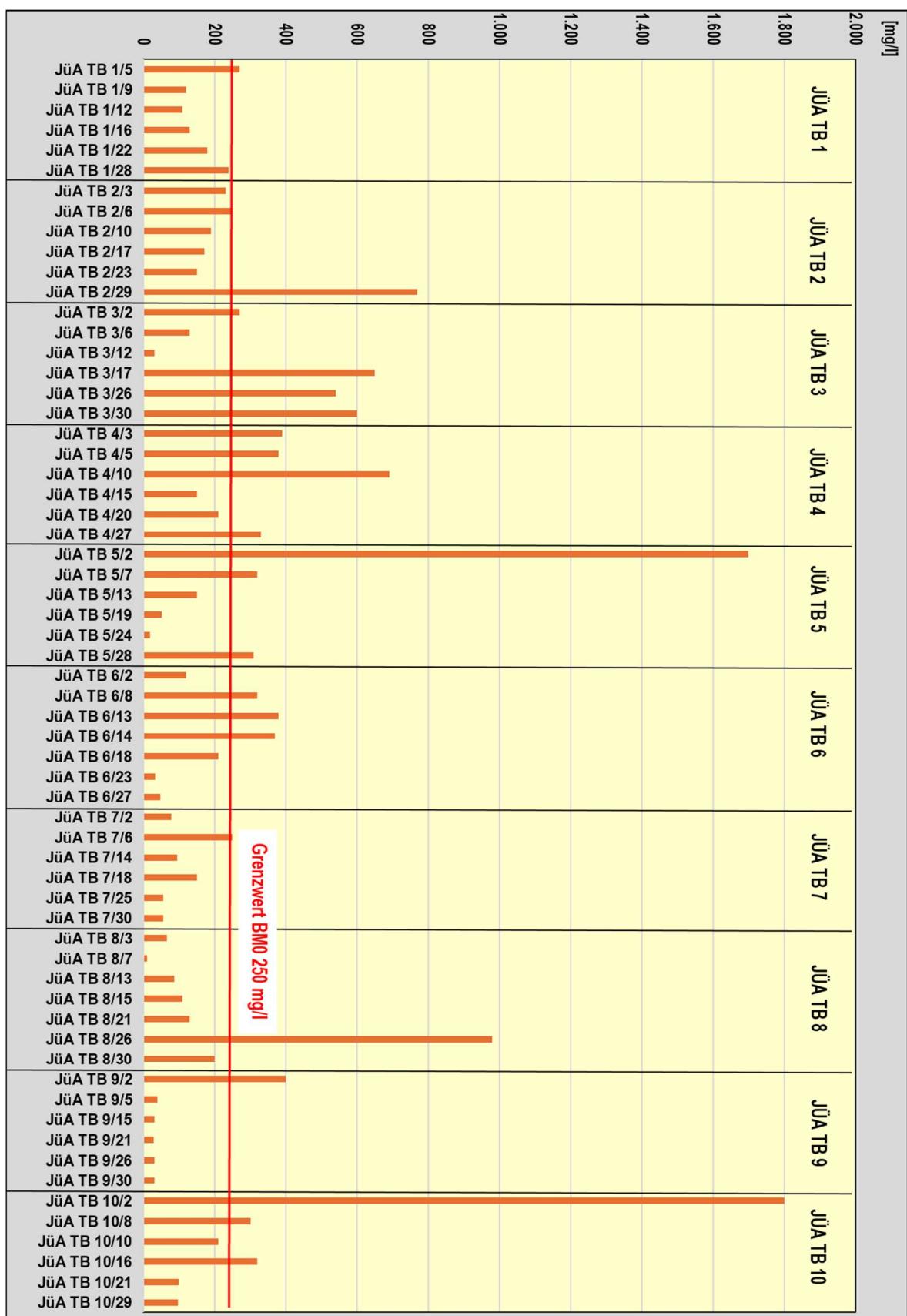


Abb. 5.14: Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren in "Jüchen Alt"



Die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat schwankten in weiten Grenzen zwischen 11 und 1.800 mg/l. Das 90%-Perzentil überstieg den Grenzwert um mehr als das Doppelte, der arithmetische Mittelwert überstieg ihn nur knapp. Den Median, der wie erläutert besser zur Beschreibung der mittleren Qualität geeignet ist, unterschritt der Grenzwert deutlich. Innerhalb der Bohrungen ist wie beim TOC keine eindeutige Zunahme oder Abnahme von oben nach unten zu erkennen. Während in der Bohrung JüA TB 5, JüA TB 9 und JüA TB 10 die höchsten Werte oberflächennah gemessen worden sind, war dies in den Bohrungen JüA TB 2 und JüA TB 8 eher bei den unteren Proben der Fall. Insgesamt schienen die Bohrungen JüA TB 3, JüA TB 4 und JüA TB 10 etwas höher belastet zu sein.

Auffällig war, dass in 37 Proben die PAK₁₅-Gehalte im Eluat überschritten waren. Die Überschreitungen des Prüfwertes gemäß Anlage 2 Tabelle 3 BBodSchV für Sickerwasser am Ort der Beurteilung war meist nur sehr gering. Das 90%-Perzentil aller untersuchten Proben hielt den Grenzwert ein. Aus den Ergebnissen lässt sich nicht herleiten, dass aus dem untersuchten Bodenmaterial heraus ein PAK-Eintrag in das Grundwasser stattfindet. In der Praxis wird der Effekt, dass trotz relativ geringer PAK-Gehalte im Feststoff Eluat-Konzentrationen oberhalb des Prüfwertes der BBodSchV gemessen werden, relativ häufig beobachtet. Ursächlich ist meist die für das 2:1-Eluat festgeschriebene Phasentrennung mittels Zentrifugation. Diese ist oft - trotz Einhaltung der zugelassenen Trübung - nicht vollständig. Im Eluat verbleiben PAK, die partikelgebunden sind. Die Eluat-Ergebnisse werden also eher von der Bodenbeschaffenheit, als von der Löslichkeit der einzelnen PAK beeinflusst. Folglich korrelieren die Eluat- und die Feststoff-Gehalte auch nicht (Abb. 5.15).

Auch wenn das 2:1-Schütteleluat in der BBodSchV als geeignetes Simulationsverfahren für die Freisetzung von im Feststoff gebundenen PAK in das Sickerwasser angesehen wird, muss dies bezweifelt werden. Belastbarere Ergebnisse liefern meist Säulen-Eluate, die aber aus Zeit- und Kapazitätsgründen im vorliegenden Fall abstimmungsgemäß nicht zur Anwendung kommen konnten.

In den Abbildungen 5.16 und 5.17 sind die Verteilungsmuster der PAK in den Misch- und den Einzelproben dargestellt. Auch wenn die Darstellungen bei sehr kleinen Konzentrationen oft nicht aussagekräftig sind, sind die Verteilungsmuster in den Misch- und den Einzelproben sehr ähnlich. Es überwiegen die Komponenten Phenanthren, Fluoranthen, Pyren, Benzo(a)anthracen und Benzo[b]fluoranthen. Die Ähnlichkeit der Muster in den meisten Proben lässt auf eine einheitliche Quelle schließen. Vermutlich handelt es sich dabei um Braunkohle, in denen PAK natürlicherseits vorkommen.

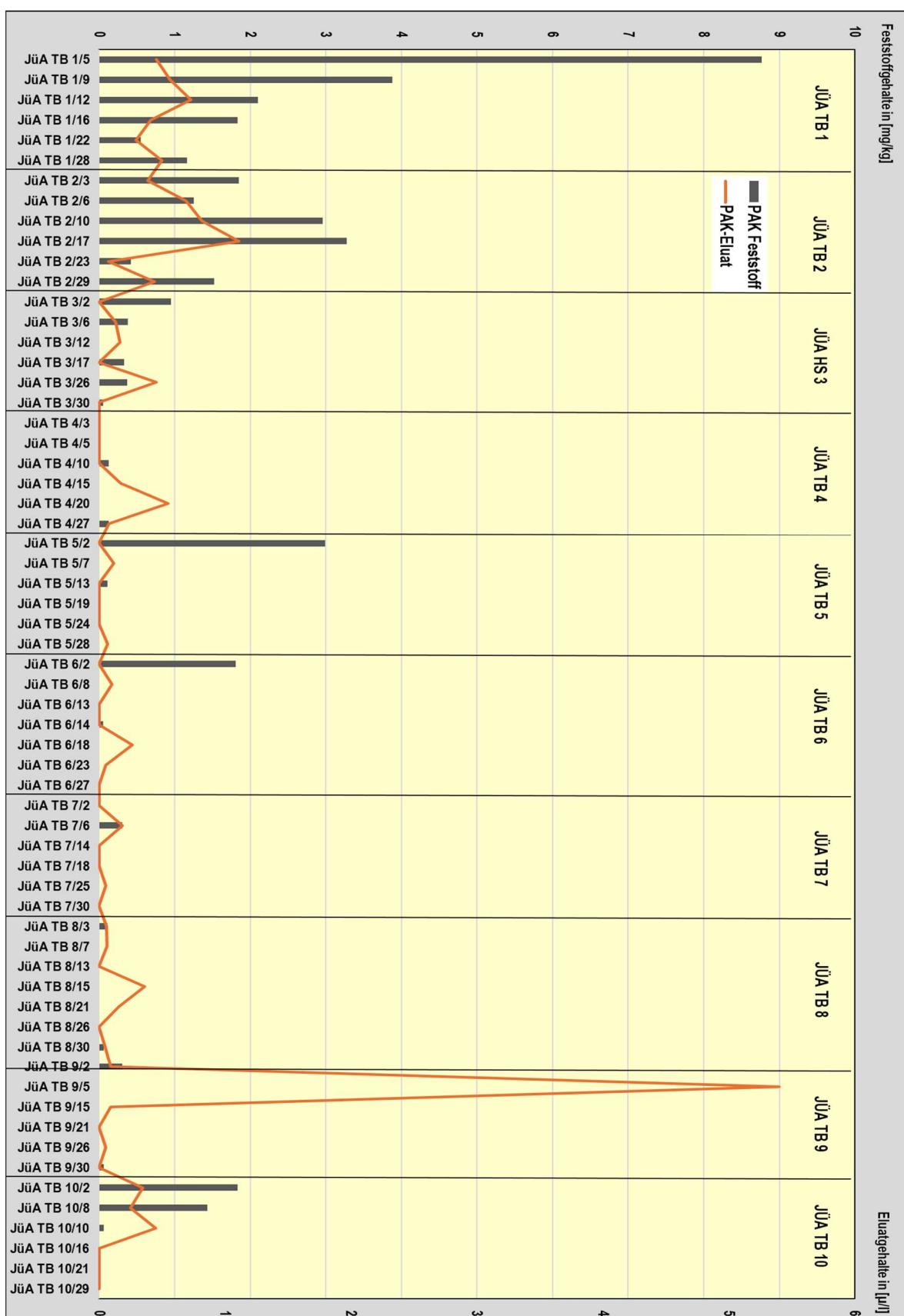


Abb. 5.15: PAK₁₆-Gehalte im Feststoff im Vergleich zu den PAK₁₅-Gehalten im 2:1-Eluat
gemessen an den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Jüchen Alt"

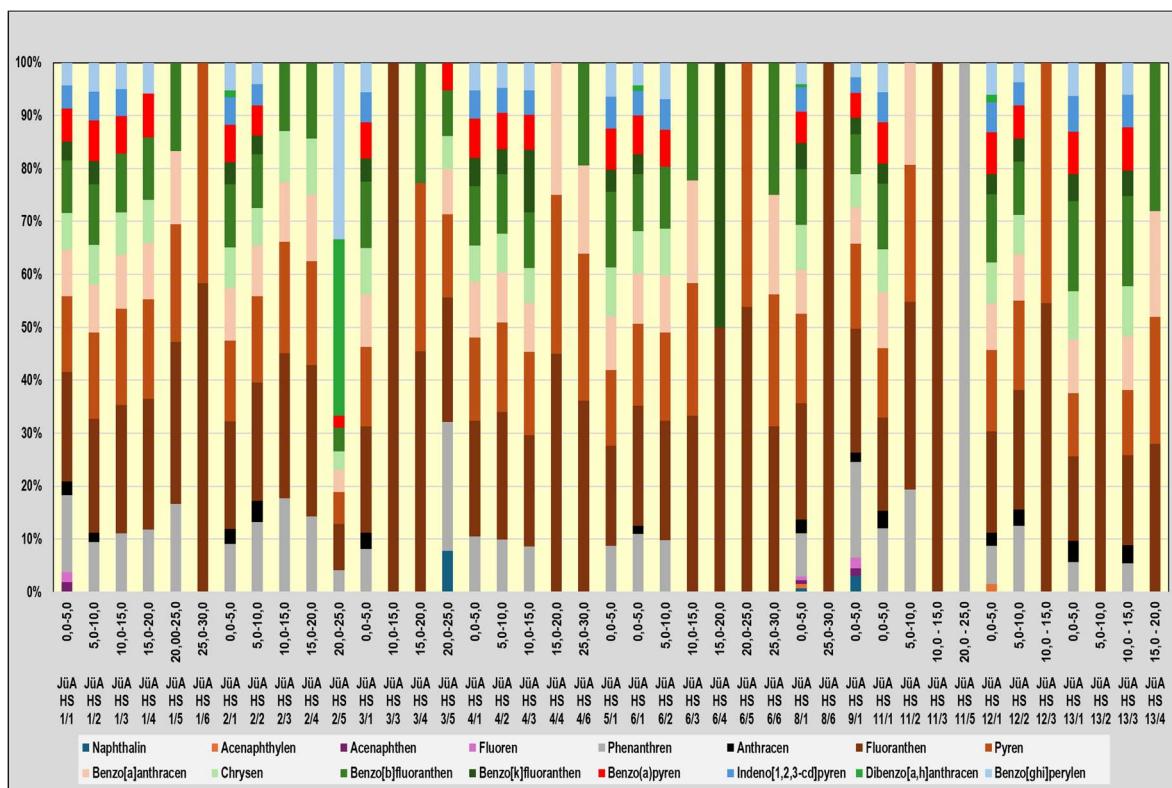


Abb. 5.16: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Mischproben aus den Hohlborschneckenbohrungen in "Jüchen Alt"

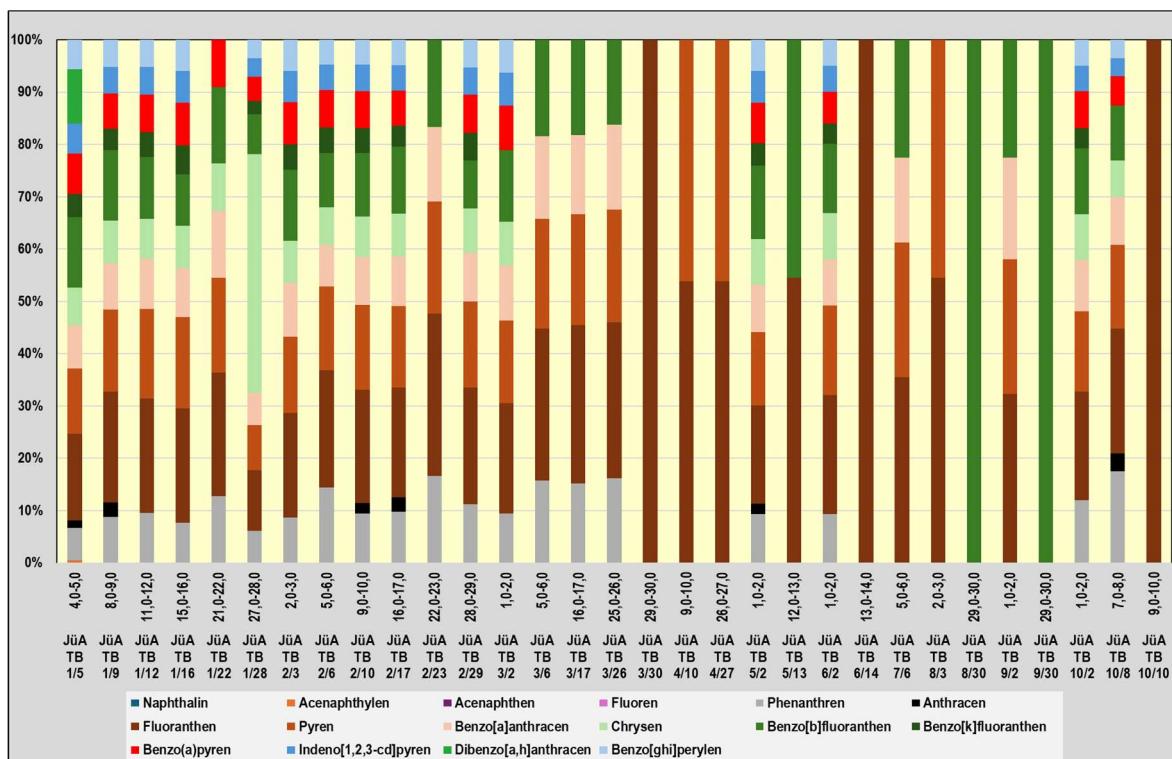


Abb. 5.17: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Jüchen Alt"



Die Verteilungsmuster der PAK in den 2:1-Eluaten sind in Abbildung 5.18 dargestellt. Im Eluat wurde immer wieder Naphthalin festgestellt, welches im Feststoff kaum nachgewiesen worden ist. Zudem wurden Acenaphthen, Penanthren, Fluoranthen und Pyren nachgewiesen. Die Verteilungsmuster sind im Eluat deutlich weniger einheitlich als im Feststoff, was im Wesentlichen auf die z.T. sehr kleinen Konzentrationen in den Eluaten zurückzuführen sein dürfte.



Abb. 5.18: PAK₁₆-Muster im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Jüchen Alt"

5.3.4.2 Kippstelle "Jüchen Neu"

Die nachfolgende Tabelle 5.6 lässt erkennen, dass bis auf die Gehalte an TOC, Zink und PAK₁₆ im Feststoff sowie Sulfat und PAK₁₅ im Eluat in allen Proben alle Grenzwerte mindestens vom 90%-Perzentil der Analysenergebnisse eingehalten werden. Überschreitungen der Grenzwerte sind also nur auf einzelne Ausreißer zurückzuführen.



Tab. 5.6: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Einzelproben aus den Hohlbohrschnecken in "Jüchen Neu"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Vorsorgewerte)			Prüfwerte
							Sand	Lehm / Schluff	Ton	
Feststoff	[mg/kg]	TOC	Ma.-%	0,4	1,1	1,0	1,9	2,1	1	-
		EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(1)*	-
		KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	-	-
		KW C10-C40		<40	42,1	40,0	46,0	55,0	-	-
		Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ PCB ₇		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,05	-
		Naphthalin		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
		Benzo(a)pyren		<0,05	0,2	0,1	0,5	0,8	0,3	-
		Σ PAK ₁₆ (EPA)		n.b.	3,3	1,1	8,2	10,8	3	-
		Arsen		3,1	7,9	8,7	11,7	12,7	10	20
		Blei		12	31,1	29,0	55,0	61,0	40	70
		Cadmium		<0,2	0,4	0,2	0,6	0,8	0,4	1
		Chrom ges.		15	27,3	29,0	35,6	38,0	30	60
		Kupfer		8	23,6	30,0	36,4	37,0	20	40
		Nickel		8	22,4	26,0	31,0	34,0	15	50
		Quecksilber		<0,07	0,07	0,1	0,08	0,09	0,2	0,3
		Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1
		Zink		31	101	90,0	196	208	60	150
		Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(3)*	-
Eluat (2:1-Schütteleluat)	[mg/l]	pH-Wert	[-]	7,2	7,9	8,0	8,3	8,5	-	-
		el. Leitf. (25°C)	[µS/cm]	386	663	609,0	862	1.170	-	-
		Chlorid		3,4	10,0	12,0	14,4	15,0	-	-
		Sulfat		94	251	210,0	390	540	-	250
		Cyanide _{ges.}		<0,005	0,007	0,005	0,010	0,011	-	0,05
		Cyanide _{leicht freisetzbar}		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,01
		Arsen		<0,001	0,003	0,003	0,005	0,005	-	0,01
		Blei		<0,0003	<0,001	<0,001	<0,0003	<0,0003	-	0,01
		Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	-	0,003
		Chrom ges.		<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,05
		Kupfer		<0,001	0,006	0,007	0,009	0,011	-	0,05
		Nickel		0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	-	0,02
		Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	0,001
		Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	-
		Zink		<0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	-	0,6
		Naphthalin	[µg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	2
		PAK ₁₅		0,235	0,47	0,34	0,76	0,99	-	0,2

* hilfsweise herangezogene Grenzwerte, vgl. Abschn. 5.3.1

Wie in den Mischproben trifft dies nicht auf den TOC zu. Der hier betrachtete Grenzwert von 1 Ma.-% wird vom 90%-Perzentil überschritten, im Mittel aber knapp eingehalten. Die erhöhten TOC-Werte lassen sich auch hier nicht eindeutig auf fremd angelieferte Böden zurückführen. Ein Zusammenhang mit den parallel abgelagerten Kippenböden ist wahrscheinlicher, da auch erhöhte Sulfat-Gehalte festgestellt worden sind. In den Abbildungen 5.19 und 5.20 sind der TOC-Gehalt im Feststoff und der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat für die Einzelproben dargestellt. Wie auch bei den Mischproben lassen die Darstellungen keine eindeutige Korrelation zwischen den Parametern erkennen.



Auch innerhalb der Bohrungen ist keine eindeutige Zu- oder Annahme für Sulfat von oben nach unten zu erkennen. Dagegen nehmen die TOC-Konzentrationen in der Bohrung JÜN HS 2 von oben nach unten ab, während sie in der Bohrung JÜN HS 3 eher von oben nach unten zunahmen.

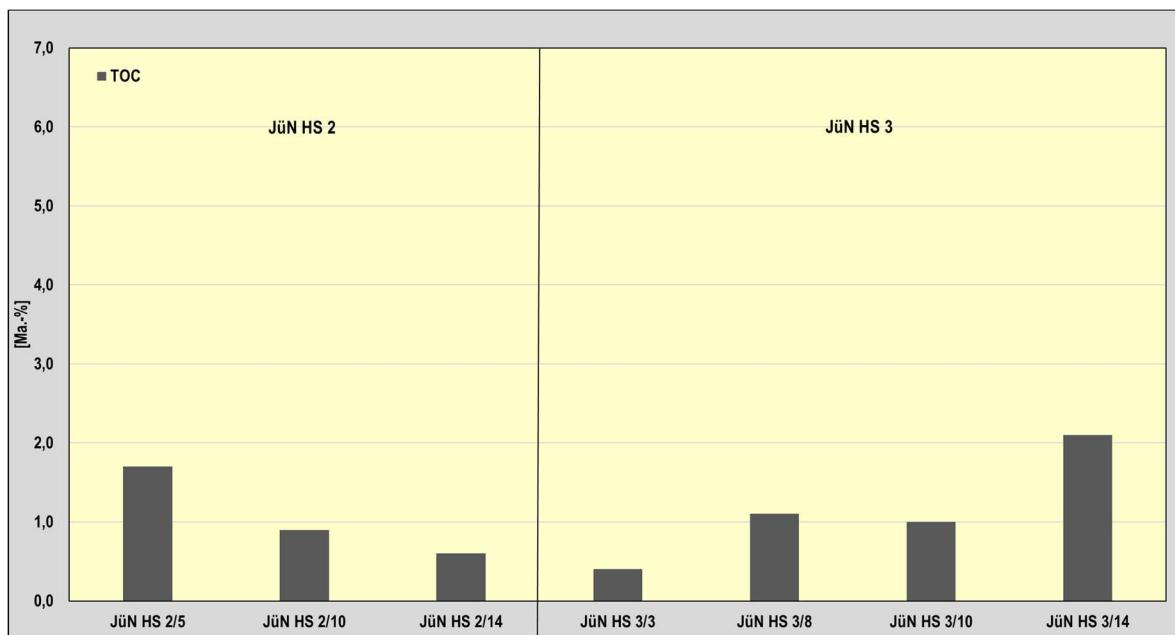


Abb. 5.19: TOC-Gehalte in den Einzelproben aus den Hohlbohrungen in "Jüchen Neu"

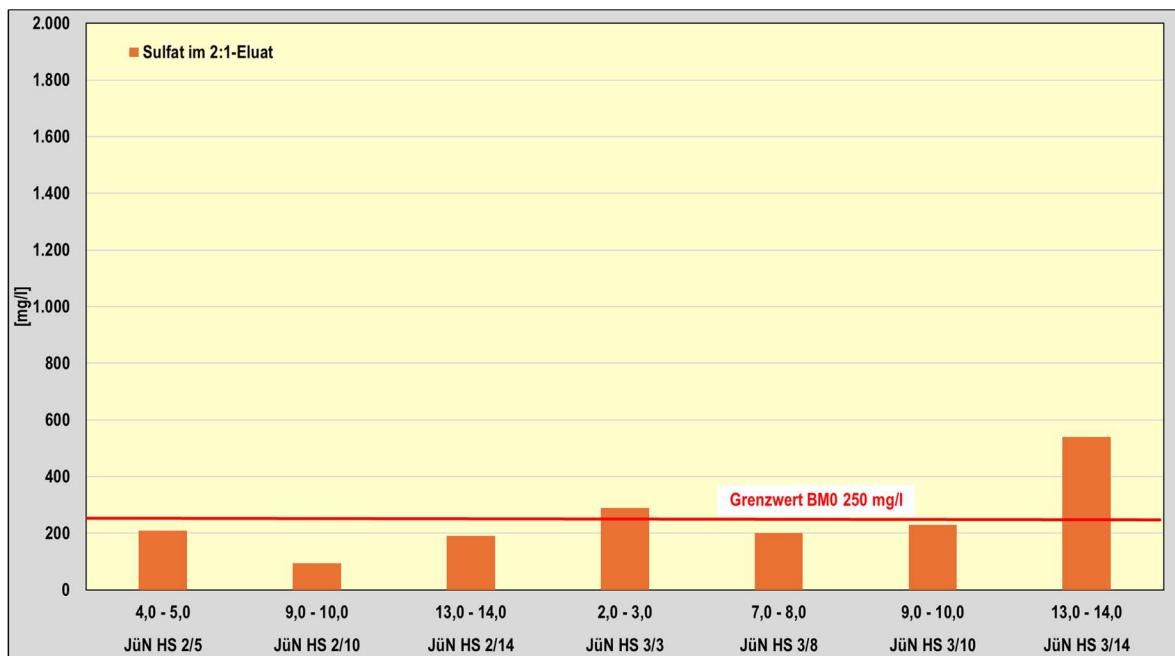


Abb. 5.20: Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Hohlbohrungen in "Jüchen Neu"



Die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat schwankten zwischen 94 und 540 mg/l. Das 90%-Perzentil überstieg den Grenzwert deutlich, der arithmetische Mittelwert überstieg ihn aber nur knapp, während der Median ihn knapp unterschritt.

Innerhalb der Bohrungen ist keine eindeutige Zunahme oder Abnahme von oben nach unten zu erkennen. Während in der Bohrung JüN HS 2 die höchsten Werte oberflächennah gemessen worden sind, war dies in den Bohrung JüN HS 3 bei der untersten Probe der Fall. Insgesamt war die Bohrung JüN HS 3 etwas höher belastet.

Auffällig war, dass in allen sieben Einzelproben die PAK₁₆-Gehalte im Eluat überschritten waren, wenngleich die Überschreitungen meist nur sehr gering waren. Die mittlere Konzentration im Feststoff betrug dabei nur 1,1 mg/kg. Aus den Ergebnissen lässt sich, wie bereits im vorherigen Abschnitt beschrieben, nicht herleiten, dass aus dem untersuchten Bodenmaterial heraus ein PAK-Eintrag in das Grundwasser stattfindet. Die erhöhten Eluat-Ergebnisse für PAK sind verfahrensbedingt. Daher korrelieren die Eluat- und die Feststoff-Gehalte auch nicht (Abb. 5.21).

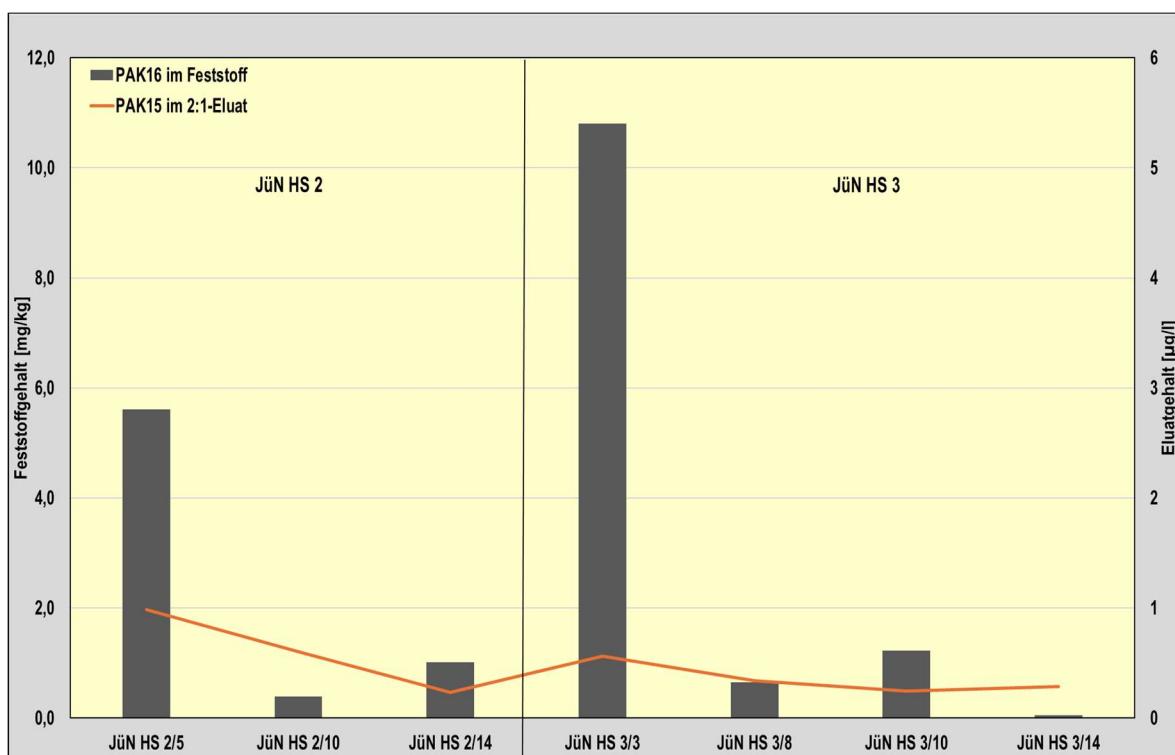


Abb. 5.21: PAK₁₆-Gehalte im Feststoff im Vergleich zu den PAK₁₅-Gehalten im 2:1-Eluat
gemessen an den Einzelproben aus den Bohrungen in "Jüchen Neu"



In den Abbildungen 5.22 und 5.23 sind die Verteilungsmuster der im Feststoff gemessenen PAK in den Misch- und den Einzelproben aus der Kippstelle "Jüchen Neu" dargestellt. Diese sind in den Misch- und den Einzelproben gut vergleichbar. Wie auch im Bodenmaterial aus der Kippstelle "Jüchen Alt" überwiegen die Komponenten Phenanthren, Fluoranthen, Pyren, Benzo[a]anthracen und Benzo[b]fluoranthen. Die Ähnlichkeit der Muster lässt auf eine einheitliche Quelle (hier: Braunkohle) schließen.

Die Verteilungsmuster der PAK in den 2:1-Eluaten sind in Abbildung 5.24 dargestellt. Hier überwiegen Acenaphthen, Penanthren, Fluoranthen und Pyren. Vereinzelt wurden Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen und Fluoren festgestellt. Die Verteilungsmuster sind hier weniger einheitlich als im Feststoff, was auf die z.T. sehr kleinen Konzentrationen in den Eluaten zurückzuführen sein dürfte.

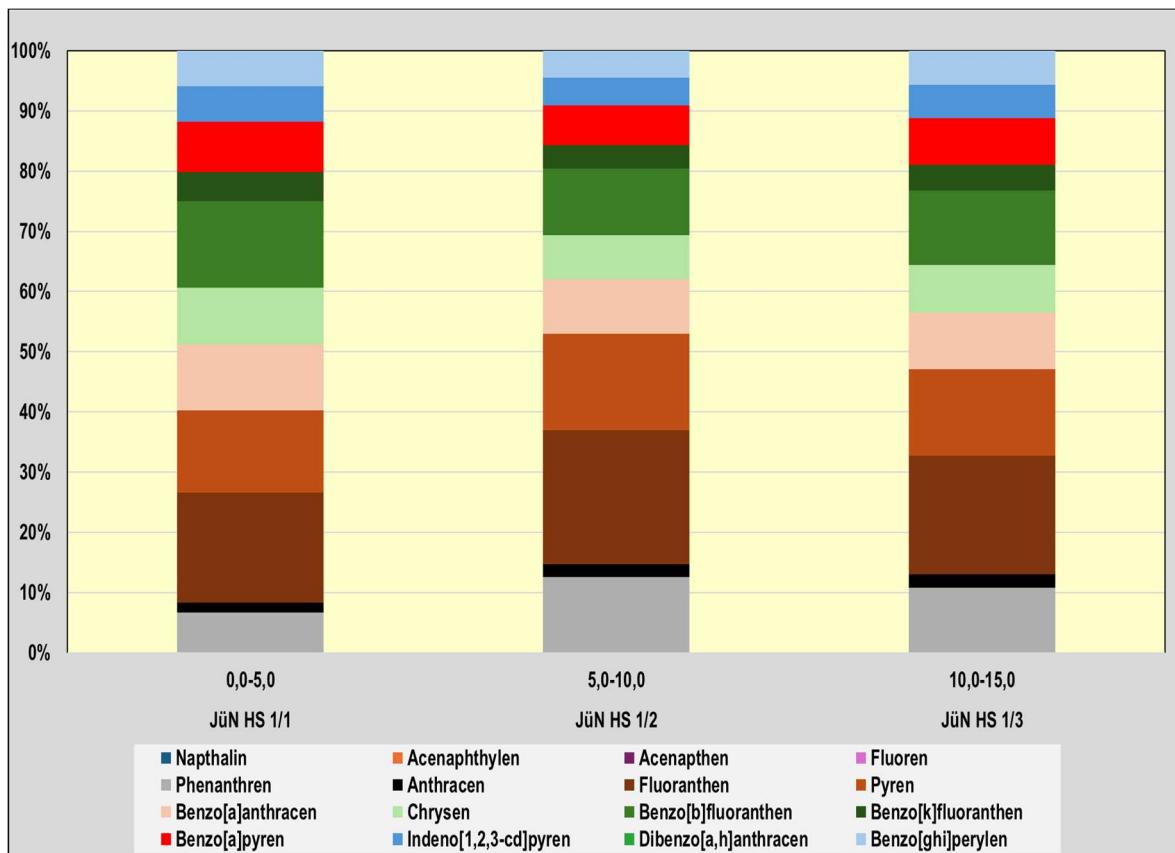


Abb. 5.22: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Mischproben aus den Hohlborschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"

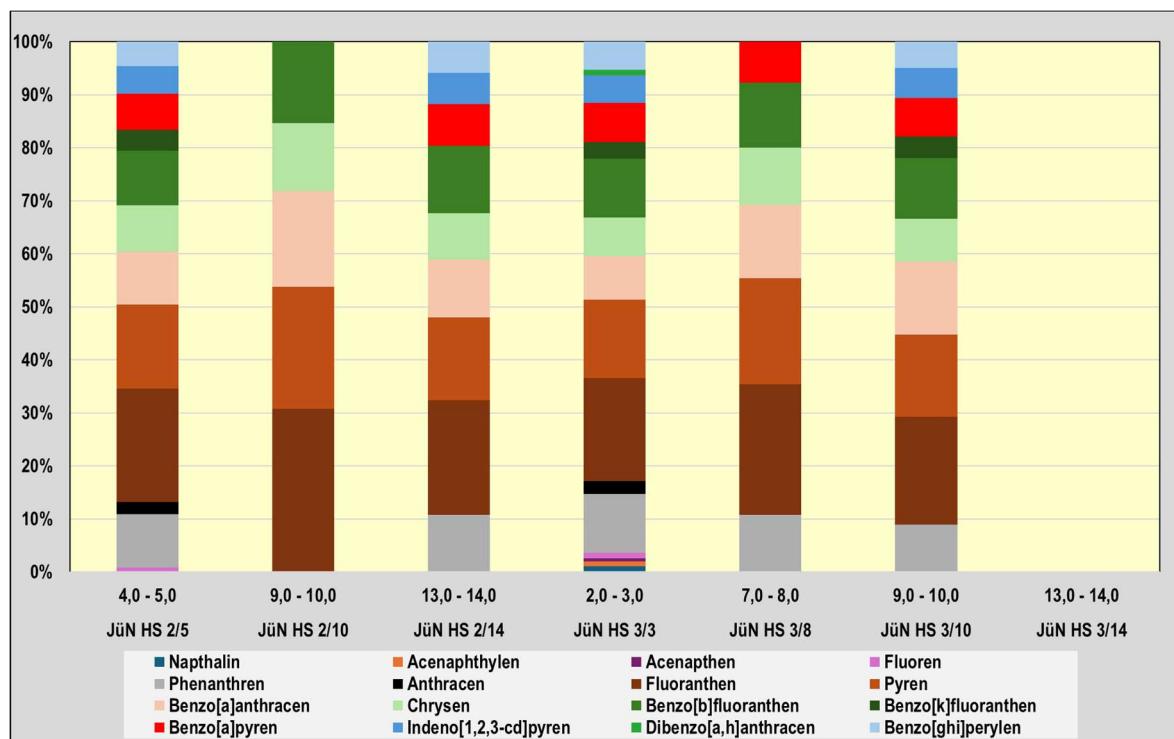


Abb. 5.23: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Einzelproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"

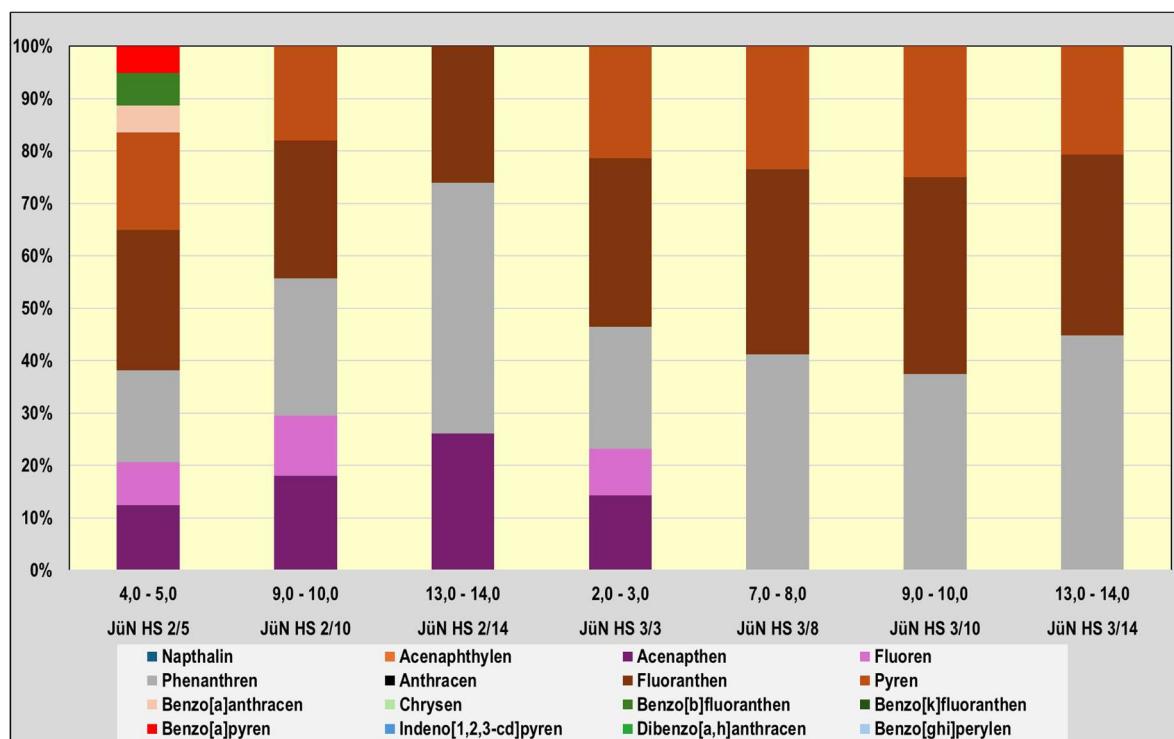


Abb. 5.24: PAK₁₆-Muster im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Hohlbohrschneckenbohrungen in "Jüchen Neu"



5.3.4.3 Kippstelle "Wanlo"

Die nachfolgende Tabelle lässt erkennen, dass die statistischen Kennzahlen der Analysenergebnisse aus der Kippstelle Wanlo denen aus den zuvor beschriebenen Kippstellen (Jüchen Alt, Jüchen Neu) ähneln. Bis auf die Gehalte an TOC und Sulfat, wenigen Schwermetallen und PAK₁₅ im Eluat werden die Bezugswerte mindestens vom 90%-Perzentil der Analysenergebnisse eingehalten. Überschreitungen dieser Werte sind wiederum nur auf einzelne Ausreißer zurückzuführen.

Tab. 5.7: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Wanlo"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Vorsorgewerte ¹⁾			Prüfwerte
							Sand	Lehm / Schluff	Ton	
Feststoff	[mg/kg]	TOC	Ma.-%	0,2	0,7	0,6	1,3	1,7	1	-
		EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(1)*	-
		KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	-	-
		KW C10-C40		<40	51,9	40,0	82,3	110,0	-	-
		Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*	-
		Σ PCB ₇		n.b.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	-
		Naphthalin		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
		Benzo(a)pyren		<0,05	0,08	0,1	0,18	0,20	0,3	-
		Σ PAK ₁₆ (EPA)		n.b.	1,5	1,7	2,7	3,0	3	-
		Arsen		1,5	5,1	4,1	8,2	9,9	10	20
		Blei		4	22	12,0	39	108	40	70
		Cadmium		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	1
		Chrom ges.		4	32	18,0	26	221	30	60
		Kupfer		<1	10	9,0	22	24	20	40
		Nickel		<1	20	13,5	24	113	15	50
		Quecksilber		<0,07	0,07	0,1	0,07	0,08	0,2	0,3
		Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1
		Zink		11	48	31,5	112	150	60	150
		Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(3)*	-
Eluat (2:1-Schütteleluat)	[mg/l]	pH-Wert	[-]	2,8	6,9	7,3	7,8	8,2	-	-
		el. Leitf. (25°C)	[µS/cm]	129	816	353,0	1.690	5.330	-	-
		Chlorid		1,2	5,2	4,4	11,0	12,0	-	-
		Sulfat		10	601	59,0	1.031	6.100	-	250
		Cyanide _{ges.}		<0,005	0,009	0,005	0,006	0,053	-	0,05
		Cyanide _{leicht freisetzbar}		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0,01
		Arsen		<0,001	0,004	0,0020	0,006	0,027	-	0,01
		Blei		<0,001	0,002	0,001	0,003	0,013	-	0,01
		Cadmium		<0,0003	0,0021	0,0003	0,0003	0,0249	-	0,003
		Chrom ges.		<0,001	0,032	0,001	0,003	0,424	-	0,05
		Kupfer		<0,001	0,008	0,0035	0,017	0,039	-	0,05
		Nickel		0,001	0,225	0,01	0,055	2,970	-	0,02
		Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	0,001
		Thallium		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	-
		Zink		<0,01	0,7	0,02	0,4	8,7	-	0,6
		Naphthalin		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	2
		PAK ₁₅		n.b.	0,25	0,14	0,57	1,16	-	0,2

*hilfsweise herangezogene Grenzwerte, vgl. Abschn. 5.3.1



Der TOC-Gehalt bildet wiederum eine Ausnahme. Der hier betrachtete Grenzwert von 1 Ma.-% wird vom 90%-Perzentil knapp überschritten, im Mittel aber eingehalten.

In den Abbildungen 5.25 und 5.26 sind der TOC-Gehalt im Feststoff und der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluate für die Einzelproben aus der Kippstelle "Wanlo" dargestellt. Wie auch bei den Mischproben ist keine eindeutige Korrelation zwischen den TOC-Gehalten und den Sulfat-Gehalten erkennen, was sich mit den Erkenntnissen aus den anderen Kippstellen deckt. Die TOC-Konzentrationen zeigten überwiegend in den oberen 4 bis 8 m u. GOK die höchsten Konzentrationen.

Die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat schwankten stark zwischen 10 und 6.100 mg/l. Das 90%-Perzentil überstieg den Grenzwert deutlich, der arithmetische Mittelwert überstieg ihn ebenfalls um mehr als das Doppelte. Der Median unterschritt der Grenzwert allerdings deutlich. Das macht deutlich, dass die statistischen Ergebnisse stark von zwei Ausreißerwerten beeinflusst sind. Innerhalb der Bohrungen ist keine eindeutige Zu- oder Annahme für Sulfat von oben nach unten zu erkennen. Nur in der Bohrung Wa TB 3 ist eine extreme Zunahme der Sulfat-Konzentration von 120 mg/l (4 - 5 m u. GOK) über 1.400 µg/l (9 - 10 m u. GOK) bis auf 6.100 µg/l (16 - 17 m u. GOK) zur Tiefe hin erkennbar.

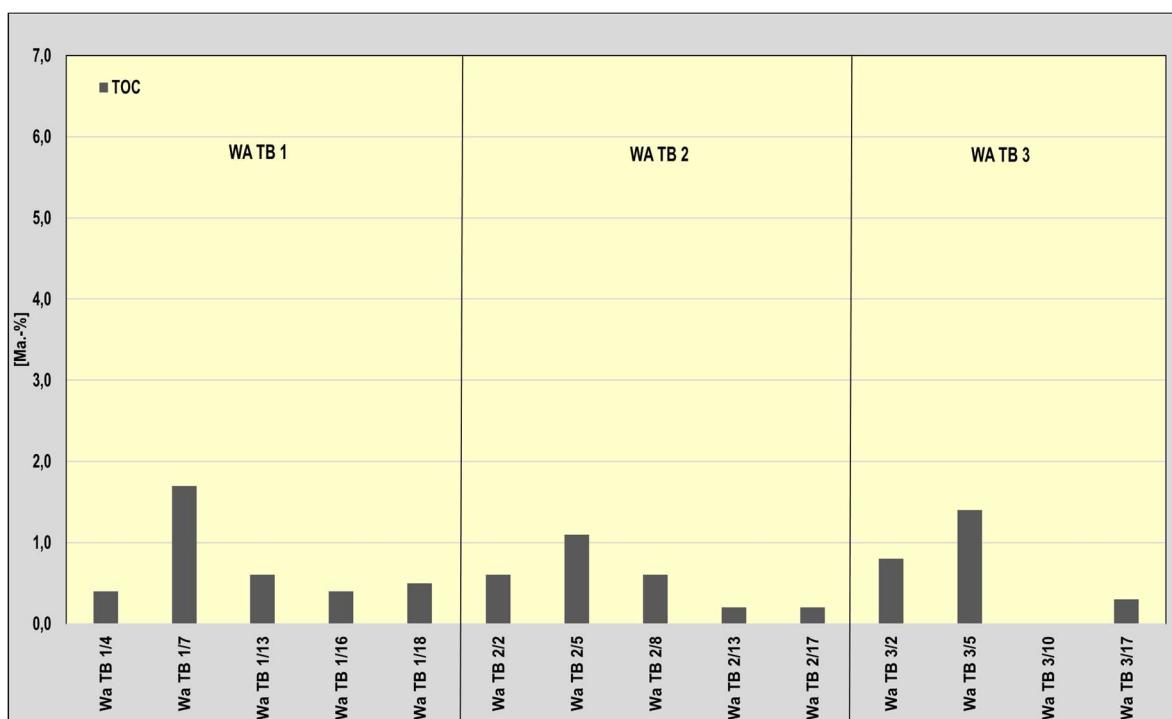


Abb. 5.25: TOC-Gehalte in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren in "Wanlo"

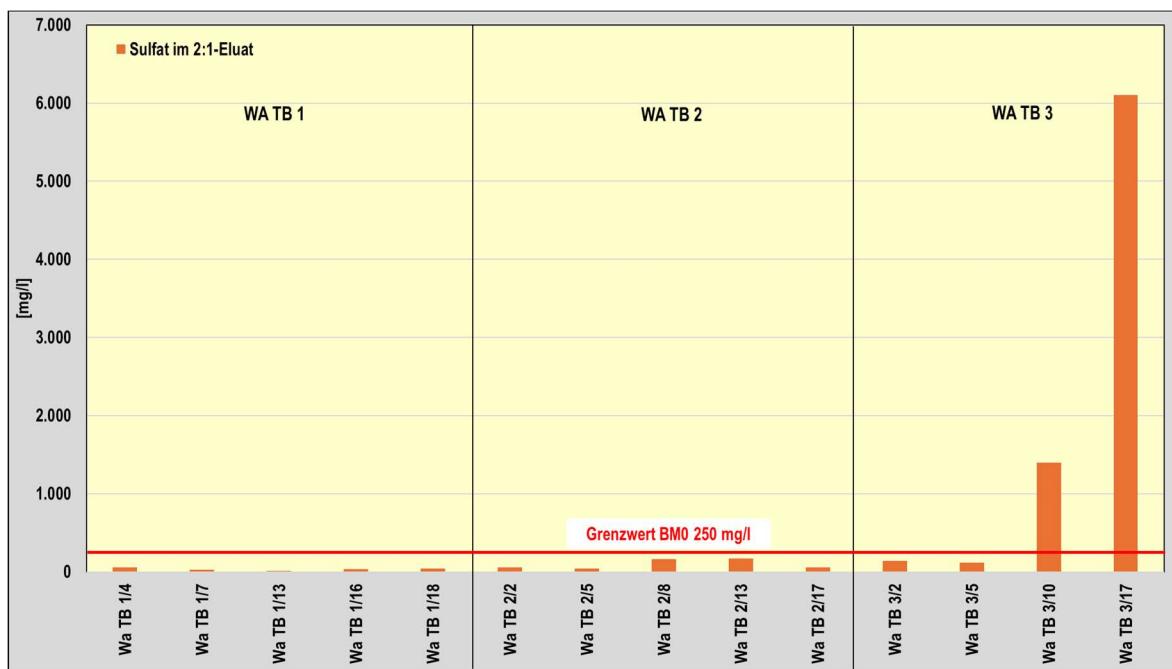


Abb. 5.26: Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren in "Wanlo"

Auch bei den Einzelproben aus der Kippstelle Wanlo wurden trotz geringer Feststoffgehalte in fünf Einzelproben PAK₁₅-Gehalte im Eluat oberhalb des Prüfwertes festgestellt. Eine Korrelation der Eluat- und Feststoff-Gehalte lag wiederum nicht vor (Abb. 5.27).

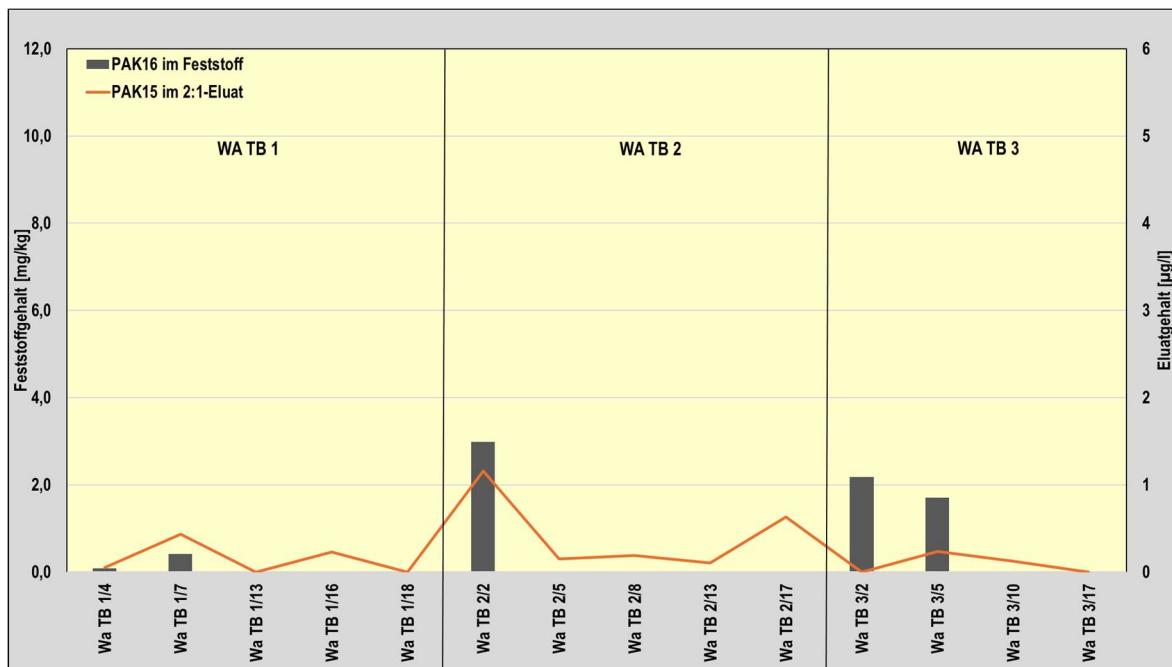


Abb. 5.27: PAK₁₆-Gehalte im Feststoff im Vergleich zu den PAK₁₅-Gehalten im 2:1-Eluat gemessen an den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Wanlo"



Die Verteilungsmuster der PAK im Feststoff in den Misch- und den Einzelproben sind wie erwartet relativ einheitlich, was auf nur eine Quelle der PAK schließen lässt (Abb. 5.28 u. 5.29). Es überwiegen wie in der Kippstellen "Jüchen Alt" und "Jüchen Neu" die Komponenten Phenanthren, Fluoranthen, Pyren, Benzo[a]anthracen und Benzo[b]fluoranthen.

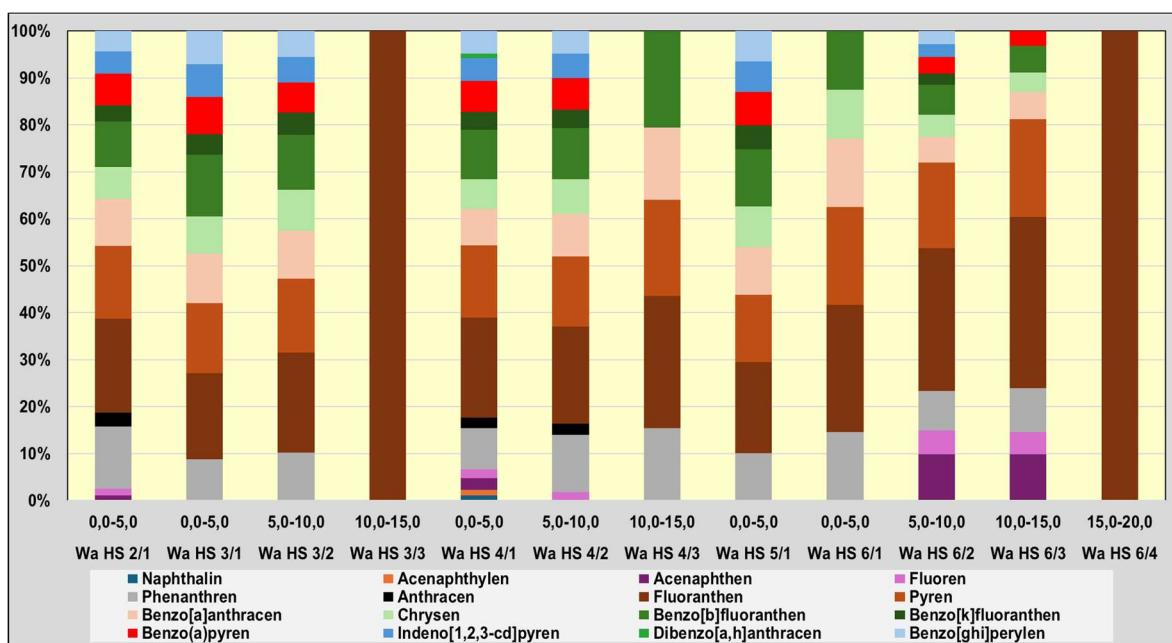


Abb. 5.28: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Mischproben aus den Hohlborschneckenbohrungen in "Wanlo"

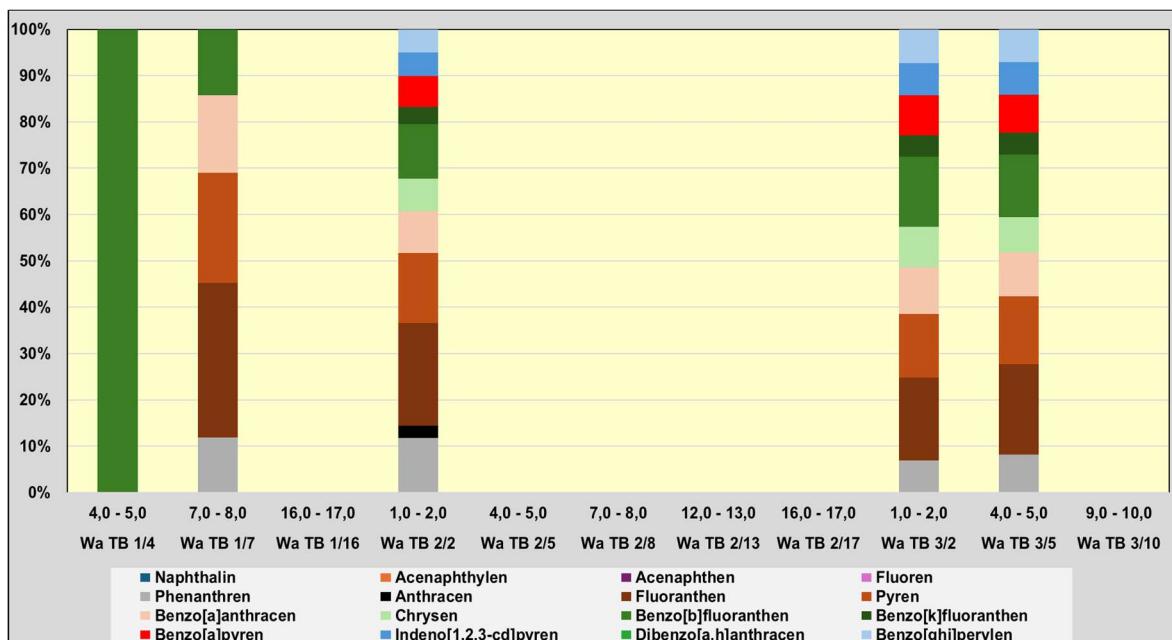


Abb. 5.29: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Wanlo"



Die Verteilungsmuster der PAK in den 2:1-Eluaten sind in Abbildung 5.30 dargestellt. Hier überwiegen Acenapthen, Fluoren, Penanthren und Fluoranthen. Vereinzelt wurden Pyren, Benzo[b]fluoranthen und Anthracen festgestellt. Die Muster sind aufgrund der generell geringen Konzentrationen auch hier weniger einheitlich als im Feststoff (vgl. Abb. 5.29).

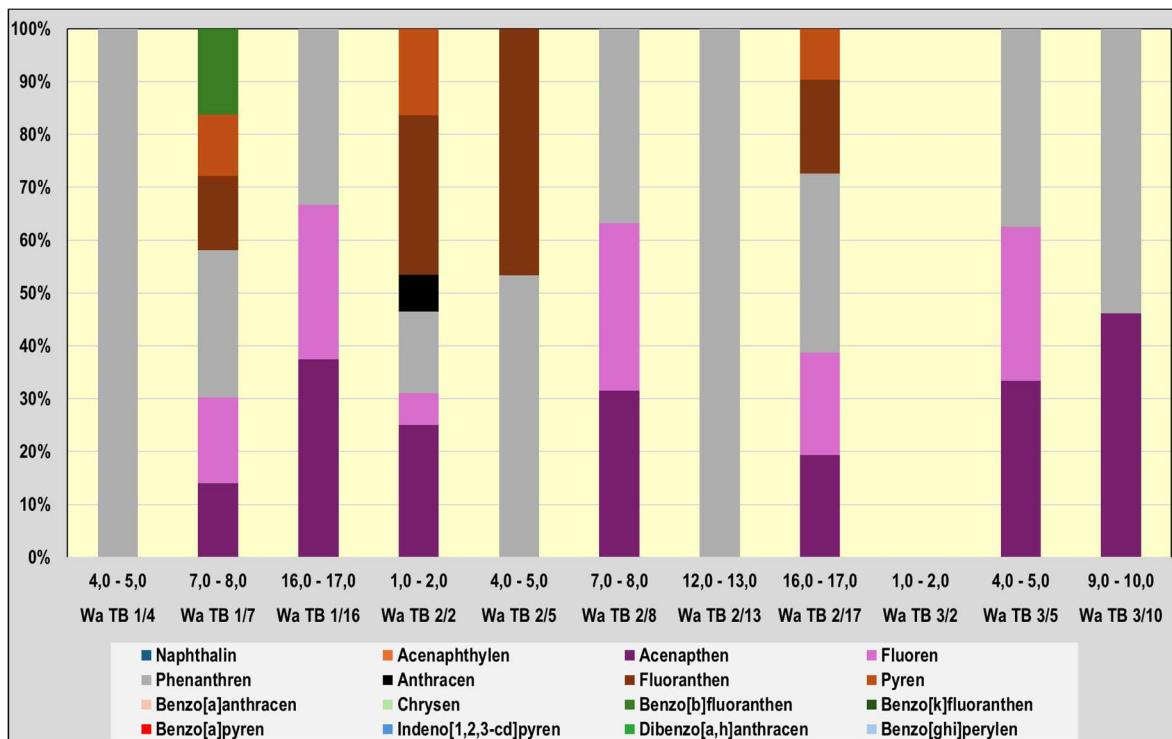


Abb. 5.30: PAK₁₆-Muster im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Trockenbohrungen in "Wanlo"

5.3.4.4 Kippstelle "Pösenberg"

In den aus der Kippstelle Pösenberg untersuchten Proben unterschreiten bis auf die Gehalte an Kupfer im Feststoff und PAK₁₅ im Eluat mindestens die 90%-Perzentile die entsprechenden Bezugswerte (Tab. 5.8). Erhöhte Maximalwerte sind als Ausreißer zu werten.

Anders als im Bereich der übrigen Kippstellen halten die 90%-Perzentile des TOC- und des Sulfat-Gehaltes knapp die Bezugswerte von 1 Ma.-% bzw. 250 mg/l ein. Die Beobachtung lässt darauf schließen, dass hier weniger tagebaueigenes Bodenmaterial abgelagert worden ist.



Tab. 5.8: Statistische Auswertung der Messergebnisse an den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"

Parameter	Einheit	MIN	arithm. Mittel	Median	90%-Perzentil	MAX	Vorsorgewerte)			Prüfwerte
							Sand	Lehm / Schluff	Ton	
Feststoff	TOC	Ma.-%	0,2	0,7	0,6	1,0	1,4	1		-
	EOX		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(1)*		-
	KW C10-C22		<40	<40	<40	<40	<40	-		-
	KW C10-C40		<40	<40	<40	<40	<40	-		-
	Σ BTEX		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*		-
	Σ LHKW		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	(1)*		-
	Σ PCB ₇		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,05		-
	Naphthalin		<0,05	0,08	0,1	0,08	0,08	-		-
	Benzo(a)pyren		<0,05	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3		-
	Σ PAK ₁₆ (EPA)		n.b.	1,3	1,5	2,1	2,4	3		-
	Arsen	[mg/kg]	5,3	7,2	7,3	8,8	9,2	10	20	20
	Blei		9	28,4	28,5	39,5	44,0	40	70	100
	Cadmium		<0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	1	1,5
	Chrom ges.		15	22	23,0	25	26	30	60	100
	Kupfer		13	83	21,5	93	620	20	40	60
	Nickel		16	28	28,5	33	40	15	50	70
	Quecksilber		0,07	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
	Thallium		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1	1
	Zink		47	80	88,0	100	105	60	150	200
	Cyanid, ges.		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	(3)*		-
Eluat (2:1-Schütteleluat)	pH-Wert	[-]	7,5	8,0	8,0	8,2	8,5	-		-
	el. Leitf. (25°C)	[μ S/cm]	186	384	380,0	486	583	-		-
	Chlorid		2,2	8	8,6	11	11	-		-
	Sulfat		16	106	95,0	149	320	-		250
	Cyanide _{ges.}		<0,005	0,005	0,01	0,005	0,007	-		0,05
	Cyanide _{leicht freisetzbar}		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-		0,01
	Arsen		<0,001	0,002	0,002	0,004	0,005	-		0,01
	Blei		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-		0,01
	Cadmium		<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	-		0,003
	Chrom ges.		<0,001	0,003	0,001	0,003	0,004	-		0,05
	Kupfer		0,001	0,004	0,004	0,005	0,007	-		0,05
	Nickel		<0,001	0,002	0,001	0,003	0,003	-		0,02
	Quecksilber		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-		0,001
	Thallium		<0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	-		-
	Zink		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-		0,6
	Naphthalin	[μ g/l]	<0,05	0,08	0,1	0,08	0,08	-		2
	PAK ₁₅		n.b.	0,44	0,07	1,3	2,1	-		0,2

*hilfsweise herangezogene Grenzwerte, vgl. Abschn. 5.3.1

In den Abbildungen 5.31 und 5.32 sind wiederum der TOC-Gehalt im Feststoff und der Sulfat-Gehalt im 2:1-Eluat der aus der Kippstelle "Pösenberg" stammenden Einzelproben dargestellt. Auch an diesem Standort ergibt sich keine eindeutige Korrelation.

Die Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat schwankten zwischen 16 und 320 mg/l. Lediglich der in der Probe Schurf 4/2 gemessene Maximalwert überschritt knapp den Bezugswert.

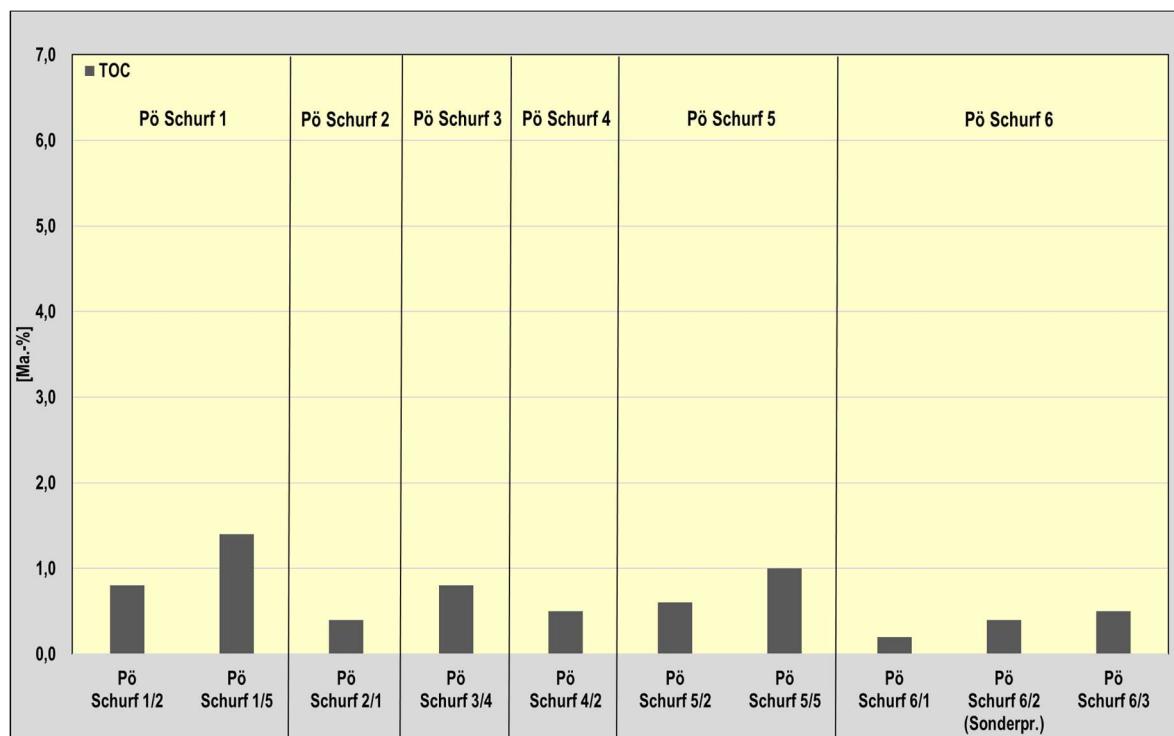


Abb. 5.31: TOC-Gehalte in den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"

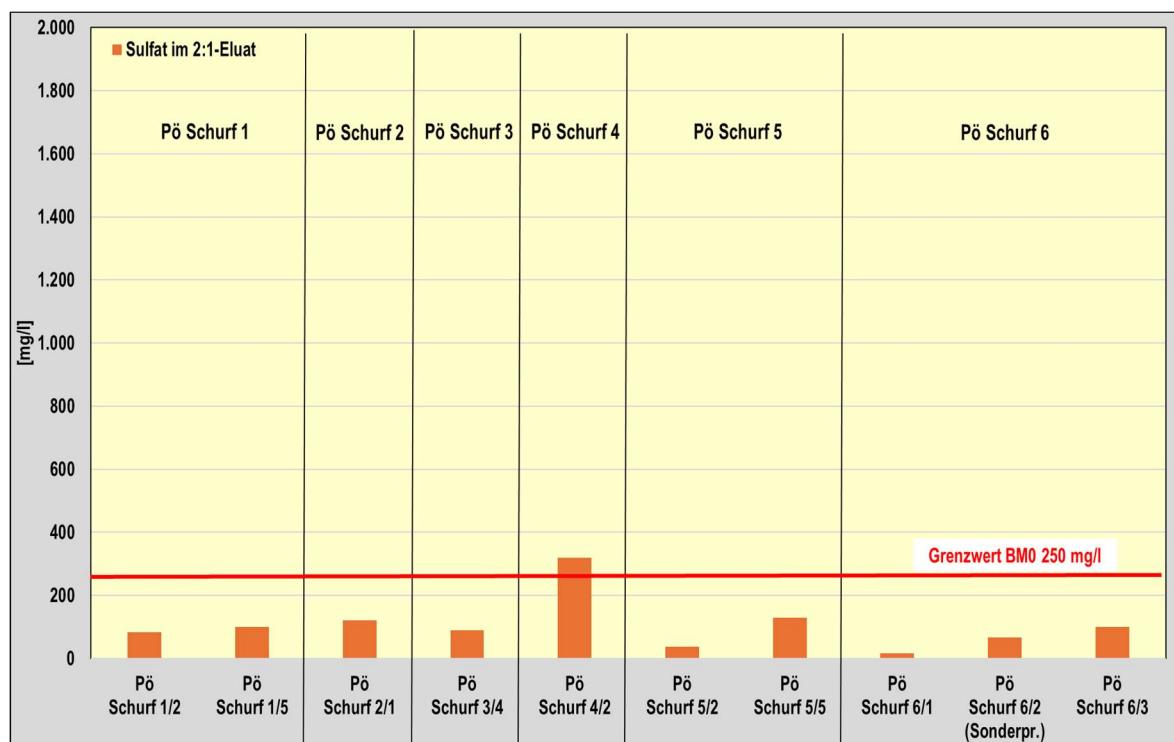


Abb. 5.32: Sulfat-Gehalte im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"



Auch bei dieser Kippstelle waren in drei Einzelproben die PAK₁₅-Gehalte im 2:1-Eluat trotz geringer Feststoffgehalte überschritten. Die maximale Konzentration im Feststoff betrug nur 2,4 mg/kg und lag damit unterhalb des Vorsorgewertes. Aus den Ergebnissen lässt sich, wie bereits im vorherigen Abschnitt beschrieben, nicht herleiten, dass aus dem untersuchten Bodenmaterial heraus ein PAK-Eintrag in das Grundwasser stattfindet. Eine Korrelation der Eluat- und Feststoff-Gehalte ist nicht gegeben (Abb. 5.33).

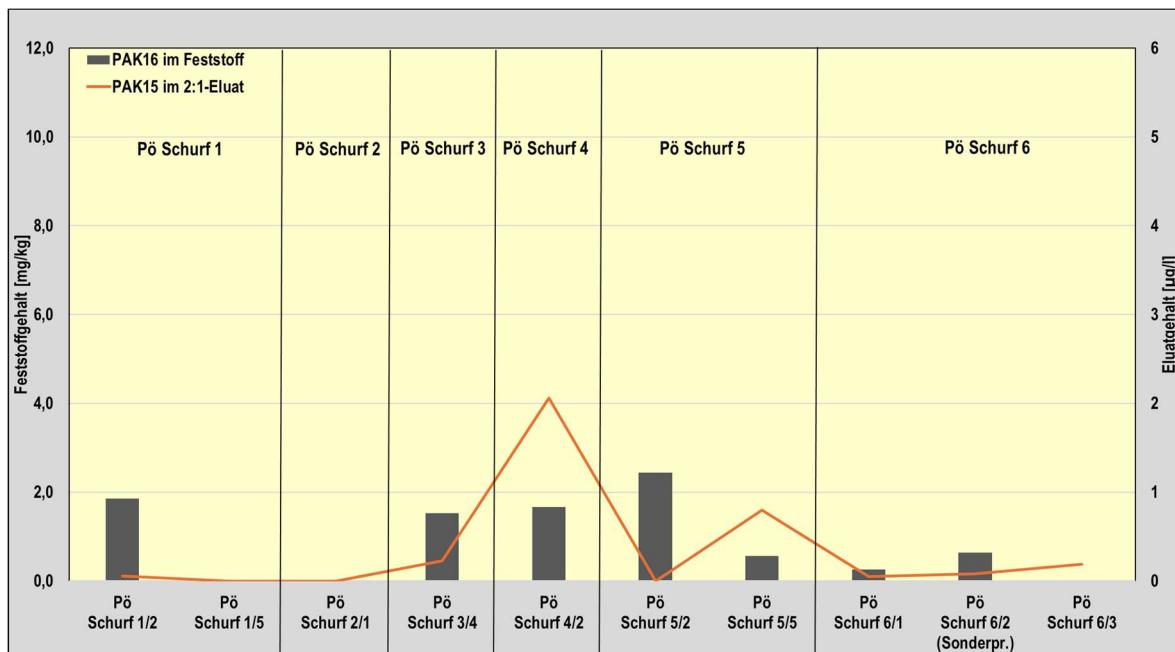


Abb. 5.33: PAK₁₆-Gehalte im Feststoff im Vergleich zu den PAK₁₅-Gehalten im 2:1-Eluat
gemessen an den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"

In den Abbildungen 5.34 und 5.35 sind die Verteilungsmuster der PAK in den Misch- und den Einzelproben für die Kippstelle "Pösenberg" dargestellt, die auch hier sehr ähnlich sind und auf eine einheitliche Quelle schließen lassen. Es überwiegen, wie bereits in der Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu" und "Wanlo" die Komponenten Phenanthren, Fluoranthren, Pyren, Benzo[a]anthracen und Benzo[b]fluoranthren.

Die Verteilungsmuster der PAK in den 2:1-Eluaten sind in Abbildung 5.36 dargestellt. Hier überwiegen Penanthren, Acenapthen und Fluoranthren. Vereinzelt wurden Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Pyren, Benzo[b]fluoranthren, Chrysene, Benzo[a]anthracen und Anthracen festgestellt. Die Verteilungsmuster sind aufgrund der generell geringen Konzentrationen wie erwartet weniger einheitlich als im Feststoff (vgl. Abb. 5.36).

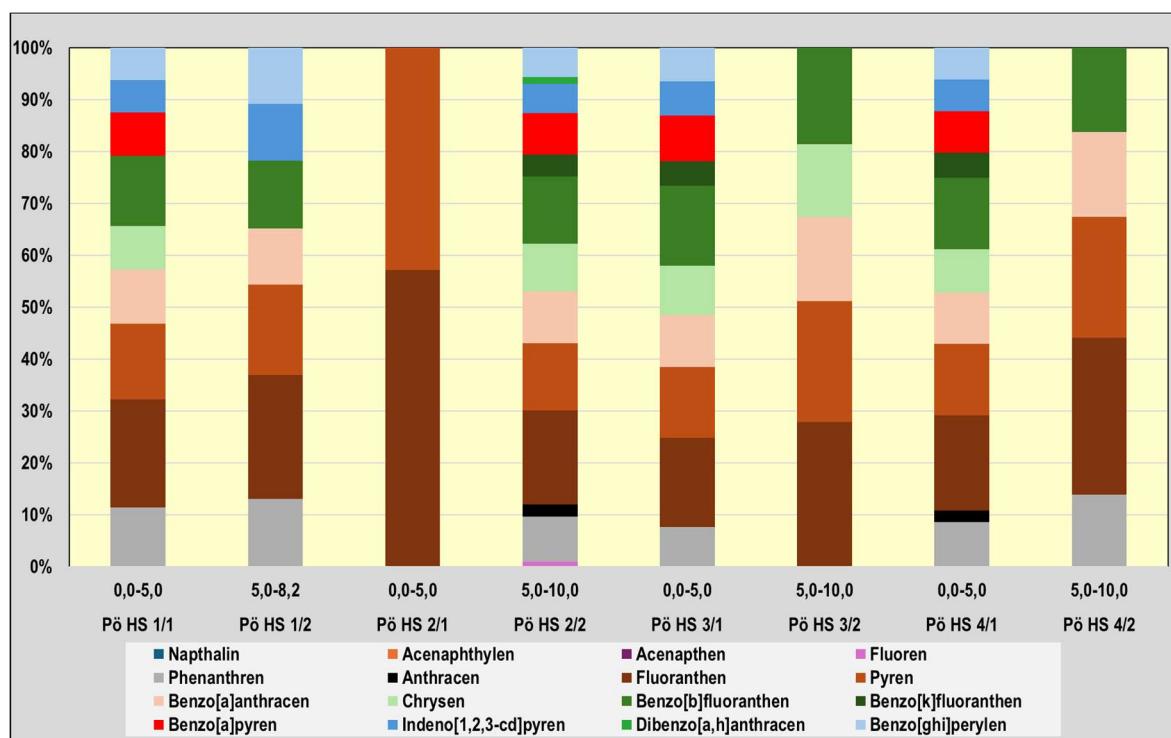


Abb. 5.34: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Mischproben aus den Hohlborschneckenbohrungen in "Pösenberg"

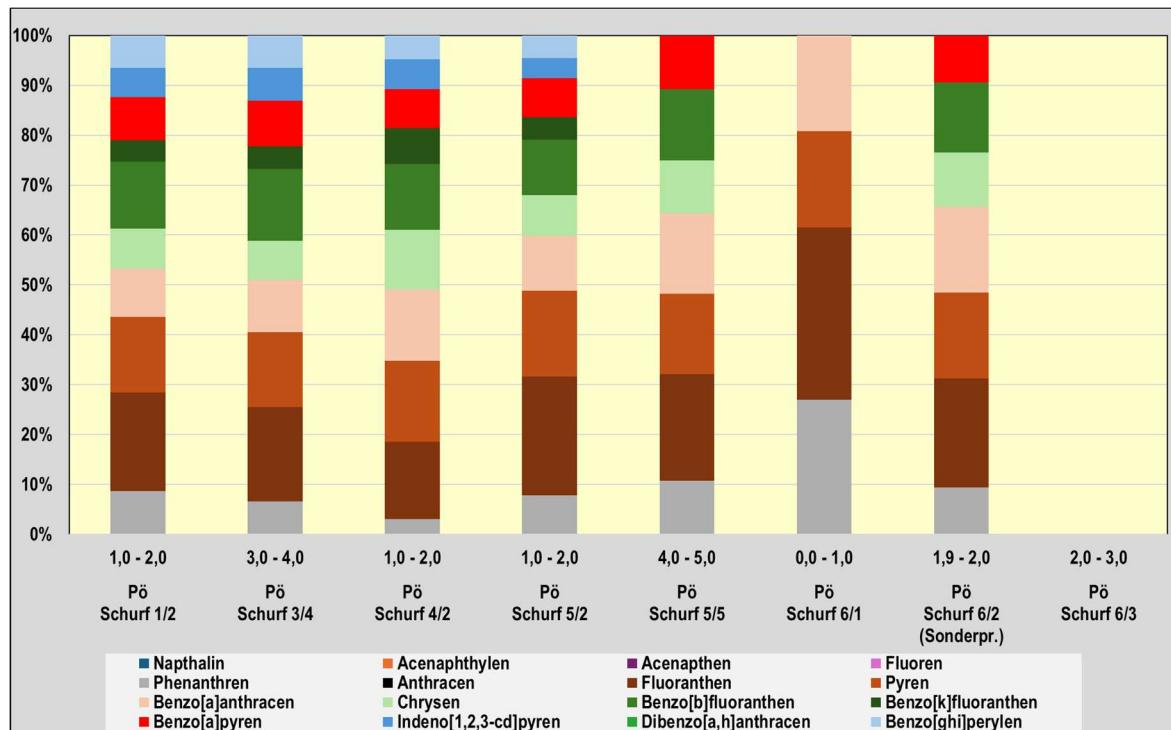


Abb. 5.35: PAK₁₆-Muster im Feststoff in den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"

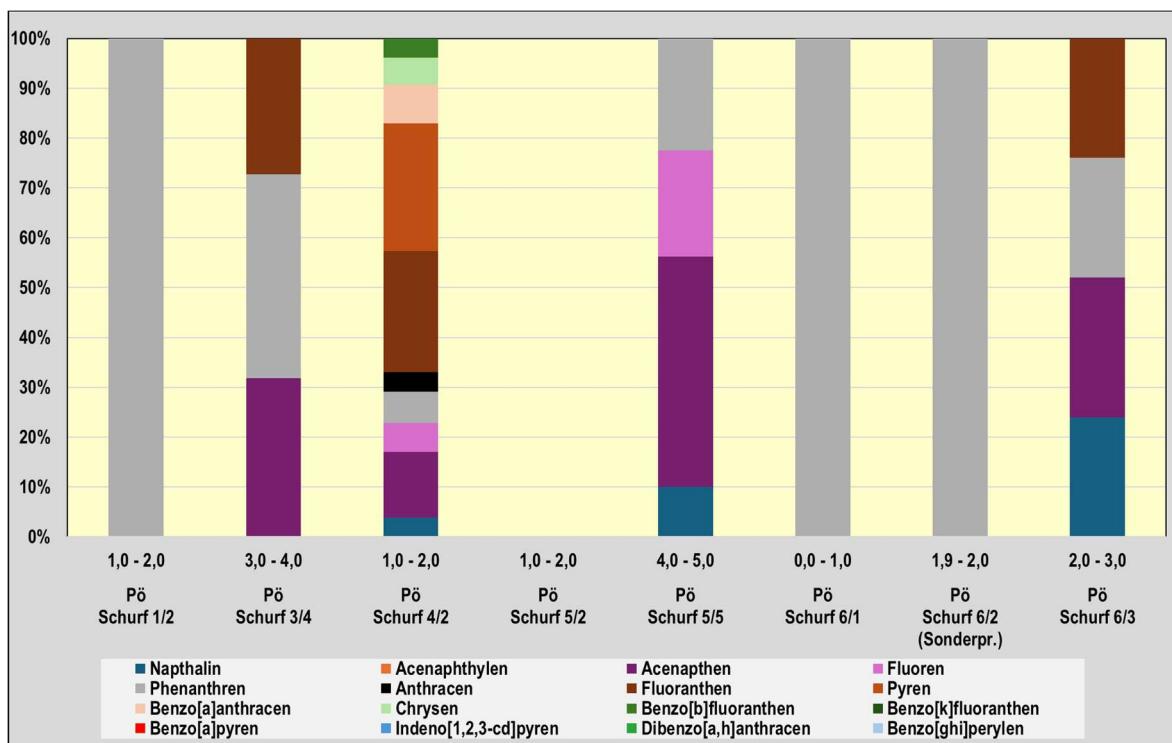


Abb. 5.36: PAK₁₆-Muster im 2:1-Eluat in den Einzelproben aus den Schürfen in "Pösenberg"

6 Zusammenfassende Bewertung

6.1 Rechtliche Anforderungen

Für die in Rede stehenden Kippstellen "Jüchen Alt", "Jüchen Neu", "Wanlo" und "Pösenberg" ist nicht auszuschließen, dass im fraglichen Zeitraum Schadstoffe durch die Ablagerung von Bodenmaterial mit erhöhten Schadstoffgehalten in den Untergrund gelangt sind. Die Menge dieser Böden sowie Art und Umfang der Belastungen sind aber nicht bekannt.

Oberstes Ziel der Untersuchungen war es festzustellen, ob und inwieweit durch ggf. unrechtmäßig abgelagertes Bodenmaterial auf den genannten Kippstellen Gefahren für die Umwelt hervorgerufen worden sein könnten oder in Zukunft ausgehen könnten. Auch wenn bei unrechtmäßiger Verwertung von Böden in einem Tagebaubereich abfallrechtliche Belege betroffen wären, sind für die Beantwortung dieser Frage letztlich bodenschutzrechtliche Maßstäbe anzulegen.

Hiernach gilt, bestehen Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung, sollen die Verdachtsflächen zunächst einer orientierenden Untersuchung nach § 12



BBodSchV unterzogen werden (§ 10 Absatz 3 BBodSchV). Ein solcher Anhaltspunkt resultiert behördlicherseits aus der Vermutung, dass belastete Böden im Tagebau abgekippt und somit in den Untergrund gelangt sein könnten.

Gemäß § 12 Absatz 1 BBodSchV ist das Ziel einer orientierenden Untersuchung mit Hilfe örtlicher Untersuchungen, insbesondere Messungen, festzustellen, ob ein hinreichender Verdacht für das Vorliegen einer Altlast oder einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Wird bei Untersuchungen für den Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser ein Prüfwert nach Anlage 2 Tabelle 1 oder 3 BBodSchV am Ort der Probennahme überschritten, soll durch eine Sickerwasserprognose abgeschätzt werden, ob zu erwarten ist, dass die Konzentration dieses Schadstoffs im Sickerwasser am Ort der Beurteilung den Prüfwert nach Anlage 2 Tabelle 2 oder 3 übersteigen wird (§ 12 Absatz 3 BBodSchV).

Eine Sickerwasserprognose ist gemäß § 2 BBodSchV eine Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Ort der Beurteilung.

6.2 Untersuchungsrahmen

Für eine erste Charakterisierung der in den besagten Kippstellen im Zeitraum 01.01.2021 bis 31.08.2024 abgelagerten Bodenmaterialien wurden stichprobenhaft Mischproben mit Hilfe von insgesamt 24 Bohrungen mit der Hohlbohrschnecke ("Jüchen Alt": 13 Bohrungen; "Jüchen Neu": 1 Bohrung; "Wanlo": 6 Bohrungen; "Pösenberg": 4 Bohrungen) gewonnen. Zusätzlich wurden Einzelproben mit Hilfe von insgesamt 13 Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren ("Jüchen Alt": 10 Bohrungen; "Wanlo": 3 Bohrungen) bzw. zwei ersatzweise durchgeführten Hohlbohrschneckenbohrungen ("Jüchen Neu") und sechs Baggerschürfen ("Pösenberg") entnommen.

Aus dem Bohrgut bzw. den Schürfen wurden insgesamt 111 Mischproben ("Jüchen Alt": 76 Proben; "Jüchen Neu": 3 Proben; "Wanlo": 24 Proben; "Pösenberg": 8 Proben) und 418 Einzelproben ("Jüchen Alt": 298 Proben; "Jüchen Neu": 30 Proben; "Wanlo": 61 Proben; "Pösenberg": 29 Proben) entnommen. Alle Mischproben sowie 93 ausgewählte Einzelproben ("Jüchen Alt": 62 Proben; "Jüchen Neu": 7 Proben; "Wanlo": 14 Proben; "Pösenberg":



10 Proben) wurden nach einem zuvor im Kreis der Beteiligten abgestimmten Untersuchungsprogramm chemisch analysiert.

Die Untersuchungen umfassten sowohl Feststoff- wie auch Eluat-Analysen. Dabei kamen das 10:1-Eluat und das 2:1-Eluat zur Anwendung. Während mit Hilfe des 10:1-Eluates die Einhaltung der für die Bodenverwertung aktuell zugelassenen Belastungsobergrenzen im Eluat nachzuweisen sind, sind 2:1-Eluate Grundlage für die bodenschutzrechtliche Gefahrenfeststellung.

6.3 Stoffinventar

Das Stoffinventar innerhalb der Kippstellen lässt sich anhand der Feststoffuntersuchungen beschreiben. Maßstäbe für die Einordnung der gemessenen Feststoffgehalte gibt die BBodSchV vor. Gemäß § 8 Absatz 2 BBodSchV ist beim Auf- oder Einbringen von Materialien unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht eine schädliche Bodenveränderung im Sinne von § 6 Absatz 2 BBodSchV aufgrund von Schadstoffgehalten nicht zu besorgen, wenn die Materialien die Vorsorgewerte nach Anlage 1 Tabelle 1 und 2 BBodSchV einhalten oder nach Anlage 1 Tabelle 3 EBV als Bodenmaterial der Klasse 0 oder Baggergut der Klasse 0 Sand (BM-0 oder BG-0 Sand) klassifiziert wurden und auf Grund von Herkunft und bisheriger Nutzung keine Hinweise auf weitere Belastungen der Materialien vorliegen.

Die Grenzwerte Z0 gemäß [4], die Vorsorgewerte gemäß [5] sowie die Grenzwerte für Bodenmaterial BM-0 gemäß [6] sind bis auf wenige Abweichungen deckungsgleich. Wie die Ausführungen in den Abschnitten 5.2.4 und 5.3.4 erkennen lassen, werden diese Grenzwerte - bis auf wenige Ausnahmen - von über 90 % aller untersuchten Proben eingehalten.

Davon ausgenommen ist nur der TOC-Wert. Der Parameter dürfte nicht auf fremd angelieferte Böden, sondern vielmehr auf Böden aus dem Tagebaubereich zurückzuführen sein. Er ist Kippentypisch. Der nach heutigen Maßstäben (für Fremdböden) anzulegende Grenzwert von 1 Ma.-% für den TOC-Wert wird im Mittel eingehalten.

Untergeordnet wurden in den untersuchten Bodenmaterialien im Feststoff z.T. auch erhöhte Gehalte an PAK₁₆ und einige Schwermetalle wie Chrom, Kupfer, Nickel oder Zink festgestellt. Dabei handelt es sich aber um Einzelbefunde, die sich nur für die Kippstelle



"Jüchen Neu" aufgrund des hier geringen Stichprobenumfanges und die Kippstelle "Pösenberg" aufgrund eines in einer Einzelprobe sehr hohen Kupferwertes negativ auf die statistische Auswertung auswirken.

Die abgelagerten Böden weisen damit insgesamt betrachtet ein nur sehr geringes Schadstoffinventar auf. Überschreitungen der vorgenannten Grenzwerte sind wie erwähnt immer nur auf die Messergebnisse in Einzelproben zurückzuführen. Bei deren Einstufung ist zu berücksichtigen, dass auch natürliche Böden, wie z.B. Lieferböden aus Kies- und Sandgruben, nicht generell Z0-Qualität aufweisen bzw. die Vorsorgewerte nach [5] einhalten. Diese Werte basieren auf Auswertungen der Stoffgehalte in unterschiedlichen natürlichen Böden. Sie decken nicht die insgesamt mögliche (natürliche) Schwankungsbreite ab.

Einschränkend ist anzumerken, dass PAK im Regelfall nicht in natürlichen Unterböden angereichert sind. Solche Anreicherungen kommen natürlich meist nur in Böden vor, die z.B. auch Braunkohle enthalten. Wenn auch in geringem Umfang, kommen PAK auch in Braunkohlen vor (petrogene PAK).

An einer Stelle wurde eine geringe PCB-Konzentration nachgewiesen. PCB kommen in der Natur nicht vor. Insofern ist hier ein anthropogener Einfluss gegeben. Die gemessene Konzentration ist allerdings sehr gering. Zudem sind PCB sehr schwer löslich und teilen sich dem Grundwasser auch bei sehr hohen Konzentrationen kaum mit. Bei dem hier gemessenen Wert von 0,16 mg/kg ist eine Beeinträchtigung des Grundwassers nicht zu besorgen.

Vereinzelt wurden MKW in sehr geringer Konzentration gemessen. Dabei handelte es sich generell um langkettige MKW (C22 - C40). MKW kommen auch in der Natur vor. Daher liegt hier - insbesondere bei der gegebenen maximalen Konzentration von 130 mg/kg - kein eindeutiger Hinweis auf einen anthropogenen Einfluss vor. Auch MKW sind schwer löslich, so dass eine Beeinträchtigung des Grundwassers auf der Basis der vorliegenden Befunde ausgeschlossen werden kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die abgelagerten Böden insgesamt von guter bis sehr guter Qualität sind. Aus den im Rahmen der Untersuchungen gemessenen Feststoffgehalten ergibt sich kein Verdacht auf schädliche Bodenveränderung.



6.4 Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser

Wie in [1] festgelegt, wurden alle Einzelproben auch Eluat-Untersuchungen unterzogen. Dabei kam das 2:1-Eluat zur Anwendung, das als realitätsnahe Simulationsverfahren für Sickerwasser gilt.

Die Mischproben wurden nur im 10:1-Eluat untersucht, was den Genehmigungsanforderungen entspricht. Die Genehmigung hat noch mehrere Jahre Bestand. Auch wenn heute eine andere Vorgehensweise bei der Feststellung der Unbedenklichkeit von Bodenbelastungen für verschiedene Verwertungswege festgeschrieben ist, sind die im vorliegenden Fall geltenden Vorgaben noch relevant. Für die Bewertung der Ergebnisse von 10:1-Eluaten gelten im Vergleich zu 2:1-Eluaten niedrigere Grenzwerte.

Die Untersuchung von Mischproben im 10:1-Eluat hat ergeben, dass in der Regel 90 % aller untersuchten Proben die Grenzwerte nach [4] einhalten. Ausnahmen gelten nur für Sulfat und damit verbunden die elektrische Leitfähigkeit. Gekoppelt an einen lokal sehr niedrigen pH-Wert wurden in einzelnen Proben die Grenzwerte Z0 für einzelne Schwermetalle überschritten. Die Proben fielen nicht durch gleichzeitig erhöhte Schwermetallgehalte im Feststoff auf. Die erhöhte Löslichkeit ist allein auf den lokal geringen pH-Wert zurückzuführen. Dieser resultiert aus Kippeneinflüssen. Ausschlaggebend sind Verwitterungsprozesse, die zeitlich abklingen werden. Die sich aus diesen Prozessen ergebenden Auswirkungen auf das Grundwasser sind begrenzt, auch wenn sich kein konkreter Zeitraum angeben lässt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Einzelproben im 2:1-Eluat sind sehr gut vergleichbar mit den Ergebnissen aus den 10:1-Eluaten. 90 % aller untersuchten Proben halten die hier anzuwendenden Grenzwerte nach [5] ein, d.h. die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser am Ort der Beurteilung. Ausnahmen bilden wiederum Sulfat verbunden mit erhöhten elektrischen Leitfähigkeiten sowie PAK₁₅ und einige Schwermetalle (Cadmium, Chrom, Nickel, Zink) verbunden mit sehr niedrigen pH-Werten.

Das Maximum der Sulfat-Konzentrationen wurde mit 6.100 mg/l in einer Einzelprobe aus der Kippstelle "Wanlo" festgestellt. Am Standort "Jüchen Alt" wurden dagegen maximal 1.800 mg/l, an den Standorten "Jüchen Neu" und "Pösenberg" maximal nur 540 mg/l bzw. 320 mg/l gemessen. Der Median aller untersuchten Proben aus den einzelnen Kippstellen hält mit Werten zwischen 59 und 210 mg/l den Prüfwert für Sulfat von 250 mg/l sicher ein.



Punktuell festgestellte Überschreitungen der Prüfwerte für einige Schwermetalle sind meist an lokal niedrige pH-Werte gekoppelt, die aus zeitlich begrenzten Kippeneinflüssen resultieren. Die höchsten Konzentrationen wurden in Proben aus der Kippstelle "Wanlo" mit 0,027 mg/l Arsen, 0,013 mg/l Blei, 0,0249 mg/l Cadmium, 0,424 mg/l Chrom_{ges.}, 2,97 mg/l Nickel und 8,7 mg/l Zink festgestellt. Bis auf den Bleibefund wurden alle anderen Konzentrationen in nur einer einzigen Probe gemessen, deren pH-Wert bei 2,8 lag. Der Befund ist höchstwahrscheinlich auf tagebaueigenes Bodenmaterial zurückzuführen.

Die Ergebnisse der 2:1-Eluat-Untersuchungen auf PAK sind verfahrensbedingt kaum be- lastbar. Aus den Ergebnissen lässt sich nicht herleiten, dass ein nennenswerter Stoffeintrag an PAK in das Grundwasser erfolgt.

Die Untersuchungen lieferten keinerlei Hinweise auf flüchtige Stoffe, durch deren Ausga- sung Gefahren für das Grundwasser entstehen könnten.

Festzuhalten ist, dass sich durch die Untersuchungen keine Hinweise auf lösliche Boden- belastungen ergeben haben, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf die Ablagerung von fremd angelieferten belasteten Böden zurückführen sind. Auch wenn lokal einzelne Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden⇒Grundwasser am Ort der Beurtei- lung überschritten sind, lassen sich aus der Gesamtheit der Ergebnisse keine konkreten Anhaltspunkte ableiten, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenverände- rung im Sinne des § 9 Absatz 2 Satz 1 BBodSchG begründen. Das gilt insbesondere für fremd angelieferte Böden.

6.5 Handlungsbedarf

Da sich keine konkreten Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen bedingt durch fremd angelieferte Böden ergeben haben, besteht kein Bedarf an weiterführenden Detail- untersuchungen.

Im Zuge von Detailuntersuchungen wären nach den Vorgaben der BBodSchV folgende Punkte zu bearbeiten:



- **Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen einschließlich der Abgrenzung von nicht belasteten Flächen**

Die wenigen festgestellten Auffälligkeiten sind sehr punktuell. Dabei sind die kippentypischen Einflüsse von den ggf. von außerhalb stammenden Einflüssen zu unterscheiden. Eine Eingrenzung kippentypischer Einflüsse ist nicht Teil der Aufgabenstellung. Die übrigen Auffälligkeiten sind so gering, dass eine nähere Eingrenzung nicht zielführend und praktisch auch nicht möglich ist. Ausschlaggebend dafür ist vor allem, dass die von außerhalb des Tagebaus in den Boden eingetragenen Einflüsse durch die gewählte Einbaumethodik (abkippen und einschieben) stark verteilt worden sein dürften. Der Einbau erfolgte innerhalb schräg geneigter Lagen in der Kippstelle. Eine Eingrenzung durch punktuelle senkrechte Bodenaufschlüsse wie Bohrungen ist nahezu unmöglich, weil die einzelnen Schüttungen nur wenige Zentimeter mächtig sein dürften. Auch ist unklar, welches (Schad-)Stoffinventar die möglicherweise unrechtmäßig abgelagerten Materialien haben. Fremdbestandteile waren nur selten erkennbar.

Die untersuchten Bereiche sind mit 25 ha ("Jüchen Alt"), 0,5 ha ("Jüchen Neu"), 6,4 ha ("Pösenberg") und 8,8 ha ("Wanlo") sehr groß. Auch wenn eine kleinräumige Abgrenzung von Kontamination nicht möglich ist, stellt sich die Frage, ob sich charakteristisch belastete Bereiche größerer Ausdehnung abgrenzen lassen. Wenn überhaupt, ist dies nur für kippentypische Einflüsse möglich. Die Untersuchungsergebnisse lieferten aber auch dazu keine eindeutigen Erkenntnisse.

- **Feststellung der mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffe**

Eine Untersuchung der insgesamt aus einer belasteten Schüttung mobilisierbaren Anteile würde voraussetzen, dass ein belasteter Bodenbereich eingegrenzt und charakterisiert werden könnte. Das ist - wie beschrieben - aber nicht möglich.

- **Feststellung der Ausbreitungsmöglichkeiten von Schadstoffen im Boden und im Grundwasser und Abschätzung des derzeitigen sowie zukünftigen Stoffeintrags**
Derzeit könnten aus den Ablagerungen Stoffe nur durch Sickerwasser freigesetzt werden, welches sich zur Tiefe hin verlagert. Der Grundwasserspiegel ist aktuell um bis zu 15 m unter das Liegende von Flöz Morken abgesenkt. Eine nachteilige Veränderung der Grundwasserqualität im aktuellen Zustand ist aufgrund des enormen Flurabstandes und der Tatsache, dass in dieser Tiefe stark mineralisierte Tiefengrundwässer gefördert werden, auszuschließen. Das gilt auch für jegliche kippenspezifischen Einflüsse.



Der Grundwasserspiegel wird nach Beendigung der Sümpfungsmaßnahmen über die nächsten Jahrzehnte wieder bis auf ein Niveau zwischen ca. 61 und 64 m NHN ansteigen. Dann könnten Schadstoffe durch Kontaktgrundwasser freigesetzt werden.

Hinweise auf relevante Stofffreisetzung aus den Böden in das Grundwasser haben sich aber - abgesehen von kippenspezifischen Prozessen - nicht ergeben.

Selbst die kippenspezifischen Prozesse sind voraussichtlich nach erfolgtem Wiederanstieg des Grundwasserspiegels zum Erliegen gekommen.

Auswirkungen der untersuchten Kippstellen auf die Wasserqualität des verbleibenden Restsees wären unabhängig von theoretischen Stofffreisetzung nicht zu erwarten, da sie im Abstrom des Sees liegen.

7 Fazit

Die durchgeführten Bodenuntersuchungen haben keine eindeutigen Hinweise darauf geliefert, dass belastete Böden aus Bereichen außerhalb des Tagebaus zur Ablagerung gekommen sind. Die Belastungen der Böden sind insgesamt sehr gering, wenn auch lokal einzelne Konzentrationen im Feststoff und im Eluat die Bezugswerte, nach denen ein Boden als unbedeutend belastet eingestuft werden kann, überschritten werden.

In Teilbereichen wurden leicht erhöhte TOC- und Sulfat-Gehalte festgestellt, wodurch die abgelagerten Böden überwiegend keine Z0-Qualität aufweisen. Ursächlich dafür sind mit sehr großer Wahrscheinlichkeit tagebaueigene Abraummassen, die parallel im gleichen Bereich abgesetzt worden sind und für die keine Untersuchungspflicht bestand.

Weiterführende Untersuchungen werden nicht als erforderlich angesehen.

RBS bzw. RWE Power beabsichtigt in Kürze, die Kippstelle "Jüchen Alt" über einen Absetzer mit Abraum aus dem Tagebau Garzweiler weiter zu überschütten. Dem steht aus Sicht der Unterzeichnenden nichts entgegen. Dies gilt auch für die übrigen Untersuchungsbereiche, welche Mittelfristig im Weiteren Regel- und Leistungsbetrieb überkippt werden sollen.

gez.

R. Ritzhaupt, M.Sc.

