NEPTUNE ENERGY

Neptune Energy in Deutschland

Rückbau und Wiedernutzbarmachung der Deponie Brüchau

Titel:

Ergebnisbericht zur Umsetzung der vorbereitenden Maßnahmen gemäß Abschlussbetriebsplan Nr. HER 3/22

Neptune Energy Deutschland GmbH
Ahrensburger Straße 1
30659 Hannover

Hannover, 09.10.2023

Rev. 1

Inhalt

1 Veranlassung ... 6
2 Zielstellung ... 6
3 Umsetzung der vorbereitenden Maßnahmen ... 7
3.1 Zeitliche Umsetzung der vorbereitenden Maßnahmen ... 7
3.2 Ausführende bzw. beteiligte Unternehmen und Lieferanten ... 8
3.3 Geophysikalische Erkundung Fremdeinlagerungen ... 9
3.4 Schurferstellung und Deponatprobenahme ... 11
3.5 Beprobung Überstandswasser Zentralbereich ... 17
3.6 Testkonditionierung ... 17
3.7 Eignungsprüfung der QuecksilberAbsorptionsmatte ... 19
3.8 Arbeitsschutz während der Ausführung der Vorversuche auf der Deponie Brüchau 21
3.8.1 Eingelagertes Deponat ... 21
3.8.2 Arbeitsschutzmaßnahmen während der Vorarbeiten ... 23
3.9 Untersuchung der Proben ... 28
3.9.1 Chemische Deklarationsanalytik Feststoff ... 28
3.9.2 Chemische Analyse Überstandswasser ... 28
3.9.3 Radiologische Analytik Feststoff und Wasser ... 29
3.9.4 Geotechnische Versuche ... 29
3.9.5 Vakuumthermische Behandlungsversuche zur Quecksilberseparation ... 29
4 Ergebnisse der vorbereitenden Maßnahmen ... 31
4.1 Ergebnisse der Bodenaufschlüsse ... 31
4.2 Erkundung Fremdeinlagerungen durch Einsatz geophysikalischer Verfahren ... 35
4.3 Ergebnisse der Testkonditionierung ... 36
4.4 Ergebnisse Eignungsprüfung Quecksilberabsorptionsmatte ... 37
4.5 Ergebnisse der messtechnischen Begleitung bzw. Arbeitsplatzmessungen während der Schurferstellung, Testkonditionierung und Probenahme sowie der Wirksamkeit der Arbeitsschutzmaßnahmen ... 38
4.6 Analytikergebnisse Feststoff ... 39
4.6.1 Bewertungsgrundlagen Analytik Feststoff ... 39

4.6.2 Ergebnisse der Analytikauswertung Feststoff 41
4.7 Analytikergebnisse Überstandswasser 46
4.7.1 Bewertungsgrundlagen Analytik Überstandswasser 46
4.7.2 Ergebnisse der Analytikauswertung Überstandswasser 47
4.8 Ergebnisse der Geotechnischen Versuche 48
4.9 Ergebnisse der vakuumthermischen Behandlung 51
5 Fazit 53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Testfläche der geomagnetischen Oberflächensondierung (rot umrandet) und der im alten Risswerk (Ausschnitt weiß gestrichelt) ausgewiesenen Verbringungsorte von Fremdeinlagerungen (gelb) auf der Deponie Brüchau 10
Abbildung 2: Geomagnetische Messung und Ergebnisdarstellung mit Darstellung des im Zuge der Schurferstellung geöffneten Verdachtspunktes 11
Abbildung 3: Lage der Schurfe (Rot-überwiegend nur Deponat angetroffen, Rot/Gelb-Deponat mit Auffüllmaterial aufgeschlossen) 12
Abbildung 4: Dokumentation Probenahme 14
Abbildung 5: Probenahme aus dem Baggerlöffel 14
Abbildung 6: Probenmaterial für unterschiedliche Untersuchungszwecke vor der arbeitstäglichen Abholung 14
Abbildung 7: Schurferstellung wasserseitig mit Darstellung des eingesetzten Baggers und der Stahlmulden zur Materiallagerung 15
Abbildung 8: Probenahmelokationen Überstandswasser Zentralbereich 17
Abbildung 9: Schurflokationen an denen das Deponat Flügelscherfestigkeiten < 10 kN/m² aufwies und konditioniert werden musste 18
Abbildung 10: Zudosierung des Konditionierungsmittels zum Deponat 19
Abbildung 11: Einmischung des Konditionierungsmittels mittels Bagger 19
Abbildung 12: Absorptionsmatte [redacted] 20
Abbildung 13: Quecksilberdampfmessung oberhalb der Absorptionsmatte 20
Abbildung 14: Vakuumthermische Testanlage [redacted] 31
Abbildung 15: Probenmaterial zur vakuumthermischen Behandlung (links original, rechts konditioniert) 31
Abbildung 16: Fremdeinlagerung gebeiztes 33
Abbildung 17: Elementares Quecksilber Bereich Schurf 5 33
Abbildung 18: Überwiegend angetroffenes Deponat in den Schürfen des Zentralbereichs 34
Abbildung 19: Lagenweise hellbraune und beige Einschaltungen im Deponat von Schurf 13 34
Abbildung 20: Fremdstoffeinlagerungen in Schurf 17 35
Abbildung 21: Bis zur Aushubsohle trockener Schurf 16 35

Abbildung 22: Aufschluss des Verdachtspunkts S4 36
Abbildung 23: Entsorgungseinstufung und Belastungsverteilung des Einlagerungsmaterials der Deponie Brüchau für die einzelnen Schurfe auf Basis der Quecksilberbelastung inklusive Verteilung der überwachungsbedürftigen Rückstände nach StrlSchG anhand der Originalproben 43
Abbildung 24: Entsorgungseinstufung des konditionierten Einlagerungsmaterials der Deponie Brüchau für die einzelnen Schurfe anhand der Quecksilberbelastung 43
Abbildung 25: Deponie Brüchau Luftbild Oktober 1995 46
Abbildung 26: aktuelles Luftbild Deponie Brüchau, Verfüllabschnit SO wurde nach 1994 verfüllt 46
Abbildung 27: Vakuumthermische Versuche; Kondensator mit Quecksilberperlen 52
Abbildung 28: Restbelastung und Entsorgungseinstufung nach vakuumthermischer Behandlung 52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausführende bzw. beteiligte Unternehmen und Lieferanten 8
Tabelle 2: Aufstellung der Abfallarten, die in der Deponie Brüchau nach 1991 bis zum Einlagerungsstopp 2012 entsorgt werden durften (Abfallschlüsselnummer gem. AVV vom 10.12.2001) (Anlage 1.5) 22
Tabelle 3: Vorversuche Vakuumthermik - Ausgangsmaterial und Parametervariation 31
Tabelle 4: Ergebnisse der Testkonditionierung (Zugabemengen Konditionierungsmittel, Festigkeitsentwicklung über die Zeit) 37
Tabelle 5: Ergebnisse der Eignungsprüfung der QuecksilberAbsorptionsmatte 37
Tabelle 6: Analytikergebnisse für die Leitparameter Quecksilber und die spezifische Aktivität . 44
Tabelle 7: Deponie Brüchau, Analyseergebnisse für die Hauptparameter im Überstandswasser 47
Tabelle 8: Deponie Brüchau, Zusammenfassung der Ergebnisse der geotechnischen Versuche 48
Tabelle 9: Deponie Brüchau Mengenermittlung 49
Tabelle 10: Ergebnisse der vakuumthermischen Behandlung 51

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: **Schurferstellung**

Anlage 1.1: Lageplan Übersicht der Suchschürfe M 1:250, Zeichnungsnummer 2023-00-AM-071

Anlage 2: **Geophysikalische Erkundung Fremdeinlagerungen**

Anlage 2.1: Bericht Geomagnetische Messungen zur Erkundung von Fremdeinlagerungen in einem Teilbereich der Deponie Brüchau, [redacted], 11.05.2023

Anlage 2.2: Lageplan OTD Brüchau Geomagnetik, M.: 1:250, Z-Nr.: 2023-00-AM-045

Anlage 3: **Feststoffanalytik**

Anlage 3.1: Chemische Feststoffanalytik

Anlage 3.1.1: Prüfberichte Deklarationsanalytik Deponat Brüchau Verfüllbereich Nordwest

Anlage 3.1.2: Prüfberichte Deklarationsanalytik Deponat Brüchau Zentralbereich

Anlage 3.1.3: Prüfberichte Deklarationsanalytik Deponat Brüchau Verfüllbereich Südost

Anlage 3.2: Chemische Deklarationsanalytik und Entsorgungseinstufung von Original- und konditionierten Feststoffproben der Deponie Brüchau, Probenahme 05.2023

Anlage 3.3: Entsorgungseinstufung eines vakuumthermisch behandelten Materials der Deponie Brüchau, Probenahme 05.2023

Anlage 3.4 Probenahmeprotokolle

Anlage 3.4.1: Probenahmeprotokolle Originalmaterial

Anlage 3.4.2: Probenahmeprotokolle konditioniertes Material

Anlage 4: **Radiologisches Gutachten (Baubegleitung, Feststoff, Überstandswasser)**

Anlage 4.1: Bericht (Rev 4) Radiologische Begleitung der Vorversuche im Bereich der Deponie Brüchau der Neptune Energy Deutschland GmbH Bewertung des Aushubmaterials und Einschätzung der Gefährdungssituation für den geplanten Rückbau der Deponie; [redacted], 13.09.2023

Anlage 5: **Entsorgungseinstufung**

Anlage 5.1: Lageplan Entsorgungseinstufung Verfüllabschnitt Nordwest, M.: 1:150, Zeichnungsnummer 2023-00-AM-071

Anlage 5.2: Lageplan Entsorgungseinstufung wasserüberdeckter Zentralabschnitt, M.: 1:150, Zeichnungsnummer 2023-00-AM-071

Anlage 5.3: Lageplan Entsorgungseinstufung Verfüllabschnitt Südost, M.: 1:150, Zeichnungsnummer 2023-00-AM-071

Anlage 6: **Geotechnische Versuche**

Anlage 6.1: Probenahmeprotokolle geotechnische Versuche

Anlage 6.2: Brüchaumaterial Ergebnisse Dichte DIN 18125

Anlage 6.3: Brüchaumaterial Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892

Anlage 6.4: Brüchaumaterial Ergebnisse Proctorversuche nach DIN 18 127

Anlage 6.5: Brüchaumaterial Ergebnisse Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Anlage 7: **Vakuumthermische Quecksilberseparationsversuche**

Anlage 7.1: [redacted] Trial Report, [redacted], 26.07.2023

Anlage 7.2: Analytik Vacu Dry-Versuche Input / Output

Anlage 8: **Überstandswasseranalytik**

Anlage 8.1: Ausschnitt aus dem Bergmännischen Risswerk OTD Brüchau (15.03.2023); Probenahmelokationen Überstandswasser, M.: 1:2.000

Anlage 8.2: Probenahmeprotokolle für Probenahme aus stehenden Gewässern

Anlage 8.3: Prüfberichte Analytik Überstandswasser

Anlage 9: **Arbeitsschutz**

Anlage 9.1: Arbeitsplatzmessungen im Rahmen der Probenahme Deponie Brüchau

Anlage 9.2: Vorversuche Brüchau Ergebnisse des Biomonitorings

1 Veranlassung

Die NEPTUNE ENERGY Deutschland GmbH (NEPTUNE) ist durch Anordnung des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) vom 24.08.2020 aufgefordert, die bis 2012 betriebene bergbauliche Entsorgungsanlage Deponie Brüchau zurückzubauen (Abbildung 1).

Die Deponie Brüchau wurde 1972 zur Einlagerung von ölhaltigen Materialien sowie festen und flüssigen Produktionsabfällen aus der bergbaulichen Tätigkeit der EEG in der DDR auf dem Areal eines ehemaligen Tonabbaus in Betrieb genommen. Neben den bergbaulichen Abfällen kam es zwischen 1977 und 1990 auch zu Fremdeinlagerungen auf Anweisung und mit Genehmigung der seinerzeit zuständigen Behörde der DDR.

NEPTUNE hat fristgerecht zum 29.07.2022 (ergänzt um einen Anlagenteil vom 23.09.2023) den Abschlussbetriebsplan (ABP) Nr. HER 3/22 für den Betriebsstandort Deponie Brüchau beim LAGB eingereicht. Dieser wurde am 31.01.2023 bis auf 2 Punkte zugelassen.
Die nicht zugelassenen Punkte betrafen die Darstellungen der Rechtsauffassungen NEPTUNE`s hinsichtlich der Rechtmäßigkeit der Anordnung des LAGB und zur Refinanzierung des Projektes sowie die im Betriebsplanantrag skizzierte Sicherungsoption als Rückfallebene bei ggf. nicht realisierbarem Standortrückbau.

Voraussetzung für die Umsetzbarkeit der vom LAGB angeordneten Totalräumung des Standorts ist die Gewährleistung der Entsorgungssicherheit für das beim Rückbau anfallende Material. Die im Zuge vorangegangener Standortuntersuchungen erhobenen Daten waren weder inhaltlich noch von der Aktualität geeignet, als Grundlage für eine Annahmeentscheidung potenzieller Entsorger zu dienen. Aus diesem Grund enthielt der Abschlussbetriebsplanantrag planungsvorbereitende Maßnahmen zur Erhebung der fehlenden Informationen. Die im Betriebsplan dargestellten Vorarbeiten wurden durch das LAGB in die Nebenbestimmung 2.1 der Zulassung mit aufgenommen.
NEPTUNE wird darin aufgefordert, die notwendigen Untersuchungen/Arbeiten auf der Deponie bis Mitte Mai 2023 durchzuführen und die Ergebnisse in Berichtsform bis zum 29.09.2023 dem LAGB vorzulegen. Der hier vorgelegte Bericht enthält die Beschreibung und Ergebnisse der vorbereitenden Maßnahmen.

2 Zielstellung

Mit den vorbereitenden Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung des ABP im Projekt Brüchau wurden folgende Ziele verfolgt:

- Die Gewinnung von vertieften Informationen zum Einlagerungsgut (Rückstände der bergbaulichen Tätigkeit sowie Fremdeinlagerungen Dritter) und dessen Verteilung in der Ablagerung.
- Die Entnahme repräsentativer Proben für die Deklarationsanalytik.

- Auf Basis einer umfassenden Deklarationsanalytik die Einstufung des Materials hinsichtlich möglicher Entsorgungs- und Behandlungsoptionen.
- Die Prüfung und Bewertung des eingesetzten Equipments auf Eignung für die spätere praktische Projektumsetzung.
- Die Eignungsfeststellung von Behandlungsverfahren zur Quecksilber (Hg)-separation.
- Die Gewinnung von Informationen zur Art und der Konzentration möglicher gasförmigen Schadstoffemissionen/ ggf. Strahlung zur Ableitung/Bewertung der notwendigen Schutzmaßnahmen bei Eingriffen in den Deponiekörper.

3 Umsetzung der vorbereitenden Maßnahmen

Im Rahmen der vorbereitenden Maßnahmen wurden auf dem Standort Baggerschürfe ausgeführt, repräsentative Materialproben entnommen und diese Proben auf boden-mechanische, chemische und radiologische Parameter untersucht.

Wegen der teilweise flüssigen und breiigen Konsistenz des gewonnenen Materials muss dieses vor späteren Transport, Zwischen- und Endablagerungen konditioniert werden, daher wurde die Probenahme durch entsprechende Testkonditionierungen ergänzt.

Unabhängig von der Art der Standortwiedernutzbarmachung muss zwingend vorab die Wasserauflage im Zentralteil (Abbildung 1) abgezogen werden. Bei der Freilegung der Ablagerung können Schadstoffemissionen aus dieser nicht ausgeschlossen werden. Um den Emissionen vorzubeugen, wird aktuell der Austausch des Wassers gegen ein geotextiles Absorptionselement angedacht. Die Eignung einer Absorptionsmatte wurde in den Vorversuchen unter Standortbedingungen getestet.

Alle Arbeiten fanden wegen der potentiellen Gefährdung durch Deponieinhaltsstoffe unter besonderen Arbeitsschutzvorkehrungen und unter messtechnischer Begleitung statt.

Ergänzt wurde das Untersuchungsprogramm durch Modellversuche zur Abreinigung des Deponats von Quecksilber mittels Vakuumthermik sowie geophysikalischen Oberflächensondierungen eines Testareals zur frühzeitigen Identifizierung der vermuteten Fremdeinlagerungen.

3.1 Zeitliche Umsetzung der vorbereitenden Maßnahmen

- 15.03.2023 Probenahme von Überstandswasser auf dem Zentralteil der Deponie.
- 02.05.2023 Geomagnetische Messungen zur Erkundung von Fremdeinlagerungen in einem Teilbereich der Deponie Brüchau (Auswertung bis 11.05.2023).
- 08.05.2023 Baustelleneinrichtung für die Probenahmekampagne.
- 09.05.2023 bis 11.05.2023 Anlage von 20 Baggerschürfen mit Probenahme und messtechnischer Begleitung auf dem Deponieareal.

- 12.05.2023 und 15.05.2023 Testkonditionierung; vorab Entnahme von Originalmaterial als Rückstellproben.
- 16.05.2023 Messung der Festigkeitsentwicklung am konditionierten Material und Probenahme.
- 17.05.2023 Abdeckung der mit Materialproben gefüllten Stahlmulden mit Hg-Absorptionsmatten (NW- und Zentralteil) und zusätzliche Abplanung gegen den Eintritt von Niederschlagswasser sowie zur Verhinderung von Staubausträgen. Gerätereinigung.
- 05.06.2023 bis 09.06.2023 Durchführung der vakuumthermischen Hg-Separationsversuche, Berichtseingang 26.07.2023
- 20.06.2023 Bestimmung der Rückhaltewirkung der Hg-Absorptionsmatte.
- 27.07.2023 Eingang der Deklarationsanalytik.
- 08.08.2023 Eingang Bericht für die radiologische Begleitung der Vorversuche, Bewertung des Aushubmaterials und Einschätzung der Gefährdungssituation für den geplanten Rückbau der Deponie.
- 21.08.2023 bis 30.08.2023 bodenmechanische Versuche auf dem Deponieareal.

3.2 Ausführende bzw. beteiligte Unternehmen und Lieferanten

Tabelle 1: Ausführende bzw. beteiligte Unternehmen und Lieferanten

Nr.:	Ausführender	Leistungsbereich
1	Neptune Energy Deutschland GmbH (NEPTUNE) Ahrensburger Str. 1, 30659 Hannover Beteiligte Bereiche: Projekte & Engineering, Umweltanalytik & Laborbetrieb, HSEQ	• Planung und Begleitung aller Vorversuche, • Probenahme (für chemische Analytik, Bodenmechanik und Tests der vakuumthermischen Hg-Separation), • Testkonditionierung, • Arbeitsplatzmessungen (außer Radioaktivität), • Analytik Wasservorlage Zentralteil und versuchsbegleitend im Rahmen der vakuumthermischen Hg-Separation • Auswertung Deklarationsanalytik
2	[redacted]	Stellung von Gerät und Personal für die Durchführung: • der Baggerschürfe, die Probengewinnung, • die Testkonditionierung, • Testeinsatz Hg-Absorptionsmatte
3	[redacted] Unterauftragnehmer für Analytik: [redacted]	• Deponatprobenahme für gammaspektrometrische Analysen • Radiologische Begleitung und Arbeitsplatzmessungen • Radionuklidanalyse (Deponat- und Überstandswasserproben) • Auswertung der radiologischen Untersuchungen

Fortsetzung Tabelle 1

Nr.:	Ausführender	Leistungsbereich
4	[redacted]	• Geomagnetische Oberflächensondierung eines Testareals zur Lokalisierung von Fremdeinlagerungen • Auswertung der Geomagnetik mit Ausweisung von Störkörpern
5	[redacted]	• Deklarationsanalytik (Deponat chemisch)
6	[redacted]	• Geotechnische Untersuchungen an den Deponatproben
7	[redacted]	• Durchführung der vakuumthermischen Versuche zur Separation des Quecksilbers mit Deponatmaterial
8	[redacted]	• Lieferant der Quecksilberabsorptionsmatte • Begleitung der Eignungsuntersuchung für die Absorptionsmatte
9	[redacted]	• Biomonitoring der NEPTUNE-Beschäftigten während der Versuche auf der Deponie

3.3 Geophysikalische Erkundung Fremdeinlagerungen

Die Einbaulokationen der bis 1990 erfolgten Fremdeinlagerungen (feste Abfälle der ehemaligen Giftklassen I und II der DDR) wurden z.T. in den Tagesrissen vermerkt. Aufgrund des damaligen Einbaufortschritts konzentrieren sich die festen bzw. schlammigen Fremd- bzw. Gifteinlagerungen auf den Verfüllabschnitt NW und die Westseite des wasserüberdeckten Zentralbereichs.

Es sollte erkundet werden, ob durch den Einsatz geophysikalischer Verfahren (Anlage 2.1) von der Oberfläche der Ablagerung aus mit hinreichender Genauigkeit auf Lokationen mit Fremdeinlagerungen geschlossen werden kann. Damit wurde das Ziel verfolgt, durch Voraberkundung möglichen Gefährdungen der Beschäftigten vor dem Deponateingriff frühzeitig zu begegnen.

Im Vorfeld der Schurferstellung wurde davon ausgegangen, dass der überwiegende Anteil der Fremdeinlagerungen in metallischen Behältern z.B. Stahlfässern entsorgt wurde. Zum Aufsuchen ferromagnetischer Störkörper eignen sich magnetische Messungen, welche in der Kampfmittelsuche weitreichende Anwendung finden. Dabei wird der Umstand ausgenutzt, dass ferromagnetische Körper Veränderungen des Erdmagnetfeldes hervorrufen. Die eingesetzten Messsonden erfassen diese Änderungen des Erdmagnetfeldes (Anomalien),

welche abschließend interpretiert und in einem Isolinienplan (Abbildung 2, Anlage 2.2)) ausgewiesen werden können.

Im Bereich der ausgewählten Untersuchungsfläche (ca. 500 m^2) waren entsprechende Fremdeinlagerungen im Risswerk verzeichnet (Abbildung 1).

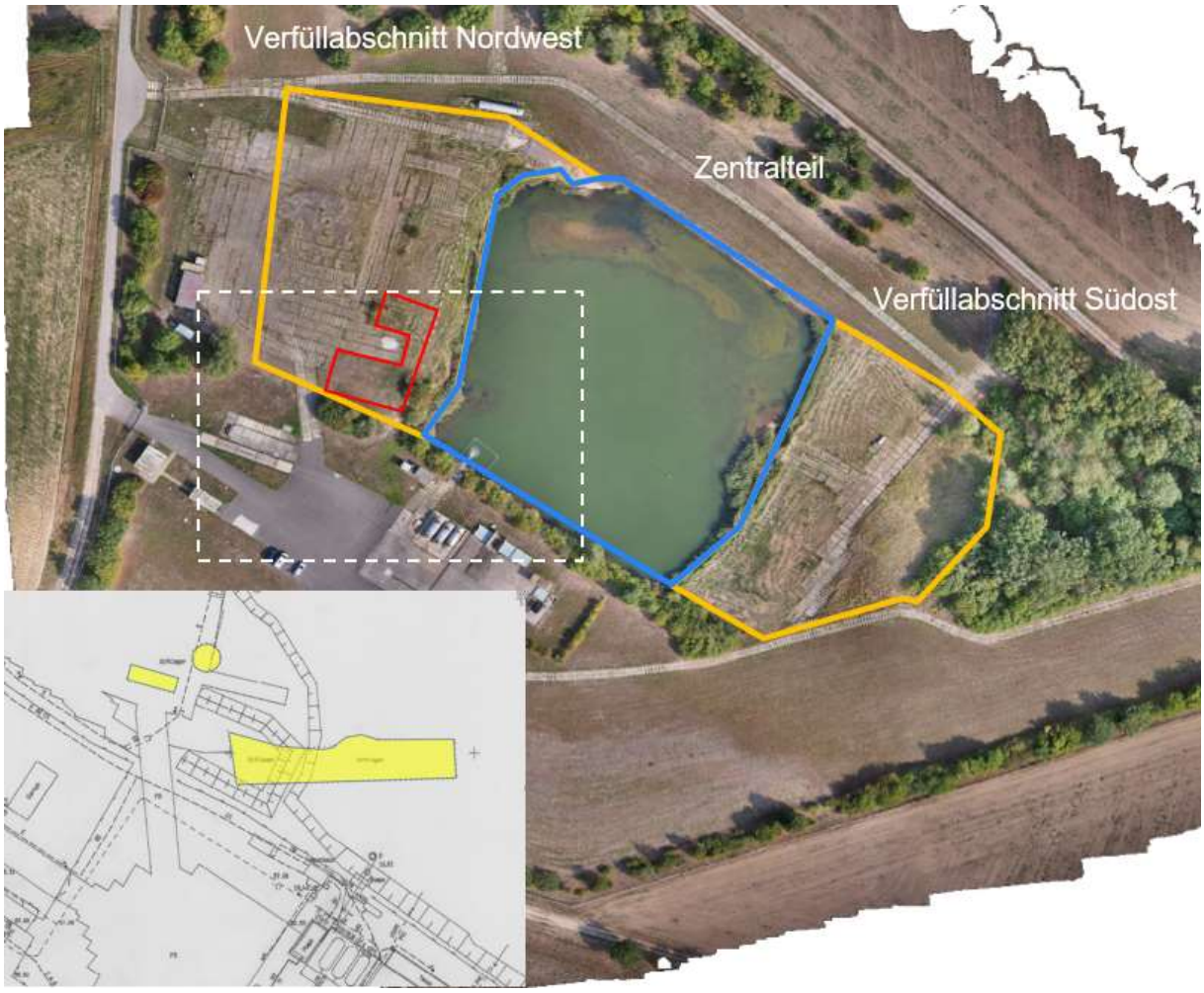

Abbildung 1: Lage der Testfläche der geomagnetischen Oberflächensondierung (rot umrandet) und der im alten Risswerk (Ausschnitt weiß gestrichelt) ausgewiesenen Verbringungsorte von Fremdeinlagerungen (gelb) auf der Deponie Brüchau

Die Untersuchung erfolgte durch streifenweise Sondierung der Fläche. Die eingesetzte Sonde war ein 1–Kanal- Fluxgatemagnetometer [redacted]. Die Details der Untersuchung sind dem beigefügten „Bericht Geomagnetische Messungen zur Erkundung von Fremdeinlagerungen in einem Teilbereich der Deponie Brüchau" (Anlage 2.1) zu entnehmen.

Im Ergebnis der Messungen wurden 4 Verdachtspunkte (Abb. 2) sowie ein Anomalienband ausgewiesen. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurde die Lokation S4 (Abb. 2) im Zuge der späteren Schurferstellung auf der Deponie geöffnet.

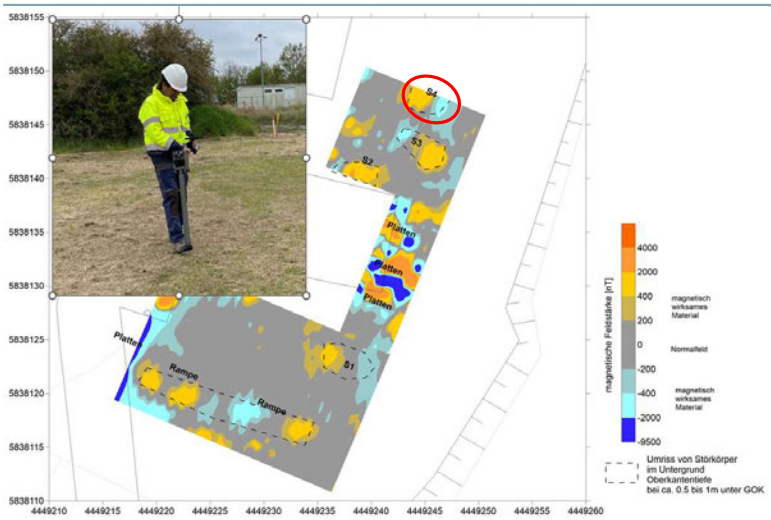

Abbildung 2: Geomagnetische Messung und Ergebnisdarstellung mit Darstellung des im Zuge der Schurferstellung geöffneten Verdachtspunktes

3.4 Schurferstellung und Deponatprobenahme

Die Probenahmen auf dem Ablagerungsareal der Deponie Brüchau erfolgten aus Schürfen. Im Gegensatz zu punktuellen Aufschlüssen durch Bohrungen und Rammkernsondierungen bieten Baggerschürfe die Möglichkeit einer großflächigen visuellen Inaugenscheinnahme der Beprobungshorizonte (Anlagen 5.1 bis 5.3) und damit gerade bei heterogenen Abfallablagerungen die Gewährleistung von repräsentativen materialcharakterisierenden Proben. Zugleich sollten durch die Umsetzung der Schürfe mit Großgeräten Rückschlüsse auf die Art und die Konzentrationen möglicher gasförmiger Schadstoffemissionen / ggf. radioaktiver Strahlung aus dem Deponat gewonnen werden und daraus notwendige Arbeitsschutzmaßnahmen für den Rückbau abgeleitet werden.

Da für die Deponatprobenahme praktikable Vorgaben hinsichtlich der Probenanzahl anhand herkömmlicher Verfahrensanweisungen (PN98-Feststoffprobenahme aus Haufwerken) fehlen, wurde in Anlehnung an die Vorgaben der Bodenschutzverordnung (BBodSchV, Anhang 1, 2.1.1 Wirkungspfad Boden-Mensch) ein Baggerschurf pro 1.000 m² geplant. Der Ablagerungsbereich der Deponie Brüchau umfasst eine Fläche von ca. 20.200 m².

Daraus ergaben sich 10 Schürfe im Bereich der landseitigen Verfüllabschnitte NW und SO (zusammen ca. 10.000 m²) sowie weitere 10 Schürfe im wasserüberdeckten Zentralbereich (ca. 10.000 m²); insgesamt 20 Schürfe für das gesamte Deponieareal (Abbildung 3).

Die Vorgabe der Schürflokationen zur Probenahme erfolgte vor der Prämisse einer gleichmäßigen Verteilung über die gesamte Ablagerungsfläche (Anlage 1.1).
Eine Berücksichtigung von Ergebnissen der punktuellen Aufschlüsse aus den vorangegangenen Voruntersuchungen (z.B. Gefährdungsabschätzung aus 2020) unterblieb.

Abbildung 3: Lage der Schurfe (Rot-überwiegend nur Deponat angetroffen, Rot/Gelb-Deponat mit Auffüllmaterial aufgeschlossen)

Bei der Planung der vorbereitenden Maßnahmen wurde in Auswertung der Voruntersuchungen davon ausgegangen, dass auf den landseitigen Ablagerungsbereichen (Verfüllabschnitte NW und SO) die Abfallablagerungen mit relativ mächtigen Bodenschichten abgedeckt sind. Daher sah die ursprüngliche Konzeption folgendes Vorgehen vor:

- Im Bereich der landseitigen Beprobungslokationen waren jeweils 2 Feststoffmischproben veranschlagt. Die repräsentativen Anteile des, aus den landseitigen Schürfen gewonnenen Materials sollten, getrennt nach Auffüllmaterial (Boden) und Deponat (zumeist Bohrspülungsrückstände) in bereitgestellte Stahlmulden (Volumen 7 m^3; Abb. 4) verbracht werden.
- Da im Zentralbereich keine Bodenüberdeckung vorhanden ist, sollte aus den wasserseitigen Schürfen jeweils nur eine Feststoffmischprobe entnommen werden. Für eine repräsentative Probenahme sollte das Deponat im Schurf vor der Entnahme intensiv mit dem Bagger vermischt werden. Anschließend sollte auch hier eine Stahlmulde pro Schurf mit Deponat befüllt werden.
- Insgesamt sollten 30 Stahlmulden mit Aushubmaterial befüllt werden (10 Stück Verfüllabschnitt NW + 10 Stück Verfüllabschnitt SO + 10 Stück Zentralbereich).

- In Ergänzung zur Schurferstellung und Probenahme sollte ein bekannter Fremdeinlagerungsbereich bzw. ein in den geomagnetischen Versuchen ausgewiesener Störpunkt mittels Bagger aufgeschlossen und die Ablagerungssituation erkundet werden. Eine Entnahme der Fremdeinlagerungen für Beprobungen war wegen der Heterogenität des Materials nicht geplant.

Prinzipiell wurde bei der Ausführung entsprechend des o.g. Konzepts verfahren. Allerdings wurden bis auf die Lokationen 18, 19 und 20 im Verfüllabschnitt SO (Abbildung 3) keine nennenswerten Bodenüberdeckungen des Deponats in den landseitigen Schürfen aufgeschlossen (Anlagen 5.1 bis 5.3 Schichtenverzeichnisse). Hier wurde hilfsweise Deponat aus 2 verschiedenen Tiefenbereichen beprobt.

Bei den landseitigen Schürfen wurde das Aushubmaterial zunächst neben dem Schurf, getrennt pro Tiefenmeter abgelegt.

Der Aufbau der Ablagerung im Schurf wurde in entsprechenden Schichtenverzeichnissen (Anlagen 5.1 bis 5.3) festgehalten. Diesen sind die aufgeschlossenen Schichten, deren Ausbildung (Material, Konsistenz, Fremdstoffanteil) und Besonderheiten (z.B. Wasserzutritte) zu entnehmen. Zusätzlich wurden die Schurferstellung und Probenahme per Foto und Video z.T. unter Verwendung einer Kameradrohne festgehalten, so dass sich die Arbeiten jederzeit nachverfolgen lassen.

Aus den Haufwerken wurden anschließend mit dem Bagger jeweils ca. 3 m^3 bis 4 m^3 repräsentatives Material entnommen und in die bereitgestellten 2 Stahlmulden verbracht. Dabei repräsentiert das Material in den Mulden entweder eine Tiefenstufe des Deponats oder beim Antreffen von Abdeckboden das Bodenmaterial und das darunter befindliche Deponat.

Bei den Schürfen im Zentralbereich wurden die Mulden direkt mit Deponat über die gesamte aufgeschlossene Mächtigkeit befüllt.
Nach der Befüllung wurde das Material in den Stahlmulden intensiv vermischt.
Durch dieses Vorgehen wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass bei einem späteren Rückbau das Material bei der Konditionierung, Entnahme und den Baustellentransporten auch mehrfach umgesetzt und damit homogenisiert wird.

Aus dem vermischten Inhalt in den Stahlmulden wurde mittels Baggerlöffel Material entnommen und daraus die Probemenge Originalmaterial für die weiterführenden Untersuchungen gewonnen (Abbildung 5).
Die dafür eingesetzten Probenehmer waren nach DepV Anhang 4 Nr.1 fachkundig (Nachweis PN 98-Probenahme).

Abbildung 4: Dokumentation Probenahme

Abbildung 5: Probenahme aus dem Baggerlöffel

Die Probenahme wurde in entsprechenden Probenahmeprotokollen (Abbildung 4) in Anlehnung an LAGA PN 98:2019-05 dokumentiert.

Die entnommene Probemenge entsprach dabei den Vorgaben der Untersuchungsstellen (Abbildung 6):

- Chemische Analytik: bei trockenem und feuchtem Material 1 Stück 5 l Eimer und bei flüssiger bis breiiger Konsistenz 2 Stück 5 l Eimer pro 1 Mischprobe
- Radiologische Analytik: 1 Liter pro Mischprobe
- Geotechnische Untersuchungen: bei trockenem und feuchtem Material 5 Stück 10 l Eimer und flüssiger bis breiiger Konsistenz 2 Stück 10 l Eimer pro 1 Mischprobe

Abbildung 6: Probenmaterial für unterschiedliche Untersuchungszwecke vor der arbeitstäglichen Abholung

Die Schürfe wurden so tief wie technisch möglich und aus Arbeitsschutzgründen (Stabilität von Schurf und Gerätestandort) verantwortbar ausgeführt, aber max. bis zum Erreichen der Deponiesohle. Die Sohle der meisten Schürfe lag zwischen 3 m bis 4 m unter der GOK bzw. der Gewässersohle. Eine Schichtenaufnahme der Schürfe ist den Anlagen 5.1, 5.2 und 5.3 zu entnehmen.

An einigen Lokationen war es vor dem Eingriff in das Deponat notwendig, die Betonplatten auf der Geländeoberfläche zu entfernen.

Für die Schurferstellung kam ein Langarmbagger (Fabrikat: Komatsu PC240NLC Super Long Front Abb. 7) mit einer Reichweite von ca. 18 m und einem Betriebsgewicht von ca. 27 t zum Einsatz, so dass die wasserseitigen Schürfe vom Ufer aus realisiert werden konnten.

Abbildung 7: Schurferstellung wasserseitig mit Darstellung des eingesetzten Baggers und der Stahlmulden zur Materiallagerung

Nach der Beprobung wurden die landseitigen Schürfe wieder verfüllt.

Aus den Stahlmulden, für deren Inhalt eine Konditionierungserfordernis bestand (siehe Voraussetzungen, Kap. 3.6 Testkonditionierung), wurde vorab Originalmaterial entnommen und in 60 l Kunststofffässer als Rückstellprobe verbracht. Das in diesen Stahlmulden verbliebene Material wurde anschließend konditioniert und erneut beprobt, um den Einfluss des Konditionierungsmittels zu bestimmen.
Zugleich sollte die Deklarationsanalytik das tatsächlich zur Entsorgung bereitgestellte Deponat abbilden.

Insgesamt wurden:

- 46 Proben (30 Stück Originalmaterial und 16 Stück konditioniertes Material, Anlagen 3.4.1 und 3.4.2) für die chemische Boden- und Deponatanalytik,
- 30 Proben Originalmaterial für die radiologische Untersuchung (Anlage 4.1, Anlage 1),
- 23 Proben (18 Stück Proben Originalmaterial und 5 Stück konditioniertes Material, Anlage 6.1) für geotechnische Untersuchungen sowie
- 2 Proben (1 Stück Originalmaterial und 1 Stück konditioniertes Material) für die vakuumthermischen Quecksilberseparationsversuche

gewonnen. Wegen der besseren lokalen Zuordnung weisen alle Proben aus einer Lokation und Tiefenstufe die gleiche Probenbezeichnung auf, wobei die konditionierten Proben zusätzlich mit einem K versehen sind.

Tabelle 2: Probenbezeichnung und lokale Zuordnung

Nummer Schurf	Verfüllab-schnitt	Probenbezeichnung Abdeckboden original	Probenbezeichnung Deponat original	Probenbezeichnung Deponat konditioniert
1	Nordwest	kein Abdeckboden aufgefunden	NW-S1-D1, NW-S1-D2	NW-S1-D1/K
2		kein Abdeckboden aufgefunden	NW-S2-D1, NW-S2-D2	
3		kein Abdeckboden aufgefunden	NW-S3-D1, NW-S3-D2	NW-S3-D1/K, NW-S3-D2/K
4		kein Abdeckboden aufgefunden	NW-S4-D1, NW-S4-D2	NW-S4-D1/K, NW-S4-D2/K
5		kein Abdeckboden aufgefunden	NW-S5-D1, NW-S5-D2	
6	Zentralteil		Z-S6-D	Z-S6-D/K
7			Z-S7-D	Z-S7-D/K
8			Z-S8-D	Z-S8-D/K
9			Z-S9-D	Z-S9-D/K
10			Z-S10-D	Z-S10-D/K
11			Z-S11-D	Z-S11-D/K
12			Z-S12-D	Z-S12-D/K
13			Z-S13-D	Z-S13-D/K
14			Z-S14-D	Z-S14-D/K
15			Z-S15-D	Z-S15-D/K
16	Südost	kein Abdeckboden aufgefunden	SO-S16-D1, SO-S16-D2	
17		kein Abdeckboden aufgefunden	SO-S17-D1, SO-S17-D2	SO-S17-D2/K
18		SO-S18-B	SO-S18-D	
19		SO-S19-B	SO-S19-D	
20		SO-S20-B	SO-S20-D	

3.5 Beprobung Überstandswasser Zentralbereich

Das Überstandswasser im Zentralbereich wurde für chemische und radiologische Analysen an 2 Terminen von NEPTUNE beprobt.

- 15.03.2023 Entnahme von 3 Überstandswasserproben für die Deklarationsanalytik und
- 09.05.2023 Entnahme von 3 Überstandswasserproben für radiologische Untersuchungen im Auftrag von [redacted].

Die Probenahme erfolgte an 3 Lokationen als Schöpfprobe (siehe Abbildung 8, Anlage 8.1) und wurde in entsprechenden Probenahmeprotokollen (siehe Anlage 4.1 und Anlage 8.2) dokumentiert.

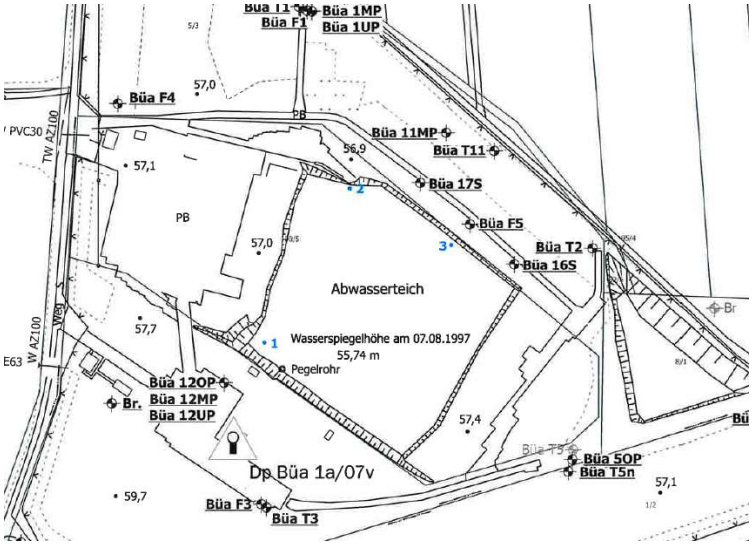

Abbildung 8: Probenahmelokationen Überstandswasser Zentralbereich

3.6 Testkonditionierung

Das Deponat der Schlammgrube Brüchau weist eine überwiegend bodenmechanisch flüssige bis breiige Konsistenz (Anlage 6.5) auf. Damit ist es ohne eine vorherige Konditionierung für einen Transport in herkömmlichen Muldenfahrzeugen zu den vorgesehenen Entsorgungsorten und für eine Aufhaldung in Zwischenlagern oder auf Deponien ungeeignet.

Durch Testkonditionierungen im Rahmen der Vorversuche sollte die grundsätzliche Konditionierbarkeit des Materials auf der Rückbaubaustelle im Vorfeld belegt und Rückschlüsse auf die notwendigen Konditionierungsmittelmengen getroffen werden.

Durch die Zugabe von Konditionierungsmittel und dessen Vermischung mit dem Deponat soll das darin enthaltende Wasser gebunden sowie eine eventuell vorhandene freie KW-Phase im Korngerüst festgelegt werden. Im Ergebnis wird die Scherfestigkeit des Deponats erhöht.

Im Projekt Brüchau besteht die Zielvorgabe in der Erreichung einer Mindestflügelscherfestigkeit (entspricht der undränierten Scherfestigkeit) von 10 kN/m² innerhalb von 5 Tagen bei einer Normtemperatur von 10°C. Beim Erreichen der vorgegebenen Flügelscherfestigkeit ist das Deponat transportfähig, weist keine freien Flüssigkeiten auf und ist im Zwischenlager bis auf die von den Entsorgern vorgegebene Mindesthöhe von 3 m stapelbar.

Alle Materialien mit einer undränierten Scherfestigkeit cu < 10 kN/m² im Originalzustand wurden im Rahmen einer Testkonditionierung mit einem Konditionierungsmittel versetzt (Abbildungen 8 und 9) und die Festigkeitsentwicklung mit der Zeit untersucht. Dazu wurden Flügelscherversuche mit dem „leichten Scherfestigkeitsmesser" [redacted] in Anlehnung an DIN 4094-4 durchgeführt.

Insgesamt erfüllte das Material aus 14 Schürfen (Abbildung 9) in Gänze bzw. teilweise (Schurf 1 und 17; siehe Tabelle 4) nicht die geforderten Scherfestigkeitsvorgaben, so dass der Inhalt von 16 Mulden/Proben am 12.05.2023 und 15.05.2023 bei trockener Witterung und Temperaturen zwischen 15°C und 22 °C konditioniert wurde.

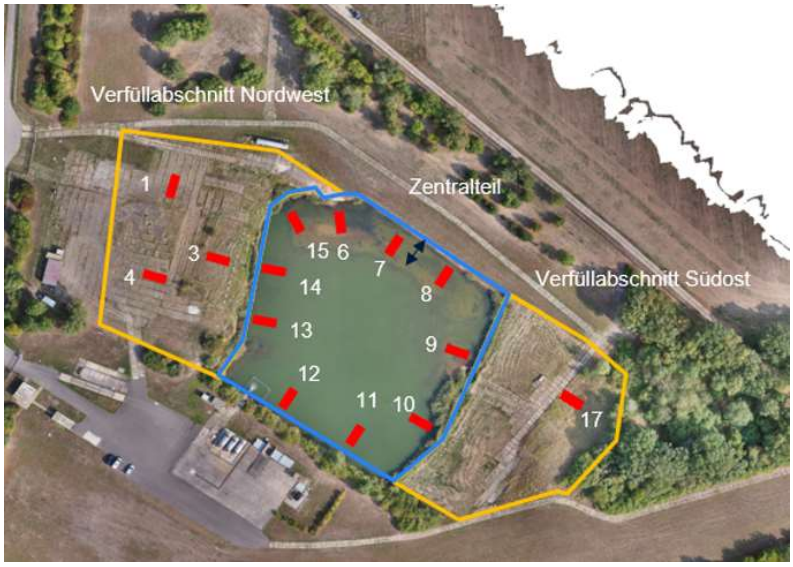

Abbildung 9: Schurflokationen an denen das Deponat Flügelscherfestigkeiten < 10 kN/m² aufwies und konditioniert werden musste

In Vorprojekten NEPTUNE`s hat sich die Zugabe eines Konditionierungsmittels auf Zementbasis (Produkt: Lipidur 284 mod. [redacted]) als die wirtschaftlichste Alternative zur Konditionierung von Bohr- bzw. Ölspülungsrückständen bewährt. Das Konditionierungsmittel wurde im Vorfeld der Testkonditionierung in BigBags (10 t) auf dem Standort angeliefert.

Zur Festlegung der Zugabemenge an Konditionierungsmittel wurde die Masse der Deponatprobe im Stahlcontainer über eine Wiegung auf der vorhandenen Fahrzeugwaage auf

dem Deponieareal ermittelt. Die veranschlagte Zugabemenge in Gew. % beruhte auf den Erfahrungen aus Vorprojekten.

- Deponat des Verfüllabschnitts NW: Konditionierungsmittelzugabe 5 Gew.%
- Deponat des wasserüberdeckten Zentralteils: Konditionierungsmittelzugabe 10 Gew.%
- Deponat des Verfüllabschnitts SO: Konditionierungsmittelzugabe 3 Gew.%

Das Konditionierungsmittel wurde auf Vorgabe NEPTUNE`s in vorgesehener Menge aus einem Betonsilo zugegeben (Abbildung 10, Anlage). Anschließend wurde das Deponat zusammen mit dem Konditionierungsmittel vom Bagger intensiv vermischt (Abbildung 11).

Abbildung 10:
Zudosierung des Konditionierungsmittels zum Deponat

Abbildung 11:
Einmischung des Konditionierungsmittels mittels Bagger

Die Festigkeitsentwicklung des mit dem Konditionierungsmittel versetzten Materials wurde arbeitstäglich bis zum 16.05.2023 überprüft. Zur Abschlussmessung (max. 4 Tage) wiesen bis auf die Probe aus Schurf 7 alle Proben eine ausreichende Flügelscherfestigkeit auf. Abschließend wurden die in Kapitel 3.4 aufgeführten konditionierten Proben gewonnen.

3.7 Eignungsprüfung der Quecksilberabsorptionsmatte

Voraussetzung für Sicherungs- und Rückbauarbeiten auf der Deponie Brüchau wäre immer das Abziehen des Oberflächenwassers auf dem Zentralteil der Deponie. Mit Freilegung der Deponatoberfläche sind ggf. Quecksilberemissionen verbunden. Um diese zu verhindern bzw. auf ein tolerierbares Maß während der Arbeiten auf dem Standort zu reduzieren, ist der temporäre Einsatz einer Quecksilberabsorptionsmatte vorgesehen. Dabei handelt es sich um eine PP Gewebe-Vliesstoff-Kombination, mit innenliegendem aktiven Kationen Absorber.

In den Vorversuchen wurde die Matte [redacted] (Abbildung 12), ein Produkt [redacted], getestet. Diese wurde als Rollenware (Abmessungen 40 m lang und 5,10 m) zur Deponie geliefert und vor der Verlegung in den Stahlmulden am Ort vorkonfektioniert.

Kurz vor Abschluss der Arbeiten zur Schurferstellung, Beprobung und Testkonditionierung am 17.05.2023 wurden die Deponatoberflächen aller Proben in den Mulden aus den Verfüllabschnitten NW und dem Zentralteil (Bereiche mit elementarem Quecksilber in den Proben) mit der Matte abgedeckt. Zusätzlich wurde der Inhalt gegen das Eindringen von Niederschlagswasser mit einer Kunststoffplane geschützt.

Die Eignungsuntersuchung erfolgte durch NEPTUNE am 20.06.2023 bei feuchtwarmer Witterung (24°C bis 25°C). Dazu wurden mehrere Messungen der Quecksilberkonzentration in der Luft unmittelbar oberhalb und unterhalb der Matte durchgeführt (Abbildung 13).
Zuvor wurde die Abdeckplane von den Stahlmulden entfernt und ein ca. 30-minütiger Umgebungsluftaustausch ermöglicht. Als Messgerät für die Quecksilberdampfmessung in der Luft kam das tragbare Atomabsorptionsspektrometer EMP-2 „grün“ zum Einsatz.

Die Messungen erfolgten im Beisein eines Herstellervertreters [redacted]. Nach den Messungen wurden die Mulden wieder abgeplant.

Aktuell stehen die Stahlmulden mit ihrem Inhalt auf der Deponie noch für ggf. notwendige ergänzende Untersuchungen bzw. Inaugenscheinnahmen von Bietern im Zuge der anstehenden Marktabfrage für die Entsorgungsleistungen zur Verfügung.

Abbildung 12: Absorptionsmatte [redacted]

Abbildung 13: Quecksilberdampfmessung oberhalb der Absorptionsmatte

3.8 Arbeitsschutz während der Ausführung der Vorversuche auf der Deponie Brüchau

3.8.1 Eingelagertes Deponat

Die Deponie Brüchau wurde ursprünglich zur Aufnahme von Öl, Öl- und treibstoffverseuchten Erdstoffen, chemikalienverseuchten Schlammrückständen aus Tiefbohrungen und schwach quecksilberhaltige Lagerstättenwässer zugelassen.

Später erfolgte bis 1988 zusätzlich die Fremdeinlagerung fester und flüssiger Abfälle der ehemaligen Giftklassen I und II auf Zuweisung der Bezirksschadstoffkommission Magdeburg. Diese Fremdeinlagerungen umfassten nach aktuellem Kenntnisstand ca. 700 t Feststoffe.

Die Fremdeinlagerungen in die Deponie Brüchau bestanden anhand der vorhandenen Unterlagen im Wesentlichen aus:

- ÖL-verunreinigten Wässern/Böden (Hinweis auf MKW, PAK),
- Pflanzenschutzmitteln (2.8. Hylarsol - arsenhaltig, weitere quecksilberhaltig),
- Behandlungsflüssigkeiten (div. Salze), Spül- und Waschwässer (Reinigungsflüssigkeit),
- Galvanikschlämmen, schwermetallhaltig,
- sog. Beizabrieb (z.B. Falisan- quecksilberhaltige Saatgutbeize),
- verhärtetes Melipax (Insektizid auf Basis Taxapen (Chlorkohlenwasserstoffe)),
- mineralischen Rückständen (cyanidhaltig),
- Böden mit schädlichen Verunreinigungen/Feststoffen/Soleschlämmen,
- Frässpänen,
- „Giften" (Schulchemikalien; Apothekengifte (z.B. Arsentrioxid) und Pflanzenschutzgifte),
- Reinigungsmitteln aus der chemischen Reinigung (Hinweis auf Lösungsmittel Per/Tri (LHKW)),
- quecksilberhaltigen Rückständen,

wobei mehr als ca. 70 % den Galvanikschlämmen zuzuordnen sind.

Laut Einlagerungskataster müssen ca. 70 % der z.Z. vorhandenen festen Deponatanteile bereits vor 1990 abgelagert worden sein. Von den nach 1990 verbrachten ca. 31.000 m³ Feststoffen entfallen ca. 18.000 m³ bzw. 58 % auf den Rückbau von 3 Schlammgruben und eine Hg-Sanierung. Ansonsten waren nach 1991 folgende Stoffe zur Ablagerung genehmigt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Aufstellung der Abfallarten, die in der Deponie Brüchau nach 1991 bis zum Einlagerungsstopp 2012 entsorgt werden durften (Abfallschlüsselnummer gem. AVV vom 10.12.2001) (Anlage 1.5)

Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel-nummer gem. AVV	Definition / Quelle
Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten	170503*	Rückbaumaßnahmen, Schadensfälle (Füll- und Mutterböden aus Betriebspunkten der EEG mit bergbaulicher Nutzung)
Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen	170504	
Bau- und Abbruchabfälle, die Quecksilber enthalten	170901*	Rückbaumaßnahmen (anfallender Aushub aus Rückbaumaßnahmen auf Betriebspunkten der EEG)
sonstige Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich gemischter Abfälle), die gefährliche Stoffe enthalten	170903*	
ölhaltige Bohrschlämme und -abfälle	010505*	Bohr- und Sondenreparaturprozesse (verworfene Spülung, Behandlungsflüssigkeiten), Rückbaumaßnahmen (Schlammgrubeninhalt)
chloridhaltige Bohrschlämme und -abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 01 05 05 und 01 05 06 fallen	010508	
Abfälle anderweitig nicht genannt (a. n. g.)	010599	Förderfeld (Überstandsfluide, Baugrubenwässer aus Schlammgruben von Bohrungen und Auffangbecken, Wasser aus Wasserabsenkmaßnahmen)
Abfälle anderweitig nicht genannt (a. n. g.)	050799	Förderfeldanlagen (Rückstände aus Reinigungsprozessen nach dem Entlasten der Systeme)
quecksilberhaltige Abfälle	060404*	Hg-kontaminierte Materialien, Schlämme, Wässer aus den obertägigen Systemen der Erdgasförderung, Matten aus Abscheidern (die nicht radioaktiv belastet sind)
quecksilberhaltige Abfälle	050701*	
Schwefelsäure und schweflige Säure	060101*	Intensivierungsmaßnahmen (abreagierte und neutralisierte Säurereste und Rückfördermedien) Ringraumschutzflüssigkeiten, Salzlaugen
Salzsäure	060102*	
Flusssäure	060103*	
Phosphorsäure und phosphorige Säure	060104*	
Abfälle anderweitig nicht genannt (a. n. g.)	060299	
anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält	170603*	Förderfeldanlagen (kontaminierte Isoliermaterialien mit MKW und Hg)
Strahlmittelabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	120116*	Förderfeldanlagen (kontaminierter Strahlsand aus mechanischer Oberflächenbehandlung)
andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	070104*	Ethylenglykole aus Förderfeldanlagen (verwässerte und versalzene Flüssigkeiten aus der Gastrocknung)
gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	190806*	Ionenaustauscherharze mit schädlichen Verunreinigungen aus der Wasseraufbereitung der Zentralstation Steinitz
Laborchemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten, einschließlich Gemische von Laborchemikalien	160506*	Labor (Proben- und Analysenreste)

3.8.2 Arbeitsschutzmaßnahmen während der Vorarbeiten

Die Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Probenahme und Testkonditionierung auf der Deponie Brüchau basierten auf den einschlägigen gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Regelungen sowie den „Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltschutz- (HSE) Richtlinien" von NEPTUNE.

Dazu wurden seitens NEPTUNE`s und der ausführenden Firma vorab die tätigkeitsbezogenen Gefährdungen ermittelt, Handlungs- und Schutzmaßnahmen abgeleitet und die Beschäftigten darin unterwiesen.

Während der Tätigkeiten bei den Vorversuchen (Probenahme und Konditionierung) wurde in den Deponiekörper der Deponie Brüchau eingegriffen (vgl. § 7 GesBergV).

Dabei wurden folgende Arbeiten mit einem erhöhten Risiko ausgeführt:

1. Arbeiten, bei denen die Beschäftigten wegen der möglichen Tiefe der geplanten Schürfgruben der Gefahr des Versinkens, des Verschüttetwerdens in Baugruben oder in Gräben mit einer Tiefe von mehr als 2 m ausgesetzt sind.

2. Arbeiten mit Baumaschinen (Langarmbagger).

3. Bei der Probenahme in Ufernähe zum wasserüberdeckten Zentralbereich konnte ggf. die unmittelbare Gefahr des Ertrinkens bestehen.

4. Arbeiten, bei denen die Beschäftigten krebserzeugenden (Kategorie 1 oder 2), erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder sehr giftigen Stoffen und Zubereitungen im Sinne der Gefahrstoffverordnung aufgrund der bereits in Voruntersuchungen nachgewiesenen bzw. vermuteten Gefahrstoffe (siehe Gefährdungsabschätzung 2020) sowie ggf. NORM-Stoffen im Sinne der Strahlenschutzverordnung ausgesetzt sind.

Dazu zählen:

- hauptsächlich elementares Quecksilber,
- untergeordnet Kohlenwasserstoffe,
- ggf. NORM-Material.
- Zusätzliche Gefährdungen resultierten aus dem eingesetzten Stoff zur Konditionierung des Deponats (Schlammbinder auf Zementbasis Lipidur 284 mod.).

Es galten wegen der Eingriffe in den Deponiekörper für die Probenahme daher grundsätzlich die Regelungen der TRGS 524 bzw. DGUV Regel 101-004 Arbeiten in kontaminierten Bereichen.

Bei den ausgeführten Voruntersuchungen handelte es sich um vorausgehende Untersuchungen im Sinne der o.g. technischen Regel. Die Voruntersuchungen dienten u.a. der

Erkundung der Gefahrstoffsituation vor Ort. Durch den Einsatz von Großgeräten sollte eine praxisnahe projektbezogene Einschätzung der Gefährdungssituation für den geplanten Rückbau der Deponie ermöglicht werden. Die Ergebnisse dienen der Ableitung angepasster Arbeitsschutzmaßnahmen im Arbeits- und Sicherheitsplan als Teil des Brückendokuments für eine Rückbaubaustelle Brüchau.

Wegen der vor den Arbeiten noch weitgehend unbekannten Konzentration und Verteilung der vermuteten Gefahrstoffe und dem möglichen Antreffen von Rückständen aus den Fremdeinlagerungen wurden die geplanten technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen auf den Worst-Case-Fall abgestimmt.

Während des Eingriffs in die Abfalleinlagerung, der notwendigen Mischprozesse zur Homogenisierung des Probematerials und Konditionierung, bei der Probenahme selbst sowie der Gerätereinigung war ein direkter Kontakt mit den prognostizierten und weiterer Gefahrstoffe nicht auszuschließen. Dieser konnte bei Feststoffen und Flüssigkeiten dermal (durch Hautkontakt) und oral (durch Verschlucken) geschehen.

Aufgrund des hohen Dampfdrucks der Hauptgefahrstoffe Quecksilber und der aromatischen Kohlenwasserstoffe sowie Staubbildungen während der Probenahme/Konditionierung bestand zusätzlich eine potenzielle Gefährdung der Beschäftigten durch inhalative (durch Einatmen) Aufnahme von Gefahrstoffdämpfen bzw. Gasen und Stäuben.

Dagegen war anhand der vorhandenen Informationen eine Brand- und Explosionsgefährdung, eine Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe sowie ein Sauerstoffmangel für die Beschäftigten während der Voruntersuchungen auf dem Standort Brüchau ausgeschlossen.

Die sich aus den durchgeführten tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilungen für die Voruntersuchungen ergebenden und umgesetzten Schutzmaßnahmen werden nachfolgend zusammengefasst.

<u>Allgemeine und organisatorische Schutzmaßnahmen:</u>

- Durchführung des Arbeitsgenehmigungsverfahrens von NEPTUNE mit projekt- und tätigkeitsbezogenen Arbeitsanweisungen.
- Erstellung bzw. Aktualisierung des Alarm- und Notfallplanes, Betriebsanweisungen.
- Unterweisung der Mitarbeiter in die o.g. beiden Punkte.
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen für das eingesetzte Personal:
  - G26.2 Atemschutzgeräte Gruppe 2: Gerätegewicht bis 5 kg und Atemwiderstand über 5 mbar,
  - G40 Krebserzeugende Gefahrstoffe,
  - G 9 Quecksilber oder seine Verbindungen.
- Anmeldung und Abstimmung der Maßnahmen mit dem LAGB.

- Vorabstimmung mit dem Gasschutz.
- Arbeitstäglich Anmeldung der Arbeiten bei der ständig besetzten Stelle. Gewährleistung einer durchgehenden Kommunikation zur ständig besetzten Stelle.
- Alleinarbeitsverbot.
- Begleitung der Arbeiten durch eine fachkundige Person im Sinne der DGUV Regel 101-004.
- Einteilung des Baufeldes in Schwarzbereiche – potentiell kontaminierte Areale (betraf die Eingriffsbereiche in den Deponiekörper, Lagerflächen für Deponat/Bodenaushub sowie Reinigungsflächen inklusive umlaufende Schutzstreifen von 20 m angrenzend zu diesen Bereichen) und Weißbereiche (nicht belastete Areale). *Hinweis: Wegen des Versuchsstatus der Probenahme und der Unzugänglichkeit der Arbeitsorte für unbeteiligte Dritte (Standort ist weiträumig mit einem Zaun versehen) konnte in Abweichung zu den Regelungen nach DGUV Regel 101-004 auf die optische Kennzeichnung der Schwarzbereiche verzichtet werden.*
- Verbot von Essen, Trinken und offenem Feuer im Schwarzbereich.
- Messtechnische Überwachung des Arbeitsbereichs. *Es galten folgende Alarmwerte (Quecksilber Arbeitsplatzgrenzwert 20 µg/m³, in Anlehnung an die Vorgaben der TRGS 901-72. „Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische" und unter Berücksichtigung TRGS 402 "Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition" wurde das PID-Gerät auf einen Alarmwert von 5 ppm Toluol kalibriert, Mehrgasmessgerät für Ex-Schutz 20 % UEG, radiologische Begleitung)*
- Regelmäßige Prüfung prüfbedürftiger Arbeitsmittel (BetrSichV, BGV A2) auch gemäß DIN EN ISO 9001 und arbeitstägliche Sichtkontrolle auf Mängel durch Bauleiter bzw. Geräteführer.
- Prüfung der Gerätestandsicherheit vor dem Aushub des Schurfes.
- Einhaltung der Schutzabstände von Gerät und Personal zu Schürfgruben und Uferbereichen. Die Schürfe durften nicht betreten werden.
- Verbot des Aufenthalts von Personal im Arbeitsraum/Schwenkbereich des Baggers bei laufendem Gerät. Zur Probenahme aus der Baggerschaufel war diese vorab zusätzlich am Boden abzusetzen.
- Einweiser beim Rückwärtsfahrten.
- Arbeitstägliche Reinigung der SW-Anlage und der mit Deponat in Kontakt gekommenen Teile der Arbeitsgeräte auf den ausgewiesenen Flächen (Dekontamination der Geräte auf der Betonrampe in der NO-Ecke des Verfüllbereichs NW). Geräteendreinigung zum Abschluss der Vorversuche.
- Sicherstellung der Tragezeitbegrenzung bei Arbeiten mit Atemschutz in Abhängigkeit des Geräteeinsatzes.

- Filterwechsel / Austausch der Schutzkleidung entsprechend der Vorgaben der Hersteller bzw. vorab bei Notwendigkeit.
- Begleitung der Arbeiten durch das eingesetzte Personal von der windabgewandten Seite. Bei Konditionierung kein Verbleib des Personals im Einwirkbereich der Staubfahne.
- Schürfgräben und Schürfe waren nach Beendigung der Untersuchungsarbeiten unverzüglich wieder zu verfüllen.
- Die Mulden waren spätestens bei Quecksilberdampfkonzentrationen oberhalb der Spitzenbegrenzung gem. Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 900 von 160 µg/m³ (Arbeitsplatzgrenzwertes von 20 µg/m³ x Überschreitungsfaktor 8) mit einer Absorptionsmatte abzudecken.
- Der Geräteführer musste über einen Fluchtatemschutz/-retter verfügen.

Technische Schutzmaßnahmen

- Einsatz einer (mobilen) Schwarz-Weiß-Anlage.
- Das eingesetzte Gerät für die Beprobung (Bagger,) war mit einer Filteranlage gemäß den Vorgaben und Regelungen der DGUV-I 201-004 (ehemalig BGI 581) ausgerüstet. Als Filter war ein Gasfilter Hg-P3 (max. Gebrauchsdauer 50 h) vorgeschrieben.
- Einsatz folgender Messgeräte bei den Arbeitsplatzmessungen:
  - radiologisch: Ortsdosisleistungsmessgerät (Automess 6150AD6/E mit Szintillatorsonde 6150AD-b/E), Kontaminationsmonitor (CoMo 170), Gamma-Spektrometer (RIID Eye) und
  - Permanentgase: PID- Summenmessung für komplexe Kohlenwasserstoffgemische (MiniRAE 3000), Mehrgasmessgerät für Ex-Schutz (Dräger X-am® 7000 mit den Sensoren für CO_2, CO, O_2, H_2S, CH_4) bzw. Quecksilberdämpfe (Hg-Spektrometer EMP-2).
- Windsack.
- Einsatz von Mulden mit Absorptionsmatten und Abdeckungen.

Persönliche Schutzausrüstung

Die unter natürlichen Bedingungen flüchtigen Gefahrstoffe Quecksilber und z.T. Kohlenwasserstoffe sowie die möglichen Fremdeinlagerungen bedingen bei Eingriffen in die Ablagerung sowie bei der Probenahme und bei Reinigungsarbeiten den präventiven Einsatz von Atemschutz mit entsprechenden Absorptionsfiltern (Hg-P3 Kombinationsfilter). Zur Verbesserung der Trageeigenschaften wurden als Atemschutzgeräte während der Probenahme nur Vollmasken mit Gebläseunterstützung [redacted] (Abbildung 5) eingesetzt. Es galten die Regelungen der DGUV 112-190 Benutzung von Atemschutzgeräten.

Unabhängig davon bestand die PSA im Schwarzbereich aus:

- Bausicherheitsgummistiefeln S 5d nach DIN EN 343/ Sicherheitsschuhwerk (knöchelumschließend) nach EN ISO 20 345
- Schutzhelm nach DIN EN 397, Schutzbrille nach DIN EN 166/ ggf. dichtschließende Schutzbrille gegen Spritzer (wurden durch den Schutzhelm mit Visier-SR 580 des verwendeten Atemschutzes ersetzt)
- Chemikalienbeständige (MKW-beständige) Schutzhandschuhe nach DIN EN 374 Kategorie 3 (Nitrilkautschuk) mit Stulpe und textilem Innenfutter ggf. mit Baumwollunterziehhandschuhen (wenn Deponat angefasst wird und bei der Reinigung der Baugerätschaften)
- Einweg-Schutzbekleidung (atmungsaktiv) – mit CE Kennzeichnung nach Kategorie III (Schutzkleidung für hohe Risiken), Typ 5 (staubdicht, partikeldicht) und Typ 6 (begrenzt sprühdicht), Schutz gegen radioaktive Partikel-Kontamination (gemäß EN 1073-2); war mindestens arbeitstäglich zu wechseln.

Der Geräteführer des Baggers mit Schutzbelüftung musste die o.g. Schutzausrüstung nur tragen, wenn er die Fahrerkabine verließ. Ferner durften zur Bedienung der geschlossenen Baumaschinen Bausicherheitsschuhe getragen werden. Für eine mögliche Evakuierung hatte der Maschinenführer ein Atemschutzgerät auf dem Fahrzeug vorzuhalten.

Außerhalb des Schwarzbereichs galten die normalen Bestimmungen NEPTUNE`s hinsichtlich der PSA.

Die begleitenden Arbeitsplatzmessungen erfolgten:

- an den Haufwerken des Aushubmaterials,
- an den mit Aushubmaterial gefüllten Stahlmulden,
- vor der Probenahme am gefüllten Baggerlöffel und
- an den entnommenen Proben sowie
- zusätzlich eine Ortsdosisleistungsmessung vor Beginn eines Schurfes in der Kabine des Geräteführers.

Die Ergebnisse der Messungen sind den in Anlage 9.1 beigefügten Messprotokollen zu entnehmen.
Zum Nachweis der Wirksamkeit der Arbeitsschutzmaßnahmen während der Vorversuche auf der Deponie Brüchau wurde für die eingesetzten Mitarbeiter NEPTUNE`s ein Biomonitoring umgesetzt. Dabei wurden vor und nach den Arbeiten Blut- und Urinproben auf eventuelle Veränderungen und mögliche Schadstoffe hin untersucht.

3.9 Untersuchung der Proben

3.9.1 Chemische Deklarationsanalytik Feststoff

Zur Einstufung des Deponates hinsichtlich einer gesicherten Entsorgung bzw. der Identifizierung möglicher Entsorgungswege sowie zur Beurteilung eventueller Gefährdungen der Beschäftigten während des geplanten Standortrückbaus wurden Deponatproben

- aus dem Originalmaterial und
- im konditionierten Zustand nach Zusatz des Konditionierungsmittels

durch akkreditierte Labore analysiert. Gesamtauftragnehmer für die Deklarationsanalytik im Projekt war [redacted]. Die Analysen selbst erfolgten an folgenden Untersuchungsstellen:

- [redacted] (gesamter Parameterumfang an 46 Proben, außer Asbest und Dioxine, Furane)
- [redacted] (Asbest an 30 Proben; nur Originalmaterial)
- [redacted] (Dioxine, Furane an 46 Proben)

Die durchgeführte Deklarationsanalytik beruht hinsichtlich der Parametervorgaben hauptsätzlich auf den Zuordnungswerten der Deponieverordnung (DepV), Anhang 3, Tabelle 2 und der LAGA TR Boden 2004.
Ergänzt wird dieser Parameterumfang durch Asbestuntersuchungen, notwendige Zusatzparameter entsprechend den Annahmebedingungen der potentiell geeigneten vakuumthermischen Behandlungsanlagen und den notwendigen Voruntersuchungen zur Beurteilung der untertägigen Verbringung von Materialien.

Auf die ursprünglich vorgesehenen Abbauversuche AT4 oder GB21 konnte verzichtet werden, da die TOC-Analytik für das konditionierte Material im Rahmen des normalen Annahmekorridors von Obertagedeponien und Untertageanlagen verblieb und keine Ausnahmetatbestände betrachtet werden mussten.

Der Gesamtanalytikumfang ist den Anlagen 3.1.1, 3.1.2, 3.13 und 3.2 zu entnehmen.

3.9.2 Chemische Analyse Überstandswasser

Die Überstandswasserproben wurden in unserem akkreditierten NEPTUNE-Labor in Steinitz untersucht. Der Parameterumfang orientierte sich nach den Vorgaben potentieller Entsorger. Der Gesamtumfang ist im Prüfbericht (Anlage 8.3) aufgeführt.

3.9.3 Radiologische Analytik Feststoff und Wasser

Die gammaspektrometrische Radionuklidanalyse der Feststoff- und Wasserproben umfasste die Ermittlung der spezifischen Aktivität für die folgenden Nuklide:

- U-238-Reihe: U-238, Ra-226, Pb-210
- Th-232-Reihe: Ra-228, Th-228 (Feststoff), Ra-224 (Wasser)
- U-235-Reihe: U-235 (Feststoff), Ac-227, Ra-223 (Wasser)
- Weitere Radionuklide: K-40

Die Analytik selbst wurde von dem akkreditierten Labor [redacted] durchgeführt. Die Einzelheiten zu den Untersuchungen sind dem NCC-Bericht in Anlage 4.1 zu entnehmen.

3.9.4 Geotechnische Versuche

Im Rahmen der Vorversuche sollten geotechnische Parameter des abgelagerten Materials (original und konditioniert) erhoben werden, um Rückschlüsse auf den „Baugrund" für die Rückbauplanung (Ausweisung bzw. Charakterisierung von Homogenbereichen) und die Entsorgungsmengen zu ziehen. Die vorgegebenen geotechnischen Parameter:

- Kornverteilung,
- Proctordichte (bei weicher bis steifer Konsistenz) bzw. alternative Dichtebestimmung nach DIN 18125 bei Material von flüssiger bis breiiger Konsistenz,
- Konsistenzgrenzen

orientierten sich an der DIN 18300 Erdarbeiten, Geotechnische Kategorie (Gk) 2 bis 3 unter Wegfall aller Vor-Ort-Parameter. Die Arbeiten wurden an die [redacted] übertragen.

Wegen unzureichender Abluftsysteme an den, für die Untersuchungen vorgesehenen, Standorten Leipzig und Bickenbach wurde die überwiegende Anzahl der Versuche in der 34. und 35. KW 2023 von CDM auf dem Areal der Deponie Brüchau durchgeführt. Die Arbeitsschutzvorkehrungen entsprachen denen im Mai dieses Jahres (Kap. 3.8.2).

3.9.5 Vakuumthermische Behandlungsversuche zur Quecksilberseparation

Wegen der hohen Konzentrationen von elementarem Quecksilber im Deponat bestehen eingeschränkte Entsorgungsoptionen für das Material auf Obertagedeponien und in Untertagedeponien/Versatzbergwerken. Um die Annahmekriterien zu erfüllen ist davon auszugehen, dass bei einem Rückbau der Deponie Brüchau für große Teile des abgelagerten Materials der Entsorgung eine Vorbehandlung vorgeschaltet werden muss.

Im Zuge einer Vorbehandlung soll das elementare Quecksilber separiert und danach mittels Zugabe von Schwefel zu Quecksilbersulfid (HgS) immobilisiert werden. Ein geeignetes Verfahren zur Quecksilberseparation ist die Vakuumthermik. Dabei wird der Umstand ausgenutzt, dass elementares Quecksilber eine relativ geringe Siedetemperatur von ca. 357 °C aufweist.

Vakuumthermische Anlagen sind zur Reinigung von „Boden"-material u.a. mit Kohlenwasserstoff- und Quecksilberbelastungen prinzipiell geeignet. Schwermetalle außer Quecksilber sowie Salze und NORM-Stoffe können nicht aus der „Boden"-matrix entfernt werden.

In einer vakuumthermischen Anlage wird das Material bei Unterdruck und unter ständiger Bewegung erhitzt. Dabei geht zunächst das vorhandene Wasser und anschließend die meisten Kohlenwasserstoffe sowie Quecksilber in die Gasphase über. Die Gasphase wird im Prozess abgezogen und kondensiert, während das behandelte Material nach Abschluss des Prozesses ausgeschleust wird und entsprechend den Restbelastungen verwertet werden kann bzw. entsorgt werden muss.

Die Behandlungsversuche in einer vakuumthermischen Anlage sollten das Verfahren mit „brüchauspezifischen" Material testen. Gleichzeitig bestand das Ziel, Grundlagenparameter zur Prozessoptimierung für eine technische Umsetzung zu gewinnen.

Die Quecksilberseparationsversuche wurden bei [redacted] im Zeitraum vom 05.06.2023 bis zum 09.06.2023 durchgeführt. Für die Versuche kam die mobile Testanlage [redacted] (Abbildung 14) [redacted] zum Einsatz. Diese Firma zeichnete auch für die Versuchsplanung und Umsetzung verantwortlich (siehe Bericht Anlage 7.1).

Für die Versuche wurden jeweils 20 l Original- und konditioniertes Material von NEPTUNE bereitgestellt (Abbildung 15). Dabei handelte es sich um die nach organoleptischen Gesichtspunkten (Anteil an sichtbarem elementarem Quecksilber) höchstbelasten Proben aus der Beprobungskampagne (Schurf 1 mit den Proben NW-S1-D1, NW-S1-D1/K; Abbildung 3).

Abbildung 14:
Vakuumthermische Testanlage [redacted]

Abbildung 15:
Probenmaterial zur vakuumthermischen Behandlung (links original, rechts konditioniert)

Insgesamt wurden im Rahmen des Tests 4 Versuche gefahren. Diese beinhalteten den Einsatz von jeweils ca. 2,5 kg Ausgangsmaterial. Dabei wurden für jeweils 2 Stück Original- und konditionierte Materialproben die Parameter Temperatur, Verweilzeit und Prozessdruck variiert (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Vorversuche Vakuumthermik - Ausgangsmaterial und Parametervariation

Versuch 1	Versuch 2	Versuch3	Versuch 4
konditioniertes Deponat, finale Heiztemperatur 350°C, finaler Prozessdruck 50 mbar(abs), Verweilzeit 30 Minuten bei max. Temperatur	konditioniertes Deponat, finale Heiztemperatur 400°C, finaler Prozessdruck 11 mbar(abs), Verweilzeit 120 Minuten bei max. Temperatur	Originalmaterial, finale Heiztemperatur 400°C, finaler Prozessdruck 23 mbar(abs), Verweilzeit 120 Minuten bei max. Temperatur	Originalmaterial, finale Heiztemperatur 350°C, finaler Prozessdruck 40 mbar(abs), Verweilzeit 30 Minuten bei max. Temperatur

Nach den Versuchen wurden aus dem Eingangs- und Ausgangsmaterial Proben gewonnen und im akkreditierten Labor von NEPTUNE auf die Leitparameter zur Beurteilung der Reinigungsleistung hin untersucht (Anlage 7.2).

4 Ergebnisse der vorbereitenden Maßnahmen

4.1 Ergebnisse der Bodenaufschlüsse

Die Schichtenverzeichnisse der 20 Schürfe und Fotos der landseitigen Schürfe auf dem Deponieareal sind den Anlagen 5.1, 5.2 und 5.3 zu entnehmen.

Bei der Schurferstellung ergaben sich signifikante Unterschiede im Aufbau der Abfallablagerung für die einzelnen Verfüllbereiche.

Verfüllbereich Nordwest (Anlage 5.1)

Bei den Schürfen 1 bis 5 des Verfüllbereichs NW standen unter einer geringmächtigen Boden- bzw. Bettungsmaterialschicht (zwischen 0,4 m und 0,8 m z.T. unter einer Betonplatten-versiegelung) bereits die Abfallablagerungen an.
Diese sind in den Schürfen 1, 3 und 5 von 1,5 m (Schurf 1) bis 3 m u. GOK (Schurf 3) durch massive Fremdstoffeinlagerungen (Bauschutt, Betonplatten, Schrott, Anlagenteile z.T. Siedlungsabfall, Holz) gekennzeichnet.
In den Fremdstoffvergrabungen kam es ab ca. 1 m u. GOK zu starken Schichtenwasserzuflüssen, wodurch die Konsistenz der zumeist feinsandig-schluffigen Abfallmatrix zwischen den Fremdstoffen überwiegend bodenmechanisch breiig bis flüssig war.
An der Basis der Fremdstoffeinlagerungen folgten bis zur Endteufe von im Mittel 3 m u. GOK dunkelgraue schluffige Sande ohne nennenswerte Wasserzutritte. Das Material war überwiegend bodenmechanisch weich bis breiig.
Bei den Schürfen 2 und 4 fiel die Fremdstoffeinlagerung wesentlich geringer aus und das Deponat war durch hohe Bodenanteile gekennzeichnet. Während der Schurf 2 bis zur Endteufe von 2,8 m trocken blieb, war das Material in Schurf 4 ab ca. 2 m unter GOK nass.

<u>Besonderheiten:</u>

1. Die Lokation des Schurfes 5 musste wegen des Antreffens von Fremdeinlagerungen 2-mal verschoben werden (Anlage 1.1). So wurde im Schurf 5.1 ca. 0,8 m u. GOK ein Lager von Kunststofffässern eröffnet. Diese befanden sich unter und in einer Kiesauffüllung. Der Schurf wurde daraufhin abgebrochen und unmittelbar nördlich davon ein neuer Aufschluss (Schurf 5.2) angelegt. Hier wurde bei 0,8 m unter GOK ein BigBag-Lager angegraben. Daraufhin wurde der Aufschluss weiter nach Norden verschoben und der eigentliche Schurf 5 angelegt. Selbst an dieser Lokation befanden sich auf der Westseite des Schurfes Säcke mit vermutlich gebeiztem Getreide (Abbildung 16).
   Es ist davon auszugehen, dass im Bereich südlich von Schurf 5 mehrere Fremdeinlagerungen erfolgt sind. Das Ergebnis deckt sich mit den Aufzeichnungen in den alten Grubenrissen. Danach wurden Fremdeinlagerungen auf einer alten Zufahrt zur Tongrube vorgenommen.
2. Das Aushubmaterial der Schurfe 1, 3 und 5 (Abbildung 17) wies elementares Quecksilber auf.

Abbildung 16: Fremdeinlagerung gebeiztes Getreide Schurf 5

Abbildung 17: Elementares Quecksilber Bereich Schurf 5

Zentralbereich (Anlage 5.2)

Im Zentralbereich ist das Deponat mit Wasser überschichtet. Zum Zeitpunkt der Schurferstellung Mitte Mai 2023 betrug die Wasserüberdeckung im Bereich der ausgeführten Schurfe 6 bis 15 zwischen 0,5 m und 2,5 m. Dabei nahm die Wassertiefe von Norden nach Süden zu.

Mit dem eingesetzten Gerät konnte eine maximale Grabtiefe von ca. 4 m unter der Wasseroberfläche aufgeschlossen werden.

Das angetroffene Deponat bestand aus dunkelgrauen bis schwarzen feinsandigen Schluffen bzw. schluffigen Feinsanden (Abbildung 18). An den Schürfen 6, 7, 13, 14 und 15 (nordwestlicher und westlicher Uferbereich) wurden mehrfarbige lagenweise Einschaltungen (zumeist hellgrau, hellbraun, braun; vereinzelt weiß, beige, grün, Abbildung 19) im ansonsten dunkelgrauen bis schwarzen Material festgestellt.
Das Deponat war generell an der Gewässersohle bodenmechanisch flüssig. Mit wachsender Teufe wurde das Deponat fester und die Konsistenz wurde breiig bis weich (alle Proben weisen wegen der Durchmischung eine flüssige Konsistenz auf).
Im Unterschied zum Verfüllbereich NW enthält das Deponat des Zentralbereichs kaum Fremdstoffe.

<u>Besonderheiten:</u>

1. Bis auf die Schurfe 9 und 12 wurde im Deponat aller anderen Schürfe (8 Stück) aus dem Zentralbereich vereinzelt elementares Quecksilber angetroffen.
2. Die schwarzen Deponatanteile der Schurfe 11 und 12 (Süden des Zentralbereichs) wiesen einen KW-Geruch auf. Nur hier kam es zu einer leichten MKW-Filmbildung (regenbogenfarbig) auf der Wasseroberfläche. Bei der Erstellung der restlichen Schurfe im Zentralbereich wurde kein „Ölfilm“ auf der Wasseroberfläche beobachtet.

3. Im Bereich des Schurfes 9 wurde an der Sohle eine harte Schicht angetroffen, welche durch den Bagger nicht zu durchörtern war.

Abbildung 18: Überwiegend angetroffenes Deponat in den Schürfen des Zentralbereichs

Abbildung 19: Lagenweise hellbraune und beige Einschaltungen im Deponat von Schurf 13

Verfüllbereich Südost (Anlage 5.3)

Während in den nördlichen Schurfen 16 und 17 nur geringe Bodenabdeckungen des Deponats von maximal 40 cm angetroffen wurden, wiesen die südlich gelegenen Schürfe Bodenabdeckungen von 1,0 m u. GOK (Schurf 20) bis 2,5 m u. GOK (Schurf 19) auf. Dabei handelt es sich überwiegend um braune schluffige Feinsande ohne nennenswerte Fremdstoffanteile.

Unterhalb der Abdeckböden folgte bei allen Schürfen das Deponat. Dieses besteht überwiegend aus dunkelgrauem bis schwarzem schluffigem Sand.
Außer bei Schurf 17 war der Fremdstoffanteil bis auf einzelne Holzbretter bei 2,5 m u. GOK in Schurf 18 und vereinzelte Beton- und Holzresten in Schurf 20 gering.
In Schurf 17 wurden größere Fremdstoffanteile (Bauschutt, Siedlungsabfall, Schrott, Abbildung 20) erkundet *(Anmerkung: aber wesentlich geringer als im Verfüllbereich NW)*.

In den randseitig gelegenen Schurfen 17 und 20 kam es bei ca. 1,5 m u. GOK zu starken Schichtenwasserzutritten. Bei den näher am wasserüberdeckten Zentralteil gelegenen Schurfen wurden erst bei ca. 2,5 m u. GOK einzelne lokale Schichtenwasserzutritte (Schurfe 18, 19) bzw. bis zur Aushubsohle keine Wasserzutritte (Schurf 16, Aushubsohle 3,5 m u. GOK) verzeichnet.

Die Konsistenz des angetroffenen Deponats war stark abhängig vom Niveau des Wasserzutritts. Oberhalb der Wasserzutritte wies das Material zumeist weiche und vereinzelt sogar steife Konsistenzen auf. Dagegen war es in den nassen Bereichen beim Aushub überwiegend breiig bis flüssig. Wegen der z.T. sandigen Ausbildung des Deponats fand in den

Stahlmulden eine schnelle Entwässerung mit einer entsprechenden Verfestigung statt, so dass hier nur eine Probe in die Testkonditionierung mit einbezogen wurde.

Besonderheiten:

Bei den Schurfen im SO wurde kein elementares Quecksilber festgestellt.

Abbildung 20: Fremdstoffeinlagerungen in Schurf 17

Abbildung 21: Bis zur Aushubsohle trockener Schurf 16

4.2 Erkundung Fremdeinlagerungen durch Einsatz geophysikalischer Verfahren

Die Ergebnisse der geomagnetischen Erkundung sind in den Anlagen 2.1 und 2.2 dargestellt. Darin sind 4 Verdachtspunkte S1 bis S4 sowie ein Anomalienband ausgewiesen. In diesen Bereichen waren ferromagnetische Störkörper zu erwarten. Zur Verifizierung der ausgewiesenen Störkörper wurde der Verdachtspunkt S4 (Anlage 1.1) im Rahmen der Schurferstellung am 10.05.2023 geöffnet (Abbildung 22).

Abbildung 22: Aufschluss des Verdachtspunkts S4

Ergebnis des Aufschlusses:

Unter einer 40 cm mächtigen Bodenabdeckung aus schluffigem Feinsand folgten direkt bis 1,0 m unter GOK dunkelgraue Deponatablagerungen aus feinsandig-schluffigem Material. Ab 1,0 m unter GOK bis zur Endteufe von 2 m u. GOK wurden massive Bauschutteinlagerungen (stahlbewehrte Betonplatten) und Verschrottungen (Kabel, Bleche, Anlagenteile) aufgeschlossen. Die Fremdstoffe befanden sich in einem Schichtenwasserhorizont.

Fazit: Geomagnetische Sondierungen sind grundsätzlich geeignet, ferromagnetische Materialien von der Oberfläche der Deponie aus zu erkunden. Allerdings ist wegen der oberflächennahen hohen Fremdstoffanteile (Bauschutt, Schrott) auf der nordwestlichen Ablagerungsfläche der Deponie Brüchau vorab keine Unterscheidung zwischen normalen Fremdstoffeinlagerungen und Fremdeinlagerungen in metallischen Behältnissen möglich. Daher wird diese Option der Vorerkundung in einer Rückbauplanung nicht weiterverfolgt.

4.3 Ergebnisse der Testkonditionierung

Die Ergebnisse der Testkonditionierung an den 16 Proben sind in Tabelle 4 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass mit den veranschlagten Zugabemengen an Konditionierungsmittel die Zielvorgaben (Erreichung einer Flügelscherfestigkeit von 10 kN/m^2 innerhalb von 5 Tagen) bis auf eine Ausnahme (Probe Z-S7-D) erreicht wurden.
Bei den Messungen im Rahmen der Eignungsuntersuchung der Quecksilberabsorptionsmatte am 20.06.2023 wurde festgestellt, dass sich das Material aus Schurf 7 zwischenzeitlich so stark verfestigt hatte, dass der Messflügel nicht mehr in das Material eingeführt werden konnte (Flügelscherfestigkeit >27,5 kN/m^2).
Ein Grund für das anfangs verzögerte Abbindeverhalten beim Deponat von Schurf 7 kann in dem verhältnismäßig hohen Anteil an Organik in dem Material vermutet werden.

Tabelle 4: Ergebnisse der Testkonditionierung (Zugabemengen Konditionierungsmittel, Festigkeitsentwicklung über die Zeit)

Probe	Material-menge in der Stahlmulde [kg]	Zugabemenge Kondition-ierungsmittel [Gew.%]	Zugabemenge Kondition-ierungsmittel [kg]	Festigkeitsentwicklung (Flügelscherfestigkeit [kN/m²])		
				12.05.2023	15.05.2023	16.05.2023
NW-S1-D1	5.740	5	287		8,3	23,4
NW-S3-D1	3.310	5	166		8,3	15,1
NW-S3-D2	5.490	5	275		8,3	16,5
NW-S4-D1	5.890	5	295		6,8	19,3
NW-S4-D2	5.870	5	294		3,3	24,8
Z-S6-D	4.870	10	487	2,2	8,5	12,3
Z-S7-D	4.770	10	477	2,2	6,1	6,9
Z-S8-D	5.590	10	559	2,0	23,4	19,3
Z-S9-D	4.570	10	457		3,3	>27,5
Z-S10-D	5.390	10	539		3,3	27,5
Z-S11-D	4730	10	473		3,6	19,3
Z-S12-D	4.930	10	493		2,8	>27,5
Z-S13-D	4.550	10	455		4,2	22,0
Z-S14-D	4.990	10	499	2,2	9,6	11,0
Z-S15-D	5.090	10	509	2,2	9,4	13,8
SO-S17-D2	4.290	3	129		8,3	15,1

4.4 Ergebnisse Eignungsprüfung Quecksilberabsorptionsmatte

Die Eignungsprüfung für die Quecksilberabsorptionsmatte [redacted] erfolgte durch Messung der Quecksilbergehalte in der Umgebungsluft (Messbereich des EMP2 Hg-Messgerätes 0 bis 999 µg/m³). Die Messungen wurden an dem, mit der Matte abgedeckten, Deponat der Schurfe 1, 2, 3 und 5 aus dem Ablagerungsbereich Nordwest durchgeführt. Dabei wurde die Quecksilberkonzentration in der Luft in den 8 Mulden nach ca. 1 Monat Standzeit ober- und unterhalb (direkt über der Deponatoberfläche) der Matte gemessen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist der Tabelle 5 zu entnehmen. In der Tabelle werden jeweils die maximalen Messwerte aufgeführt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Eignungsprüfung der Quecksilberabsorptionsmatte

Schurfnummer	Probenmaterial, Containernummer	Messwert Hg oberhalb Deponat [µg/m³]	Messwert Hg oberhalb der Matte [µg/m³]	Hg-Abschirmwirkung der Absorptionsmatte
1	NW-S1-D1/K, 161	>999	max. 300	min. 70 %
1	NW-S1-D2, 45061/16	max. 270	max. 40	min. 85 %
2	NW-S2-D1, 102	max. 200	max. 30	min. 85 %
2	NW-S2-D2, 821	max. 500	max. 50	min. 90 %
3	NW-S3-D1/K, 45061/9	max. >999	max. 150	min. 85 %
3	NW-S3-D2/K, 45061/10	max. 600	max. 70	min. 88 %
5	NW-S5-D, 145061/19	max. >999	max. 50	min 95 %
5	NW-S5-D2, 45061/12	max. 470	max. 35	min. 93 %

Anhand der Ergebnisse der Eignungsuntersuchung kann man davon ausgehen, dass durch den Einsatz der Absorptionsmatte Quecksilberemissionen in die Luft wirkungsvoll reduziert werden können. Die eingesetzte Quecksilberabsorptionsmatte wies in den Versuchen ein Rückhaltvermögen von mindestens ca. 70 % auf.

Bei der Beurteilung der Messergebnisse ist zu berücksichtigen, dass diese unmittelbar an der Deponatoberfläche bzw. oberhalb der Matte erfolgten. Daraus lassen sich keine Rückschlüsse auf die Einhaltung von Arbeitsgrenzwerten ableiten.

Wie lange die Absorptionswirkung anhält, ist derzeit unbekannt, da aktuell noch keine Untersuchungen zur Beladungskapazität vorliegen. Relativierend dazu ist aber, dass im Rückbauprojekt Brüchau nur ein temporärer Einsatz für den Zeitraum der Konditionierung und des Materialausbaus veranschlagt wird.

4.5 Ergebnisse der messtechnischen Begleitung bzw. Arbeitsplatzmessungen während der Schurferstellung, Testkonditionierung und Probenahme sowie der Wirksamkeit der Arbeitsschutzmaßnahmen

Im Rahmen der Arbeitsplatzmessungen während der Arbeiten auf der Deponie Brüchau wurden neben den Parametern Quecksilber, Benzol, H_2S, O_2, CO_2, CO durch die radiologische Baubegleitung auch Messungen der Zählraten und Ortsdosisleistungsmessungen vorgenommen. Die detaillierten Ergebnisse der Messungen sind den entsprechenden Messprotokollen (Anlage 9.1) sowie dem Bericht von [redacted] (Anlage 4.1) zu entnehmen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

1. Überschreitungen der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Wert) bei den Arbeitsplatzmessungen in den Aushubbereichen gab es nur für den Parameter Quecksilber (20 µg/m³) im Verfüllabschnitt NW mit max. 250 µg/m³ (Schurf 1).
   Im Zentralabschnitt blieben die gemessenen Quecksilberkonzentrationen in der Luft bis auf 2 Ausnahmen (Schurfe 6 max. 21 µg/m³ und 14 max. 33 µg/m³) unterhalb des MAK-Wertes.
   Im SO-Bereich wurde während der Probenahme kein Quecksilber in der Luft festgestellt.
2. Die Parameter Benzol, H_2S, O_2, CO_2, CO waren bei allen Messungen unauffällig bzw. blieben für Benzol weit unterhalb des Alarmwertes von 5 ppm.
3. Im Verfüllbereich Nordwest und dem Zentralteil gibt es heterogen verteilte Kontaminationen mit lokalen Spots (z.B. Schurf 5) von überwachungsbedürftigen Rückständen nach StrlSchG.
   Die effektive Dosis, denen das bei den Vorversuchen eingesetzte Personal ausgesetzt war, liegt aber weit unterhalb der Gefahr, den gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv im Kalenderjahr zu überschreiten. Dementsprechend konnte der Strahlenschutz über die allgemeinen Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz abgedeckt werden.
4. Im Ergebnis des Biomonitorings wurde NEPTUNE von der Arbeitsmedizinerin attestiert: „Bei dem Projekt Brüchau zeigten sich die beschlossenen Arbeitsschutzmaßnahmen, einschl. ausgewählter PSA nach Betrachtung des Biomonitorings als eindeutig wirksam und aus arbeitsmedizinischer Sicht empfehlenswert.“ (Anlage 9.2)

4.6 Analytikergebnisse Feststoff

Die Ergebnisse der Deklarationsanalytik (chemisch, radiologisch) sind den Anlagen 3.1 und 4.1 zu entnehmen.

4.6.1 Bewertungsgrundlagen Analytik Feststoff

Die Auswertung der Feststoffanalytik aus der Deponie Brüchau erfolgte vor dem Hintergrund möglicher Entsorgungsoptionen für das Material.

Chemische Analytik Feststoff

Bei der Bewertung (Anlage 3.2) von Optionen für eine Verbringung des Materials auf eine Obertagedeponie wurden die Kriterien der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV), Anhang 3 Zulässigkeits- und Zuordnungskriterien, Tabelle 2 Zuordnungswerte herangezogen.

Die Parameter der Zuordnungswerte in der DepV orientieren sich weitgehend am vorbeugenden Grundwasser- und Bodenschutz sowie der Verhinderung von Abbauprozessen im Deponiekörper. Für deren Beurteilung ist die Löslichkeit von Stoffen bei Wasserzutritt, der Gehalt an organischen Stoffen im abzulagernden Material sowie der Anteil an mobilen Kohlenwasserstoffen ausschlaggebend.
Daher enthält die DepV keine Vorgaben für Schwermetallgehalte im Feststoff, sondern nur Eluatkriterien für Schwermetalle in Lösung.

Wegen der vergleichsweisen geringen Löslichkeit von elementarem Quecksilber, erfüllen oft auch Materialien mit einem hohen Quecksilbergehalt im Feststoff die Vorgaben der DepV. Für gefährliche Abfälle im Sinne der Abfallverzeichnisverordnung hat z.B. Niedersachsen im Erlass „Umsetzung der Deponieverordnung: Ergänzende Zuordnungskriterien für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien der Klassen I und II" vom 20.12.2011 gegenüber der DepV zusätzliche Vorgaben verabschiedet.
Darin werden für eine Ablagerung auf DKI und DKII-Deponien die Zuordnungswerte der DepV durch Gesamtgehalte ablagerungsrelevanter Inhaltsstoffe mit gefährlichen Eigenschaften (u.a. auch Schwermetalle) ergänzt.
Diese Zuordnungskriterien gehen gemeinsam mit den Annahmekriterien einer DKIII Deponie bei der Entsorgungseinstufung des beprobten Materials mit ein.

Der Annahmegrenzwert für Quecksilber von 500 mg/kg auf der Sonderabfalldeponie (SAD) berücksichtigt genau wie der aktuelle Richtwert von 100 mg/kg im Falle einer Untertageverbringung Arbeitsschutzaspekte bei der Handhabung und Verbringung von Abfällen mit elementarem Quecksilber. Durch Einhaltung der Vorgaben sollen die Risiken von MAK-Wertüberschreitungen in offenen Deponieabschnitten, im Bereich von Anlagen und in Grubenwettern untertage für das überwiegend nicht mit Atemschutz tätige Personal der Entsorger minimiert werden.

Radiologische Analytik Feststoff

Neben chemischen Parametern wurden für alle Mischproben des Originalmaterials auch gammaspektrometrische Untersuchungen durchgeführt und die spezifischen Aktivitäten der relevanten Radionuklide in der U-238-, Th-232- und U-235-Zerfallsreihe sowie K-40 (bezogen auf die Trockensubstanz) ausgewiesen.

Nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) sind für die in Brüchau abgelagerten bergbaulichen Abfälle (Rückstände gem. Anlage 1 Nr.1 StrlSchG) bis zu einer spezifischen Aktivität von 0,2 Bq/g für jedes Radionuklid der U-238- und der Th-232 Zerfallsreihe keine weiteren strahlenschutzrechtlichen Vorgaben zu beachten.

Bei Überschreitung der o.g. Werte ist für die betroffenen Rückstände im Fall des vorgesehenen Rückbaus und der Entsorgung in einem zweiten Schritt zu prüfen, ob die Summe der höchsten

spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der U-238- und der Th-232 Zerfallsreihe die allgemeine Überwachungsgrenze von C = 1 Bq/g in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) einhalten.
Für den Fall einer untertägigen Verwertung oder Deponierung liegt die Überwachungsgrenze bei C = 5 Bq/g.
Ist die Überwachungsgrenze, der für die Bewertung zugrunde gelegten Entsorgungsanlage unterschritten, sind die Rückstände nicht überwachungsbedürftig und von einer Anmeldepflicht bzw. weiteren regulatorischen Kontrollen befreit.

Andernfalls handelt es sich um überwachungsbedürftige Rückstände nach StrlSchG. Dafür ist für Rückstände aus einer unter Bergaufsicht stehenden Anlage vor einer ggf. möglichen Entsorgung, gemäß § 62 Abs. 2 StrlSchG beim LAGB ein Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutzrechtlichen Überwachung zu stellen.

4.6.2 Ergebnisse der Analytikauswertung Feststoff

Die Einstufung der Proben entsprechend den Ergebnissen der chemischen Analytik ist in der Tabelle Anlage 3.2 enthalten. Darin ist anhand farblicher Hinterlegung die Zuordnung zu den Entsorgungsoptionen nach DepV, den Deponieklassen (DK) I, II und III zu entnehmen. Die Einstufung >DKIII bedeutet, dass das Material ohne Vorbehandlung zur Reduzierung der einstufungsrelevanten Belastung bzw. einer Einzelfallzustimmung nach Anhang 3 Nr. 2 DepV durch die für die Entsorgungsanlage zuständige Genehmigungsbehörde nicht auf einer Obertagedeponie ablagerungsfähig ist.

Leitparameter für die Entsorgungseinstufung des Einlagerungsgutes der Deponie Brüchau ist vor allem der Gehalt an (elementaren) Quecksilber im Feststoff. Diese Aussage gilt sowohl für das Originalmaterial als auch für die konditionierten Proben.
Dabei gibt es signifikante Unterschiede in der Hg-Belastung für die 3 Verfüllbereiche Nordwest, Zentralbereich und Südost. Während die mittleren Gehalte an Quecksilber im Originalmaterial in den Verfüllbereichen Nordwest mit ca. 3.400 mg/kg und im Zentralbereich mit ca. 3.000 mg/kg weit oberhalb der DKIII-Annahmegrenzwerte liegen, betragen diese für den Verfüllbereich SO nur ca. 30 mg/kg.

Damit bedarf der überwiegende Anteil des Materials aus den Verfüllbereichen Nordwest (Ausnahme Schurf 4) und dem Zentralbereich (Ausnahmen Schurfe 11 und 12) einer Vorbehandlung mit dem Ziel, der Reduzierung der Quecksilbergehalte (Abbildung 23 und 24).

Neben Quecksilber spielen bei der Einstufung des Materials zur Entsorgung noch die Organikparameter (Glühverlust, TOC, DOC), weitere einzelne Schwermetallparameter (Blei, Arsen, Kupfer, Molybdän) und Chloride eine gewisse Rolle. Diese erfüllen aber bis auf die Ausnahmen (Bleigehalt in Schurf 1 mit 6.540 mg/kg bei einem Grenzwert von 6.000 mg/kg sowie Organikgehalte z.T. Schurf 7 und Chloridgehalte Schurfe 7, 15, z.T. 13, z.T. 14) die

Voraussetzungen für eine obertägige Entsorgung.
Die Kohlenwasserstoffgehalte im Einlagerungsgut der Deponie Brüchau sind vergleichsweise gering. Alle Proben erfüllen die Zuordnungswerte für eine Entsorgung auf einer Obertagedeponie.
Im Verfüllbereich Nordwest liegen die mittleren Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) C_{10} bis C_{40} im Originalmaterial bei ca. 4.000 mg/kg, im Zentralbereich bei ca. 2.700 mg/kg und im Verfüllbereich SO bei ca. 600 mg/kg.

Hohe Quecksilbergehalte im Feststoff sind beim Material der Deponie Brüchau im Allgemeinen oft auch gekoppelt mit erhöhten Gehalten an weiteren Schwermetallen in den Proben. Dagegen sind hohe Organik- und Chloridgehalte weitgehend auf Proben des Zentralbereichs beschränkt.

Anhand der vorliegenden Analytik ist ein gewisser Einfluss des Konditionierungsmittels auf die Schwermetalllöslichkeit des Deponats zu verzeichnen. So ist die Löslichkeit einzelner Schwermetalle der konditionierten Proben gegenüber dem Originalmaterial erhöht. Dieses ist voraussichtlich auf die pH-Wertanhebung zurückzuführen.

Von den gammaspektrometrisch (radiologisch) untersuchten 30 Proben weisen im:

- Verfüllbereich Nordwest 6 der 10 Proben und
- im Zentralbereich 9 der 10 Proben

spezifische Summenaktivitäten $C_{U238max}$ + $C_{Th232max}$ größer 0,2 Bq/g auf. Jeweils 3 Proben aus dem Verfüllbereich Nordwest in Schurfen 1, 2 und 3 sowie 4 Proben aus dem Zentralbereich in den Schürfen 6, 7, 14 und 15 überschreiten auch die allgemeine Überwachungsgrenze von 1 Bq/g.
Die maximale spezifische Summenaktivitäten $C_{U238max}$ + $C_{Th232max}$ wurden mit 3,98 Bq/g im Schurf 15 analysiert. Damit ist das Deponat der 7 Proben als überwachungsbedürftiger Rückstand nach StrlSchG (Abbildung 23) anzusehen und müsste vor einer obertägigen Entsorgung aus dem Strahlenschutz entlassen werden.
Bei einer untertägigen Verwertung/Beseitigung wäre dies ohne Entlassung des Materials möglich, da die spezifischen Aktivitäten unter der hier geltenden Überwachungsgrenze von 5 Bq/g liegen.

Voraussetzung für die Entlassung ist neben der Eignung (radiologische Unbedenklichkeit entsprechend der Kriterien nach Anlage 7 Strahlenschutzverordnung- StrlSchV), die Annahmeerklärung der Entsorgungsanlage.

Notwendige Vorbehandlungen sind im Antrag auf Entlassung aus der strahlenschutz-rechtlichen Überwachung als Behandlungsschritt für den ausgewiesenen Entsorgungsweg mit einzubeziehen (Anlage 4.1).

Auf die Einteilung in Deponieklassen nach DepV hat die Einstufung von Material als überwachungsbedürftiger Rückstand keinen Einfluss.

Die Abbildungen 23 und 24 zeigen die Verteilung der Quecksilberbelastung im Original- und konditionierten Material sowie der überwachungsbedürftigen NORM-Rückstände (nur Originalmaterial) auf dem Deponieareal Brüchau mit den dazugehörigen Entsorgungseinstufungen.

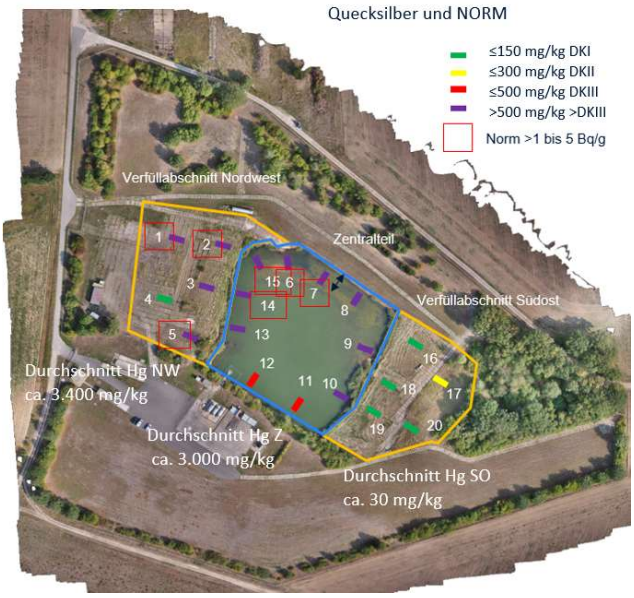

*Abbildung 23: Entsorgungseinstufung und Belastungsverteilung des Einlagerungsmaterials der Deponie Brüchau für die einzelnen Schurfe auf Basis der Quecksilberbelastung inklusive Verteilung der überwachungsbedürftigen Rückstände nach StrlSchG anhand der **Originalproben***

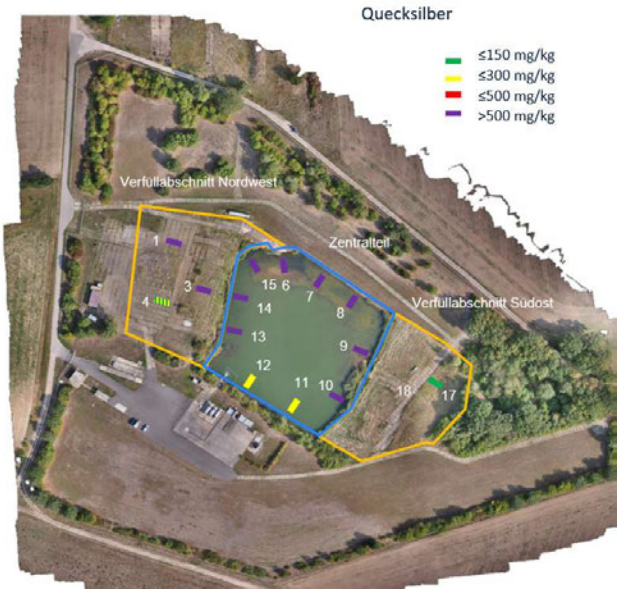

*Abbildung 24: Entsorgungseinstufung des **konditionierten** Einlagerungsmaterials der Deponie Brüchau für die einzelnen Schurfe anhand der Quecksilberbelastung*

In Tabelle 6 werden die Analytikergebnisse für die Leitparameter Quecksilber und die spezifische Aktivität zusammengefasst.

Tabelle 6: Analytikergebnisse für die Leitparameter Quecksilber und die spezifische Aktivität

Schurf-Nr.:	Quecksilber Original [mg/kg]	Quecksilber konditioniert [mg/kg]	Anahmegrenzen				NORM spezifische Aktivität [Bq/g]
			DK 0 [mg/kg]	DK I [mg/kg]	DK II [mg/kg]	DK III [mg/kg]	
Verfüllabschnitt Nordwest							
1	9.850 (D1) 992 (D2)	14.400 (D1/K)	5	150	300	500	3,02 (D1) 0,51 (D2)
2	998 (D1) 5.670 (D2)						- (D1) 2,40 (D2)
3	8.730 (D1) 899 (D2)	4.970 (D1/K)					0,99 (D1) 0,21 (D2)
4	41 (D1) 18 (D2)	84 (D1/K) 186 (D2/K)					- (D1) - (D2)
5	5.150 (D1) 1.450 (D2)						2,93 (D1) - (D2)
Zentralbereich							
6	7.840	10.200	5	150	300	500	3,61
7	2.760	14.100					2,70
8	1.110	1.180					0,62
9	668	503					0,43
10	1.220	998					0,44
11	441	292					0,24
12	304	299					0,56
13	821	1000					-
14	8.670	13.600					2,90
15	5.980	10.800					3,98
Verfüllabschnitt Südost							
16	6 (D1) 104 (D2)		5	150	300	500	- (D1) - (D2)
17	10 (D1) 118 (D2)	125 (D2/K)					- (D1) - (D2)
18	11 (D) 3 (B)						- (D) - (B)
19	8 (D) 13 (B)						- (D) - (B)
20	5 (D) 1 (B)						- (D) - (B)

Die Auswertung der Analytikergebnisse zeigt, dass die höchsten Belastungen der Deponie sich im Nordwesten des Zentralteils und im Ablagerungsbereich Nordwest mit Ausnahme des Schurfes 4 konzentrieren. Es wird geschätzt, dass zwischen 60 bis 70 Prozent des in Brüchau

abgelagerten Deponatvolumens (veranschlagtes Gesamtablagerungsvolumen ca. 100.000 m^3) einer Vorbehandlung zur Separation des Quecksilbers bedarf. Voraussichtlich 10 % bis 20% des Gesamtvolumens müssen zusätzlich als überwachungsbedürftige Rückstände gemäß Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) betrachtet werden.

Aufgrund der Überschreitung der spezifischen Aktivität von 0,2 Bq/g (Prüfwert nach § 161 Abs. 1 StrlSchG) liegen Anhaltspunkte für das Vorliegen einer „Radioaktiven Altlast" gemäß § 136 StrlSchG vor.
Der Verdacht wird bestätigt oder ausgeräumt durch eine Expositionsabschätzung (§ 160 Abs. 2 StrlSchg). Darin wird geprüft, ob durch Lagerung, Verwertung oder Beseitigung für Einzelpersonen der Bevölkerung der Richtwert der effektiven Dosis von 1 Millisievert im Kalenderjahr überschritten werden kann (§ 61 Abs. 1 StrlSchG). Wenn im Ergebnis der Expositionsabschätzung die effektive Dosis 1 mS/a überschreitet, wäre der Verdacht abschließend bestätigt, ansonsten ausgeräumt.

Eine solche Expositionsabschätzung steht derzeit noch aus. Der Gutachter [redacted] hat in seinem Gutachten eine überschlägige Expositionsabschätzung für das eingesetzte Personal während eines potenziellen Rückbaus durchgeführt. Dabei lag die max. Dosis bei ca. 0,6 mS/a und damit unter dem Richtwert.

Dagegen ist der Ablagerungsbereich Südost vergleichsweise gering belastet. Anhand der Deklarationsanalytik weist das dort abgelagerte Material nur geringe Quecksilbergehalte auf und es sind keine radioaktiven Kontaminationen zu erwarten. Das Deponat könnte in Gänze auf oberirdische Deponien der Deponieklassen I und II nach DepV verbracht werden. Bei den Schurfen im SO wurde auch kein elementares Quecksilber festgestellt (Anlagen 3.4.1 und 9.1).

Hinsichtlich der Ablagerungshistorie ist zu vermerken, dass es sich bei den Verfüllbereichen NW und Zentralteil um Ablagerungsbereiche handelt, die vor dem 01.01.1994 verfüllt wurden (vergleiche Abbildung 25 und 26), während die Verfüllungen im Ablagerungsbereich Südost erst nach diesem Datum erfolgt sind.

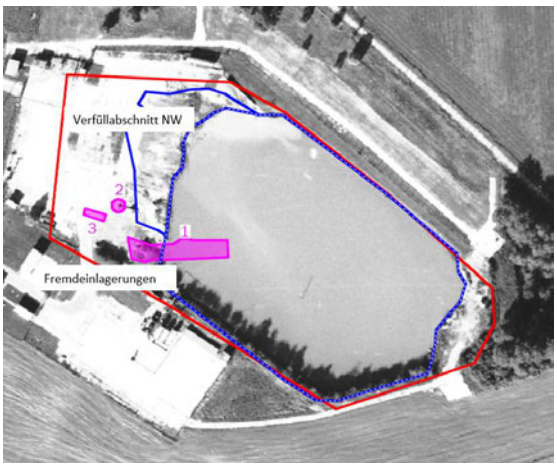

Abbildung 25: Deponie Brüchau Luftbild Oktober 1995

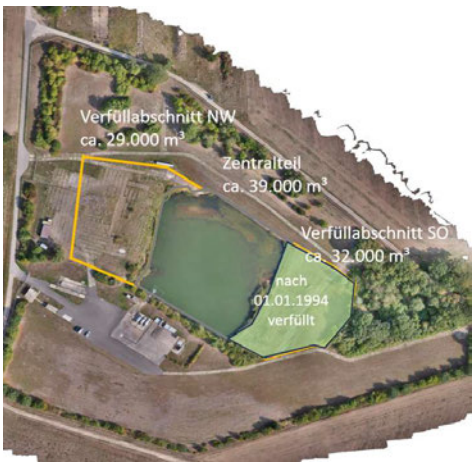

Abbildung 26: aktuelles Luftbild Deponie Brüchau, Verfüllabschnit SO wurde nach 1994 verfüllt

Zu diesem Stichtag erfolgte der Gefahrenübergang laut Kaufvertrag zwischen der Treuhandanstalt und GdFD/EEG vom 20. Mai 1994. Die NEPTUNE Energy Deutschland GmbH (NEPTUNE) ist Rechtsnachfolgerin der EEG.

4.7 Analytikergebnisse Überstandswasser

Die Ergebnisse der chemischen Analytik für das Überstandswasser des Zentralteils sind der Anlage 8.3 zu entnehmen, während die Radionuklidanalytik in Anlage 8 des [redacted] Gutachtens (Anlage 4.1) aufgeführt wird.

4.7.1 Bewertungsgrundlagen Analytik Überstandswasser

Chemische Wasseranalytik Überstandswasser

Zur Bewertung der Überstandswasseranalytik wurden den Untersuchungsergebnissen jeweils die Mindestanforderungen (wenn vorhanden) für das Einleiten von Abwasser in Gewässer gegenübergestellt. Diese entstammen der Verordnung „Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer" (Abwasserverordnung - AbwV) und sind dort für verschiedene Herkunftsbereiche des Abwassers angegeben. Für die vorliegende Bewertung wurden die Herkunftsbereiche Erdölverarbeitung (Anhang 45) und die oberirdische Ablagerung von Abfällen (Anhang 51) als Vergleichsmaßstab zugrunde gelegt.

Parallel zu den Vorgaben der AbwV sind in der Tabelle 7 zusätzlich die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) aus den Veröffentlichungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) angegeben.

Anmerkung: „Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung

oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden." (aus Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, LAWA 2016)

Radiologische Analytik Überstandswasser

Die Radiologische Bewertung des Überstandswassers erfolgte auf Basis der Anforderungen an eine Ableitung in ein oberirdisches Gewässer. Auch hier gilt, dass der Richtwert für die effektive Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung nicht überschritten werden darf. Die Bewertung erfolgte hilfsweise über die spezifischen Aktivitäten der Wasserproben mit Prüfung der Richtdosen und der maximal zulässigen Aktivitätskonzentration nach Anlage 11 Teil D Tabelle 6 StrlSchV.

4.7.2 Ergebnisse der Analytikauswertung Überstandswasser

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Auswertung für die Hauptparameter im Überstandawasser dargestellt.

Tabelle 7: Deponie Brüchau, Analyseergebnisse für die Hauptparameter im Überstandswasser

Parameter	Analytik des Aufstandswassers Deponie Brüchau	Mindestanforderungen für die Einleitung gemäß Anhang 45 bzw. 51 AbwV	Geringfügigkeits-schwelle (GFS)
TOC [mg/l]	14	25*	
CSB [mg/l]	51 - 55	80* bzw. 200*	
KW-Index [mg/l]	<0,10	1,5* bzw. 10*	0,1
Quecksilber [mg/l]	0,0001	0,0010** bzw. 0,05**	0,0001
Chlorid [mg/l]	3.095 bis 3.310		250
Sulfat [mg/l]	135 bis 137		250

*Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle

**Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung

Darüber hinaus verbleiben auch die Konzentrationen für LHKW und BTEX alle unter der Nachweisgrenze.

Im Rahmen der radiologischen Untersuchungen des Überstandswassers wurden die Nachweisgrenzen des Verfahrens nur bei den Parametern Ra-226 und K-40 überschritten. Bei der Probe Ü2 zusätzlich noch bei Pb-210.

Die Berechnung der Summenwerte zur Prüfung der Einhaltung der Richtdosis und der maximal zulässigen Aktivitätskonzentration führte unter Berücksichtigung realitätsnaher Ansätze zu folgender gutachterlicher Schlussfolgerung: „Da somit die Parameter Richtdosis und maximal

zulässige Aktivitätskonzentration eingehalten sind, wird auch der Richtwert von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung nicht überschritten."

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das beprobte Überstandswasser nur wegen der erhöhten Salzfrachten nicht direkt in einen Vorfluter abgeleitet werden kann.

4.8 Ergebnisse der Geotechnischen Versuche

Die Einzelberichte zu den geotechnischen Versuchen sind in den Anlagen 6.2 bis 6.5 aufgeführt. Tabelle 8 enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse der geotechnischen Versuche.

Tabelle 8: Deponie Brüchau, Zusammenfassung der Ergebnisse der geotechnischen Versuche

Nr.:	Probenbezeichnung	konditioniert ja/nein	Bodenart (DIN 4022-1)	Feuchtdichte bzw. 95 % Proctordichte [t/m³]	Zustandsform
Verfüllabschnitt Nordwest				**Ansatz: 1,8**	
1	NW-S1-D1/O	nein	S, u, t', gg'	2,040	flüssig
2	NW-S1-D1/K	ja	G, ms, u', fs', gs'	*1,619*	*breiig**
3	NW-S2-D1/O	nein	S, u', fg', gg'	1,816	flüssig
4	NW-S2-D2/O	nein	S, gg, u'	1,613	breiig
5	NW-S3-D2/O	nein	S, u', gg'	1,702	flüssig
6	NW-S4-D1/O	nein	S, u', t'	2,014	flüssig
7	NW-S4-D2/O	nein	S, u, t', g'	2,032	flüssig
8	NW-S4-D2/K	ja	S, u, fg'	*1,540*	*weich*
9	NW-S5-D2/O	nein	S, gg, u'	1,615	breiig
Zentralbereich				**Ansatz: 1,5**	
10	Z-S8-D/O	nein	U, fs, ms, g', gs'	1,434	flüssig
11	Z-S9-D/K	ja	S, u, fg', mg'	*1,505*	*flüssig*(?)*
12	Z-S10-D/O	nein	S, u, g'	1,713	flüssig
13	Z-S12-D/O	nein	U, t', fs', ms'	1,275	flüssig
14	Z-S13-D/K	ja	U, s, g'	*1,682*	*Breiig**
15	Z-S14-D/O	nein	U, fs, ms', gs'	1,466	flüssig

Fortsetzung Tabelle 8

Nr.:		Probenbezeichnung	konditioniert ja/nein	Bodenart (DIN 4022-1)	Feuchtdichte bzw. 95 % Proctordichte [t/m³]
Verfüllabschnitt Südost				**Ansatz: 1,7**	
16	SO-S16-D2/O	nein	S, u, t', g'	1,593	breiig
17	SO-S17-D2/O	nein	S, u, t', fg'	1,686 (leicht verdichtet)	flüssig
18	SO-S17-D2/K	ja	S, u, t', g'	*1,716*	*Breiig**
19	SO-S18-B/O	nein	S, u, gg, t', mg'		steif
20	SO-S18-D/O	nein	S, u, gg, t'	1,777	breiig
21	SO-S19-D/O	nein	S, u, t', g'	1,776	weich
22	SO-S20-B/O	nein	S, u, gg, t', mg'	1,556	weich
23	SO-S20-D/O	nein	S, u, fg', mg', gg'	1,514	flüssig

* bis zu einer undränierten Scherfestigkeit von 20 kN/m² besitzt der bindige Boden eine breiige Zustandsform

Die Ergebnisse der Siebung und Sedimentation nach DIN EN ISO 17892-4 bestätigen im Wesentlichen die Angaben in den Schichtenansprachen während der Beprobung. Danach handelt es sich bei dem Ablagerungsgut in Brüchau überwiegend um sandig-schluffiges Material von flüssiger bis breiiger Konsistenz.

Die in der Tabelle 8 angegebenen Dichten entsprechen entweder 95 % der ermittelten Proctordichte bzw. den Ergebnissen der alternativen Dichtebestimmung nach DIN 18125 bei flüssiger Konsistenz der Proben.

Die Materialdichten sind stark abhängig von der Zusammensetzung des Deponats (z.B. mineralischer Zusammensetzung, Art und Anteil von Beschwerungsmitteln bei Bohrspülungsrückständen) und den Wassergehalten. In der Tabelle 8 wird zur Mengenabschätzung für die einzelnen Verfüllabschnitte eine mittlere Dichte ohne Berücksichtigung der konditionierten Proben angegeben. Auf Basis der geschätzten Ablagerungsvolumina ergeben sich die in Tabelle 9 angegebenen Ablagerungsmengen.

Tabelle 9: Deponie Brüchau Mengenermittlung

Verfüllabschnitt	Geschätztes Ablagerungs-volumen [m³]	Dichte-ansatz [t/m³]	Geschätzte Ablagerungs-menge Original-material [t]	Kondition-ierungs-mittel-zugabe [Gew.%]	Kondition-ierungs-mittel-zugabe [t]	Geschätzte Ablagerungs-menge konditioniert [t]
Nordwest	ca. 29.000	1,8	ca. 52.000	5	ca. 2.600	ca. 54.600
Zentralbereich	ca. 39.000	1,5	ca. 60.000	10	ca. 6.000	ca. 66.000
Südost	ca. 32.000	1,7	ca. 54.000	3	ca. 1.600	ca. 55.600
Gesamt:	ca. 100.000		ca. 166.000		ca. 10.200	ca. 176.200

Bei der Ermittlung der Entsorgungsmengen muss berücksichtigt werden, dass technologisch bedingt bzw. aus Sanierungsgründen im Rahmen der Deponatentnahme an den Böschungen und der Grubensohle zusätzlich Material entnommen werden muss. Diese zusätzliche Bodenentnahme wird in der Mengenprognose mit 30 cm Stärke veranschlagt.

Die Dichte des dabei anfallenden Bodenmaterials (Geschiebemergel) geht mit 1,8 t/m³ in die Massenermittlung ein. Vereinfachend wird in der Mengenermittung die Ablagerungsfläche als Horizontalprojektion (Mindestansatz) angesetzt.

Bei einer Fläche von ca. 20.200 m² müssen unter den gegebenen Bedingungen ca. 6.060 m³ bzw. ca. 10.900 t belastetes Sohlmaterial zusätzlich entnommen und entsorgt werden.

Die Gesamtentsorgungsmenge beim Rückbau des Inputmaterials der Deponie Brüchau wird aktuell mit **ca. 187.000 t** veranschlagt.
Wegen der hohen Gehalte an elementarem Quecksilber im **Deponat der Verfüllabschnitte Nordwest und dem Zentralbereich** besteht für diese Deponatmengen die **Notwendigkeit einer Vorbehandlung zur Quecksilberseparation**. Das Deponat muss wegen der zumeist flüssigen und breiigen Zustandsform konditioniert werden. Während der Konditionierung kommt es zwangsläufig zu einer Vermischung des Deponats. Daher wird vorsorglich davon ausgegangen, dass das gesamte Einlagerungsgut dieser beiden Verfüllabschnitte vorbehandelt werden muss. Das betrifft dann **ca. 121.000 t**.
Davon müssen derzeit trotz Konzentrationsvergleichmäßigung während des Konditionierungs- und Aushubprozesses mindestens 20 % (**min. 20.000 t**) als **überwachungsbedürftige Rückstände im Sinne des StrlSchG** veranschlagt werden.
Die verbleibenden **66.000 t Material aus dem Verfüllbereich Südost und der Grubensohle** werden voraussichtlich die **Annahmekriterien** ohne zusätzliche Behandlungsmaßnahmen **von Übertagedeponien erfüllen**.

Bei den o.g. Mengenangaben ist zu berücksichtigen, dass die Informationen zum Ablagerungsvolumen sich alleinig auf die Informationen aus dem Genehmigungsprozess der Deponie Brüchau stützen. Diese können wegen fehlender Vermessungsdaten der alten Tongrube bzw. stereoskopisch auswertbarer Luftbilder nicht verifiziert werden.

4.9 Ergebnisse der vakuumthermischen Behandlung

Die Detailergebnisse der vakuumthermischen Behandlung sind dem Bericht [redacted] in Anlage 7.1 und der Analytik von NEPUNE für das Eingangs- und Ausgangsmaterial der Tests in Anlage 7.2 zu entnehmen.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse für die Hauptparameter der 4 Versuche dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse der vakuumthermischen Behandlung

Nr.	Versuchs-bedingungen	Queck-silber-gehalt Eingangs-material [mg/kg]	Queck-silber-gehalt behandeltes Material [mg/kg]	MKW-Gehalt Eingangs-material [mg/kg]	MKW-Gehalt behandeltes Material [mg/kg]	TOC-Gehalt Eingangs-material [M%]	TOC-Gehalt behandeltes Material [M%]
1	konditioniertes Deponat, finale Heiztemperatur 350°C, Verweilzeit 30 Minuten bei max. Temperatur	12.800	3.400	3.150	156	Nicht analysiert	0,5
3	konditioniertes Deponat, finale Heiztemperatur 400°C, Verweilzeit 120 Minuten bei max. Temperatur	12.800	210	3.150	<100	Nicht analysiert	0,52
4	Original-material, finale Heiztemperatur 400°C, Verweilzeit 120 Minuten bei max. Temperatur	25.400	1.000	3720	<100	0,74	0,42
5	Original-material, finale Heiztemperatur 350°C, Verweilzeit 30 Minuten bei max. Temperatur	25.400	Nicht analysiert	3.720	Nicht analysiert	0,74	Nicht analysiert

Die Ergebnisse zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist, mittels Vakuumthermik die Quecksilbergehalte im Material der Deponie Brüchau so weit zu reduzieren, dass unter Vernachlässigung der NORM-Problematik eine oberirdische Beseitigung generell möglich ist.

Ein optimales Behandlungsergebnis erhält man bei einem möglichst geringen finalen Prozessdruck, Behandlungstemperaturen von mindestens 350°C und einer Verweilzeit von mindestens 2 Stunden bei maximaler Behandlungstemperatur. Zudem scheint sich eine vorherige Konditionierung des Materials positiv auf das Reinigungsergebnis auszuwirken.

Die vorgenannten Bedingungen werden durch den Versuch 3 abgebildet. Hier wurde eine Quecksilberabreinigungsrate im Feststoff von über 98 % erreicht (siehe Tabelle 10). Neben Quecksilber wurden auch die MKW-Gehalte um ca. 97 % reduziert.

Nach der Behandlung verbleiben die separierten Stoffe (Wasser, Quecksilber, Kohlenwasserstoffe, Organik) im Kondensat (Abbildung 27) und müssen entsprechend behandelt bzw. beseitigt werden. In den Versuchen betrug die Menge des Kondensats zwischen 16 Gew.% und 21 Gew.% des Eingangsmaterials.

Abbildung 27: Vakuumthermische Versuche; Kondensator mit Quecksilberperlen

Der nach der vakuumthermischen Behandlung aus der Anlage ausgeschleuste Feststoff muss entsprechend seiner Restbelastung entsorgt werden. Eine Einstufung entsprechend den Zuordnungswerten der Deponieverordnung enthält Abbildung 28.

Abbildung 28: Restbelastung und Entsorgungseinstufung nach vakuumthermischer Behandlung

Die Einstufung im Verfüllabschnitt NW beruht hauptsächlich auf dem Verbleib des Schwermetalls Blei (DKI≤3.000 mg/kg, DKII und DKIII≤6.000 mg/kg), untergeordnet Arsen, Kupfer und Zink.

Im Zentralbereich beruht die Einstufung überwiegend auf den Parametern Chlorid (> 2.500 mg/l) bzw. dem Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen (>10.000 mg/l). Vernachlässigt man die beiden Parameter, würde man überwiegend eine DKI bis DKII-Einstufung aufgrund der Schwermetalle Blei, Kupfer und Arsen vornehmen können.

Die NORM-Belastung bleibt nach der vakuumthermischen Behandlung bestehen und ist bei der Entsorgung zu berücksichtigen.

Anmerkung: Die Versuche mit der vakuumthermischen Testanlage wurden mit dem höchstbelasteten Material (Probe NW-S1-D1, NW-S1-D1/K) gefahren. Ein Vergleich der ausgewiesenen Quecksilberkonzentrationen im Eingangsmaterial der von NEPTUNE untersuchten Proben zeigt signifikante Abweichungen zwischen dem Original- und dem konditionierten Material.
Die Analytikergebnisse der Eurofins Untersuchung weisen für die gleiche Feststoffprobe 9.850 mg/kg Quecksilber im Originalmaterial und 14.400 mg/kg im konditionierten Material aus.
Auf Rückfrage an die Labore teilten diese mit, dass es „nach dem Homogenisieren der Proben zur Perlenbildung bzw. punktuellen Akkumulation von (elementaren) Quecksilber in der Probe kam. Dadurch ist die Reproduzierbarkeit der Messwerte für Quecksilber auf diesem hohen Konzentrationsniveau entsprechend schlecht und die Messunsicherheit erhöht." Somit sind die in der Analytik ausgewiesenen Quecksilberkonzentrationen hoch belasteter Proben stark abhängig von der Menge und Verteilung der Quecksilberperlen in der Ausgangsprobe, welche im Königswasseraufschluss gelöst werden.

5 Fazit

- Die vor 1994 verfüllten Ablagerungsbereiche NW und Zentralteil (Altbereich) unterscheiden sich von der Belastung signifikant von dem, ab 1994 begonnen Ablagerungsbereich Südost (Neuabschnitt). Während der Altbereich hoch mit elementarem Quecksilber von im Mittel >3.000 mg/kg belastet ist, sind die Quecksilbergehalte im Neuabschnitt mit im Mittel 30 mg/kg marginal.
- Die ca. 121.000 t Material aus den Altbereichen müssen vor einer ober- oder unterirdischen Beseitigung behandelt werden. Bei der Behandlung ist das elementare Quecksilber aus dem Material zu separieren und anschließend zu Quecksilbersulfid umzuwandeln. Dieses kann dann schadlos in eine Untertagedeponie verbracht werden.
- Erstmals wurden Rückstände im Sinne des StrlSchG im Deponat der Verfüllabschnitte NW und Zentralteil nachgewiesen. Davon betroffen sind mindestens 20.000 t Deponat

aus der Materialfraktion mit Quecksilbervorbehandlungserfordernis, so dass die Behandlungsanlagen neben ausreichender Kapazität auch Genehmigungen für die Aufnahme von Quecksilber und NORM-Material aufweisen müssen.

- Außer Quecksilber und den überwachungsbedürftigen Rückständen nach StrlSchG sind für die Entsorgungseinstufung nur noch untergeordnet einzelne Schwermetalle und Chloride relevant. Erhöhte Gehalte dieser Parameter sind immer auch mit erhöhten Quecksilbergehalten verbunden.
  Dagegen bedürfen die analysierten Kohlenwasserstoffe und Organikparameter keiner besonderen Berücksichtigung.
- Ca. 66.000 t Deponieinput aus dem Verfüllbereich Südost und der Grubensohle können voraussichtlich ohne Vorbehandlung auf einer oberirdischen Deponie der Klassen DKI bis DKIII nach DepV verbracht werden.
- Der Eingriff in den Deponiekörper bedarf wegen der hohen Quecksilbergehalte besondere Arbeitsschutzvorkehrungen inklusive des Einsatzes von Atemschutz. Die für die Versuche getroffenen Arbeitsschutzvorkehrungen erwiesen sich als angemessen und wirksam und könnten auch für den regulären Rückbau Anwendung finden.
- Der Störstoffanteil (Bauschutt, Schrott, Siedlungsabfall) ist vor allem im Verfüllabschnitt NW in den obersten 2 m der Ablagerung sehr hoch und würde beim Rückbau hohe Aufwendungen für die Separation dieser Stoffe erfordern.
- Wegen der Störstoffe ist es nicht zielführend, die Fremdeinlagerungen vor den Eingriff in den Deponiekörper über geophysikalische Verfahren zu erkunden. Zudem erfolgten viele Fremdeinlagerungen in nichtmetallischen Gebinden (Kunststofffässer, BigBag`s, textile Säcke).
- Wegen der zumeist flüssigen Konsistenz des Deponats muss dieses konditioniert werden. Die Ergebnisse der Testkonditionierung zeigen, dass mit dem eingesetzten Konditionierungsmittel auf Zementbasis, den veranschlagten Zugabemengen und der eingesetzten Technik die Konditionierungsziele für das Material der Deponie Brüchau erreicht werden.
- Die Vakuumthermik als Vorbehandlungsoption zur Separation des Quecksilbers aus dem Deponat ist anhand der Modellversuche prinzipiell geeignet, die notwendige Reinigungsleistung für eine nachfolgende Entsorgung zu gewährleisten.
- Das Überstandswasser im Zentralbereich ist vergleichsweise gering belastet. Lediglich der Chloridgehalt ist auffällig. Daher wird für die Planung die Verpumpung über die Versenkbohrung Dp Mahlsdorf Salzwedel 2 (Dp MahSw 2) weiter verfolgt.
- Der Einsatz der Quecksilberabsorptionsmatte ist prinzipiell geeignet, die Quecksilber-emissionen aus dem Deponiekörper temporär signifikant zu reduzieren.