



Erweiterung

Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden

Nachweis der Standorteignung

einschließlich

Bewertung der geotechnischen Randbedingungen

Aachen, Dezember 2020

Erweiterung Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden
Nachweis der Standorteignung einschließlich
Bewertung der geotechnischen Randbedingungen

Auftraggeber: RWE Power Aktiengesellschaft
Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung (GET-T)
Stüttgenweg 2
50935 Köln

Ansprechpartner: Herr Dr. den Drijver

Bestellnummer: S430329628-R4-564

Bestelldatum: 29.06.2018

Auftragnehmer: Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
Neuenhofstraße 112
52078 Aachen

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. M. Nendza
Prof. Dr. I. Obernosterer
I. Schmidt, M.Eng.

Projektnummer: 18.112

Berichtsdatum: 07.12.2020

Berichtsumfang: 59 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)
30 Anlagen



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	7
2	Deponiecharakteristik	7
2.1	Rechtliche Einstufung.....	7
2.2	Aktueller Stand.....	7
2.3	Geplante Erweiterung.....	9
3	Anforderungen gemäß DepV	11
4	Vergleich der Soll- und Ist-Situation	13
4.1	Standortbedingungen.....	13
4.1.1	Geologische Randbedingungen.....	13
4.1.2	Tektonik.....	18
4.1.3	Hydraulik.....	18
4.1.3.1	Aquifersystem, Gebirgsdurchlässigkeiten ungestörte Situation.....	18
4.1.3.2	Grundwasserströmung.....	20
4.1.3.3	Höchster Grundwasserstand.....	22
4.1.3.4	Wasserwirtschaftliche Verhältnisse.....	24
4.1.3.5	Hydrochemische Verhältnisse.....	24
4.1.4	Lage zu Schutzgebieten / Abstand zu sensiblen Gebieten.....	25
4.1.5	Gefahr durch Naturkräfte.....	26
4.1.6	Ableitbarkeit von Sickerwasser in freiem Gefälle.....	26
4.2	Deponieuntergrund.....	27
4.2.1	Ablagerungsbereich für eigene Abfälle.....	27
4.2.2	Lithologie der Abraumkippe.....	28
4.2.3	Eignung als Geologische Barriere.....	29
4.2.3.1	Durchlässigkeit.....	29
4.2.3.2	Schadstoffrückhaltevermögen.....	29
5	Konzept für eine Deponieerweiterung	30
6	Geotechnische Eignung des Deponieuntergrundes der geplanten	36
	Erweiterung	36
6.1	Vorangegangene Baugrunduntersuchungen.....	36
6.2	Ergänzende Baugrunduntersuchungen.....	36
6.3	Messtechnische Ermittlungen der Verformungen der bestehenden Basisabdichtung.....	39
6.3.1	Bewertung der Verformungen der Basisabdichtung unter der bisher aufgetragenen Belastung.....	40
6.3.2	Ermittlung der Steifigkeit der Kippenböden durch Rückrechnung.....	41
6.4	Charakteristische Bodenkennwerte.....	42
6.5	Setzungsberechnungen.....	42
6.5.1	Allgemeines.....	42
6.5.2	Setzungen infolge der Deponieauflast.....	43
6.5.2.1	Belastungsansatz.....	43
6.5.2.2	Setzungsberechnungen und Ergebnisse.....	43
6.5.2.3	Zusammenfassende Bewertung der Setzungsanteile.....	45
6.6	Beanspruchung der Basisabdichtung.....	46
6.7	Stand sicherheitsnachweise.....	48



6.7.1	Anforderungen, betrachtete Systeme.....	48
6.7.2	Systemabmessungen der Böschungen.....	49
6.7.2.1	Betriebsböschungen.....	49
6.7.2.2	Deponieböschung im Endzustand.....	49
6.7.3	Aufbau des Basis- und Oberflächenabdichtungssystems.....	49
6.7.4	Bodenkennwerte.....	50
6.7.5	Nachweisführung.....	52
6.7.6	Lastfall Erdbeben.....	53
6.7.7	Berechnungsergebnisse.....	53
6.7.8	Bewertung der Möglichkeit der Bodenverflüssigung.....	54
7	Zusammenfassung.....	56
8	Verwendete Unterlagen.....	58



Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Pläne

- Anlage 1.1. Übersichtslageplan mit Eintragung geologischer Störungen, M 1 : 2.500
- Anlage 1.2. Lageplan mit Eintragung aller Bodenaufschlüsse, Schnittführungen und des geplanten Deponieplanums, M 1 : 2.500
- Anlage 1.3. Lageplan mit Darstellung des Auskohlungsbereiches, M 1 : 5.000
- Anlage 1.4. Grundwassergleichenplan Stand 2018 (gemessen), M 1 : 5.000
- Anlage 1.5. Grundwassergleichenplan Stand Oktober 2200
nach beendetem Wiederanstieg (Modellrechnung), M 1 : 5.000
- Anlage 1.6. Geologisch-hydrogeologische Schnitt 1-1', M.d.L 1 : 2.500, M.d.H. 1 : 1.000
- Anlage 1.7. Geologisch-hydrogeologische Schnitt 2-2', M.d.L 1 : 2.500, M.d.H. 1 : 1.000
- Anlage 1.8. Geologischer Schnitt A-A', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200
- Anlage 1.9. Geologischer Schnitt B-B', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200
- Anlage 1.10. Geologischer Schnitt C-C', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200
- Anlage 1.11. Geologischer Schnitt D-D', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200

Anlage 2 Geotechnik

- Anlage 2.1. Erdstatische Berechnungen
 - Anlage 2.1.1. Setzungsberechnungen, Rückrechnung Belastungszustand 2019
 - Anlage 2.1.2. Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis, Zustand 2019
 - Anlage 2.1.3. Setzungsberechnungen, Endzustand einschließlich Erweiterung
 - Anlage 2.1.4. Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis, Endzustand
 - Anlage 2.1.5. Standsicherheitsberechnungen
- Anlage 2.2. Schnitt S1-S1', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200
- Anlage 2.3. Schnitt S2-S2', M.d.L. 1 : 500, M.d.H. 1 : 200
- Anlage 2.4. Dokumentation Drucksondierungen CPT, 11+12/2018

Anlage 3 Grundwasserganglinien von Grundwassermessstellen im Deponieumfeld

Anlage 4 Ganglinien hydrochemischer Parameter

- Anlage 4.1. Leifähigkeit, GW-Horizont 20
- Anlage 4.2. Sulfat, GW-Horizont 20
- Anlage 4.3. Eisen im Filtrat, GW-Horizont 20
- Anlage 4.4. Eisen, gesamt, GW-Horizont 20



- Anlage 4.5. pH-Wert, GW-Horizont 20
- Anlage 4.6. Leifähigkeit, GW-Horizont 16/14
- Anlage 4.7. Sulfat, GW-Horizont 16/14
- Anlage 4.8. Eisen im Filtrat, GW-Horizont 16/14
- Anlage 4.9. Eisen, gesamt, GW-Horizont 16/14
- Anlage 4.10. pH-Wert, GW-Horizont 16/14



1 Vorbemerkung

Die RWE Power AG betreibt im rekultivierten Bereich des Tagebaus Inden die Kraftwerksreststoffdeponie "KWR-Deponie II Tagebau Inden", die am 13.05.2009 von der Bezirksregierung Köln planfestgestellt wurde (kurz: Deponie Inden II). Die Deponie soll erweitert werden.

Das Geotechnische Büro wurde von der RWE Power AG beauftragt, ein Standortgutachten als Fachgutachten zum Genehmigungsantrag zu erstellen. Das geplante Deponieerweiterungskonzept ist unter geotechnischen und deponierechtlichen Aspekten zu bewerten. Im Rahmen dieses Berichtes wurden der Stand der Deponieverfüllung und die geplante Deponieerweiterung beschrieben. Es wurden insbesondere die Standortgegebenheiten und die Möglichkeit der Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung gemäß der DepV 2009 erörtert, auf eine Abschnittstrennung zwischen dem bereits genehmigten und den geplanten Deponiekörper zu verzichten.

Im Weiteren erfolgte eine Bewertung der bisher messtechnisch erfassten Setzungen der mineralischen Dichtung und der zu erwartenden Verformungen im Endzustand der Deponieverfüllung einschließlich der geplanten Erweiterung.

Abschließend wurden die Standsicherheit der Abdichtungssysteme und der Deponieböschungen untersucht und bewertet.

2 Deponiecharakteristik

2.1 Rechtliche Einstufung

Die KWR-Deponie II Tagebau Inden wurde von der Bezirksregierung Köln mit dem Planfeststellungsbeschluss vom 13. Mai 2009 (AZ: 52.1.21.1-(1.3)-01/08) als Monodeponie der Deponieklasse I genehmigt [1].

2.2 Aktueller Stand

Die Kraftwerksreststoffdeponie "KWR-Deponie II Tagebau Inden" wird von der RWE Power AG im rekultivierten Bereich des Tagebaus Inden vorwiegend auf dem Ge-



biet der Stadt Eschweiler in der Städteregion Aachen und untergeordnet im Bereich der Gemeinde Inden im Kreis Düren betrieben.

Sie dient der Ablagerung der im Kraftwerk Weißweiler anfallenden Kraftwerksreststoffe (Braunkohlenaschen und REA-Gips, angefeuchtet mit REA-Wasser) sowie auch der Aschen und Gipse der Müllverbrennungsanlage Weisweiler. Innerhalb des Ablagerungsbereichs werden in separaten Ablagerungsbereichen ferner sogenannte eigene mineralische Abfälle aus den Betrieben der RWE Power abgelagert. Diese Bereiche werden im Rahmen der bestehenden Genehmigung fortgeführt und sind nicht Bestandteil des beantragten Vorhabens.

Mit der Ablagerung auf der Deponie wurde im Jahr 2010 begonnen. Abb. 1 zeigt den Ist-Stand der Deponie.

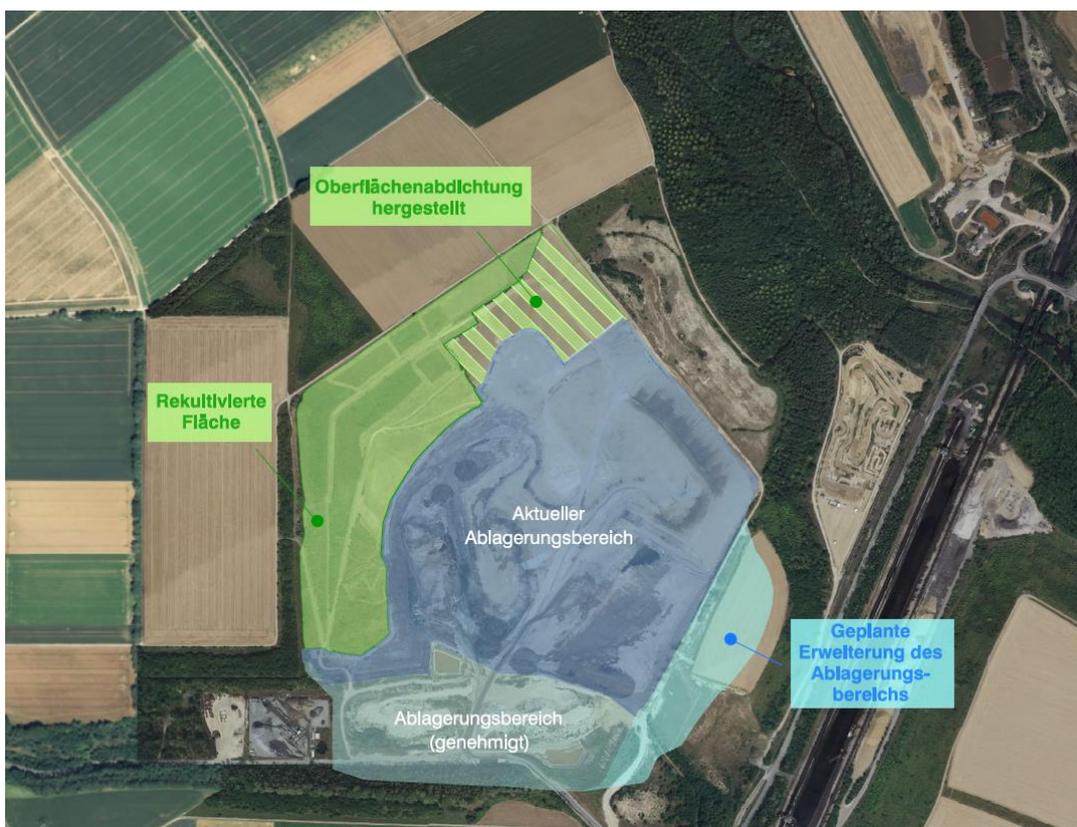


Abb. 1: Ist-Stand Ablagerungsbereich (Befliegungsdatum 03.08.2020) [6]

Das derzeit genehmigte Deponievolumen beträgt etwa 19 Mio. m³ bei einer genehmigten Ablagerungszeit bis Ende 2032. Die gesamte planfestgestellte Fläche beträgt rd. 78,9 ha, wobei nur ca. 58,2 ha für den eigentlichen Ablagerungsbereich benötigt werden. Die rest-



lichen Flächen entfallen auf Kompensationsmaßnahmen und infrastrukturelle Einrichtungen.

Die Deponieaufstandsfläche war mit einem Gefälle von Süden (ca. 138 m NHN) nach Norden (ca. 118 m NHN) vorgesehen (s. Anlage 1.2). Zur Ableitung von temporär anfallenden Sickerwässern wurde im Deponietiefpunkt ein Schacht errichtet. Die Grubenböschungen wurden mit einer Generalneigung von 1 : 3 ausgebildet. Das genehmigte und gebaute Basisabdichtungssystem gemäß DepV weist folgenden Aufbau auf (von unten nach oben):

- Deponieplanum/Profilierung,
- mineralische Dichtung, $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s, $d \geq 50$ cm,
- mineralische Entwässerungsschicht, $k \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s, $d \geq 50$ cm in der Basis bzw. $d \geq 30$ cm in den Böschungen.

Anfang 2020 lag das Restvolumen noch bei ca. 7,1 Mio. m³. Zur Sicherstellung einer geordneten Abfallentsorgung über das derzeit genehmigte Deponievolumen hinaus, strebt die RWE Power AG eine Deponieerweiterung an.

2.3 Geplante Erweiterung

Das Planvorhaben umfasst eine Änderung des bestehenden Planfeststellungsbeschlusses [1] sowie eine Erweiterung des Ablagerungsbereichs in östliche Richtung. Das Vorhaben erstreckt sich über eine planfestgestellte Teilfläche des Ablagerungsbereichs und eine östlich daran angrenzende Fläche (Abb. 2). Die Teilflächen liegen auf der von der Ortschaft Fronhoven / Neu-Lohn abgewandten Seite.



 Erweiterungsflächen zur Ablagerung

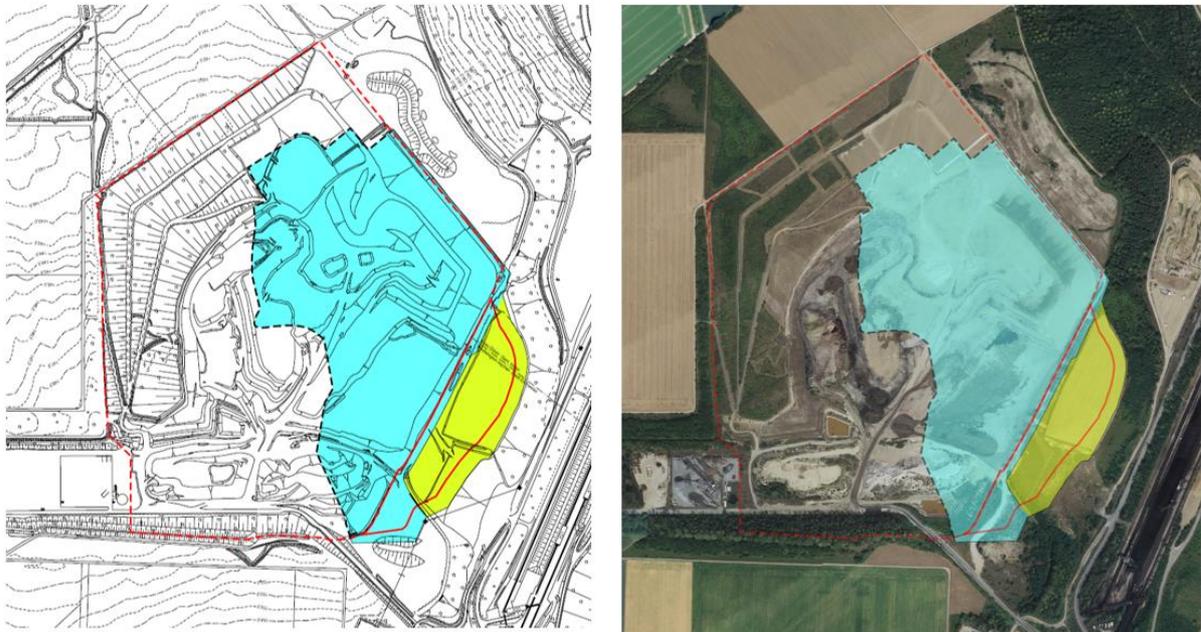


Abb. 2: Von Änderungen betroffene Flächen innerhalb des planfestgestellten Bereichs (blau) bzw. außerhalb des planfestgestellten Bereichs (grün) (Befliegungsdatum 03.08.2020) [6]

Die Vorhabenfläche umfasst den Änderungs- und Erweiterungsbereich und erstreckt sich über eine Gesamtfläche von ca. 30,8 ha. Die Flächengröße des in blau dargestellten Änderungsbereichs beträgt etwa 26,1 ha und der daran angrenzende Erweiterungsbereich (grün) weist etwa 4,7 ha auf. .

Das abzulagernde Abfallvolumen erhöht sich mit der Erweiterung um rd. 2,3 Mio. m³ von bisher 19 Mio. m³ auf rd. 21,3 Mio. m³. Der höchste Punkt der Deponie wird weiterhin bei max. 200 m NHN liegen; damit ist keine Erhöhung der Deponie geplant.

Die geplante Erweiterung der KWR-Deponie II Tagebau Inden soll nicht durch einen gesonderten neuen Deponieabschnitt erfolgen, sondern als Ausbau des aktuell bereits genehmigten Deponiekörpers ohne Einbau einer trennenden multifunktionalen Zwischenabdichtung. Hierzu werden im Folgenden die diesbezüglichen Möglichkeiten der Deponieverordnung mit Blick auf den Deponiestandort untersucht und dargestellt.



3 Anforderungen gemäß DepV

Die Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Deponien sind in der Deponieverordnung aus dem Jahr 2009 geregelt.

Nach DepV § 3 Abs. 1 sind *"Deponien oder Deponieabschnitte der Klasse 0, I, II oder III so zu errichten, dass die Anforderungen nach Absatz 3 sowie nach Anhang 1 an den Standort, die geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem eingehalten werden."*

DepV § 3 Abs. 3 regelt nur, dass neben dem Ablagerungsbereich ein Eingangsbereich und eine Sicherung gegen den Zutritt von Unbefugten erforderlich ist. Die wesentlichen Standort- und bautechnischen Anforderungen finden sich in DepV 2009 Anhang 1. Für die Erweiterung des Deponiestandortes sind in erster Linie die Anforderungen an den Standort, die geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem von Belang. Diese lassen sich für den vorliegenden Fall gemäß DepV wie folgt zusammenfassen:

1. Standort und geologische Barriere

1.1 Eignung des Standortes

[...] Bei der Wahl des Standortes ist insbesondere Folgendes zu berücksichtigen:

- 1. geologische und hydrogeologische Bedingungen des Gebietes einschließlich eines permanent zu gewährleistenden Abstandes der Oberkante der geologischen Barriere vom höchsten zu erwartenden freien Grundwasserspiegel von mindestens 1 m,*
- 2. besonders geschützte oder schützenswerte Flächen wie Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Wald- und Naturschutzgebiete, Biotopflächen,*
- 3. ausreichender Schutzabstand zu sensiblen Gebieten wie z.B. zu Wohnbebauungen, Erholungsgebieten,*
- 4. Gefahr von Erdbeben, Überschwemmungen, Bodensenkungen, Erdfällen, Hangrutschen oder Lawinen auf dem Gelände,*
- 5. Ableitbarkeit gesammelten Sickerwassers im freien Gefälle.*



1.2 Untergrund einer Deponie

[...]

1. *Der Untergrund muss sämtliche bodenmechanischen Belastungen aus der Deponie aufnehmen können, auftretende Setzungen dürfen keine Schäden am Basisabdichtungs- und Sickerwassersammelsystem verursachen.*
2. *Der Untergrund der Deponie und der im weiteren Umfeld soll auf Grund seiner geringen Durchlässigkeit, seiner Mächtigkeit und Homogenität sowie seines Schadstoffrückhaltevermögens eine Schadstoffausbreitung aus der Deponie maßgeblich behindern können (Wirkung als geologische Barriere),*
3. *Die Mindestanforderungen an die Wasserdurchlässigkeit (k) und Dicke (d) der geologischen Barriere gemäß Ziffer 2 ergeben sich aus Tabelle 1 Nummer 1 (hier $1 \text{ m} \rightarrow K = 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$). Erfüllt die geologische Barriere in ihrer natürlichen Beschaffenheit nicht diese Anforderungen, kann sie durch technische Maßnahmen geschaffen, vervollständigt oder verbessert werden. Im Fall von Satz 2 kann die Dicke (d) auf eine Mindestdicke von 0,5 Meter reduziert werden, wenn über eine entsprechend geringere Wasserdurchlässigkeit die gleiche Schutzwirkung wie nach Satz 1 erzielt wird.*
4. *Abweichend von Ziffer 2 gilt bei einer Deponie, die über keine geologische Barriere gemäß Ziffer 2 verfügt, die Ziffer 3 Satz 2 mit der Maßgabe, dass die technischen Maßnahmen in der Mindestdicke nach Tabelle 1 Nummer 1 ausgeführt werden.*

2. Abdichtungssysteme und technische Maßnahmen betreffend die geologische Barriere

[...]

2.2 Besondere Anforderungen an die geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem

Der dauerhafte Schutz des Bodens und des Grundwassers ist durch die Kombination aus geologischer Barriere [...] und einem Basisabdichtungssystem [...] zu erreichen [...].

(Für eine Deponie der Klasse I ist eine Einfachdichtung ausreichend, die entweder in Form einer Kunststoffdichtungsbahn oder als mineralische Abdichtung hergestellt werden kann).



3. Monodeponien

Hat die zuständige Behörde bei einer [...] betriebseigenen Monodeponie, auf der ausschließlich betriebseigene spezifische Massenabfälle [...] abgelagert werden, auf Grund einer Bewertung der Risiken für die Umwelt entschieden, dass die Sammlung und Behandlung von Sickerwasser nicht erforderlich ist, oder wurde festgestellt, dass die Monodeponie keine Gefährdung für Boden, Grundwasser oder Oberflächenwasser darstellt, können die Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 entsprechend herabgesetzt werden."

4 Vergleich der Soll- und Ist-Situation

Die KWR-Deponie II Tagebau Inden wurde 2009 als Monodeponie genehmigt und soll als solche fortgeführt werden.

4.1 Standortbedingungen

4.1.1 Geologische Randbedingungen

Die Deponie liegt in der südlichen Niederrheinischen Bucht in ca. 3 km Entfernung zum Rand des Rheinischen Schiefergebirges (Abb. 3).

Die tertiäre Lockergesteinsbedeckung auf dem paläozoisch Grundgebirge auflagert erreicht Mächtigkeiten zwischen 150 bis 250 m. Der Schichtverband wird durch NW-SE verlaufende Störungen in verschiedene Schollen zerlegt, die bis zu 200 m gegeneinander versetzt sein können (Abb. 4).

Die Deponie liegt im Bereich des verkippten Tagebaus Inden in der südlichen Rur-Scholle.

Das Kippenmaterial besteht überwiegend aus den Abraummassen der Tagebaue Inden und Zukunft. Es setzt sich aus quartären und tertiären Sanden, Kiesen, Schluffen und Tonen zusammen, die durch die Gewinnung und den Absatzvorgang durchmischte wurden. Es entstand dadurch ein neues technogenes Lockergestein. Auf dessen Eignung als geologische Barriere wird in Abschnitt 4.2 eingegangen.



Die Abbautiefen im Deponiebereich variierten zwischen etwa 63 m NHN im Norden und 96 m NHN im Süden. Parallel zur südlichen Begrenzung wurde beim erneuten Anschnitt eine Restfeste unverritzten Gebirges stehen gelassen. Unter dem Deponieplanum stehen damit, außerhalb der Restfeste, Kippenböden mit Mächtigkeiten von etwa 20 bis 55 m an.

Laut Auskunft der RWE Power AG wurde in den untersten 5 bis 15 m bevorzugt sandig/kiesiges Material verkippt. Auch in den obersten 2 m wurde gemäß Abschlussbetriebsplan (Betriebsplanergänzung von 18.02.1987 zum Abschlussbetriebsplan vom 30.04.1989 für die Oberflächengestaltung und Rekultivierung - Teil 1 flächig überwiegend rolliges Material eingebaut.

Die Abbaukanten am südlichen und südwestlichen Rand der Deponie wurden nach der Stundung des Abbaus 1969 mit Kraftwerksaschen verkippt. In Anlage 1.6 und Anlage 1.7 sind die hydrogeologischen Schnitte dargestellt.

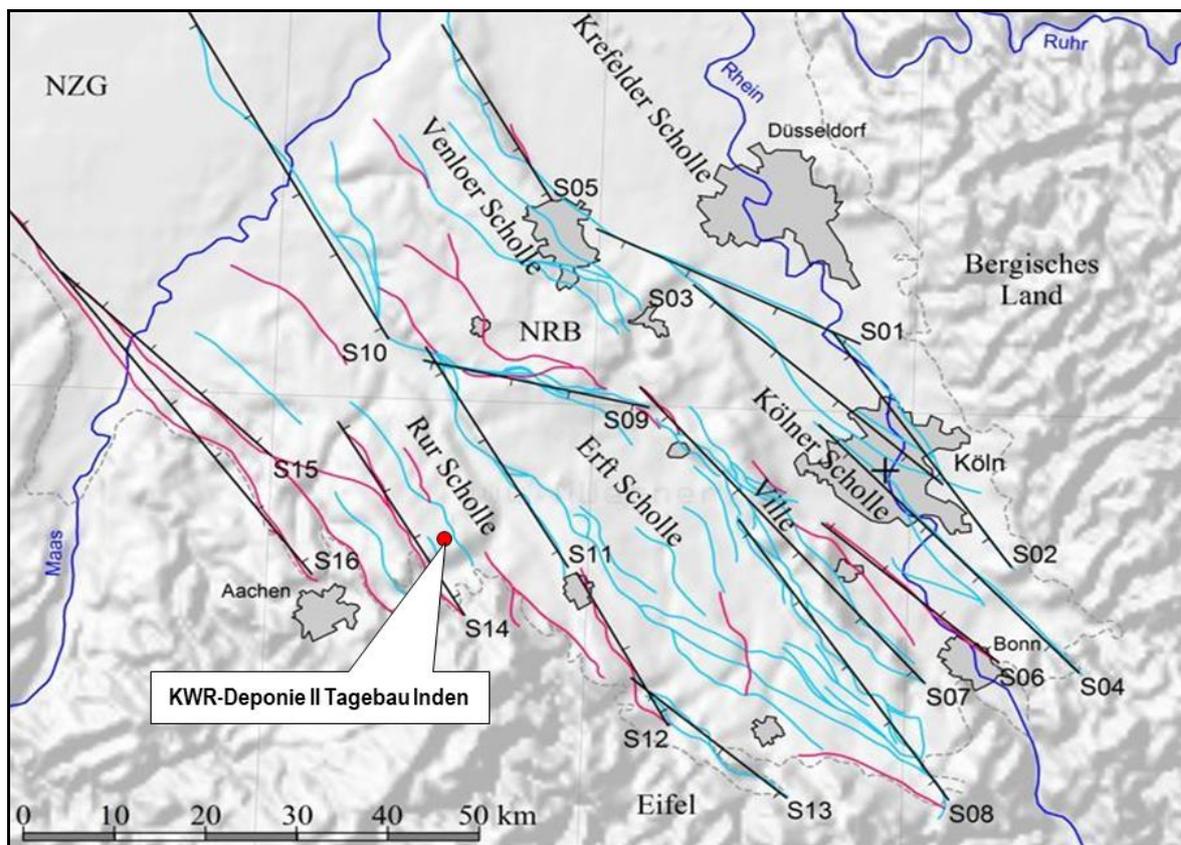


Abb. 3: Lage des Deponiestandortes innerhalb der Niederrheinischen Bucht

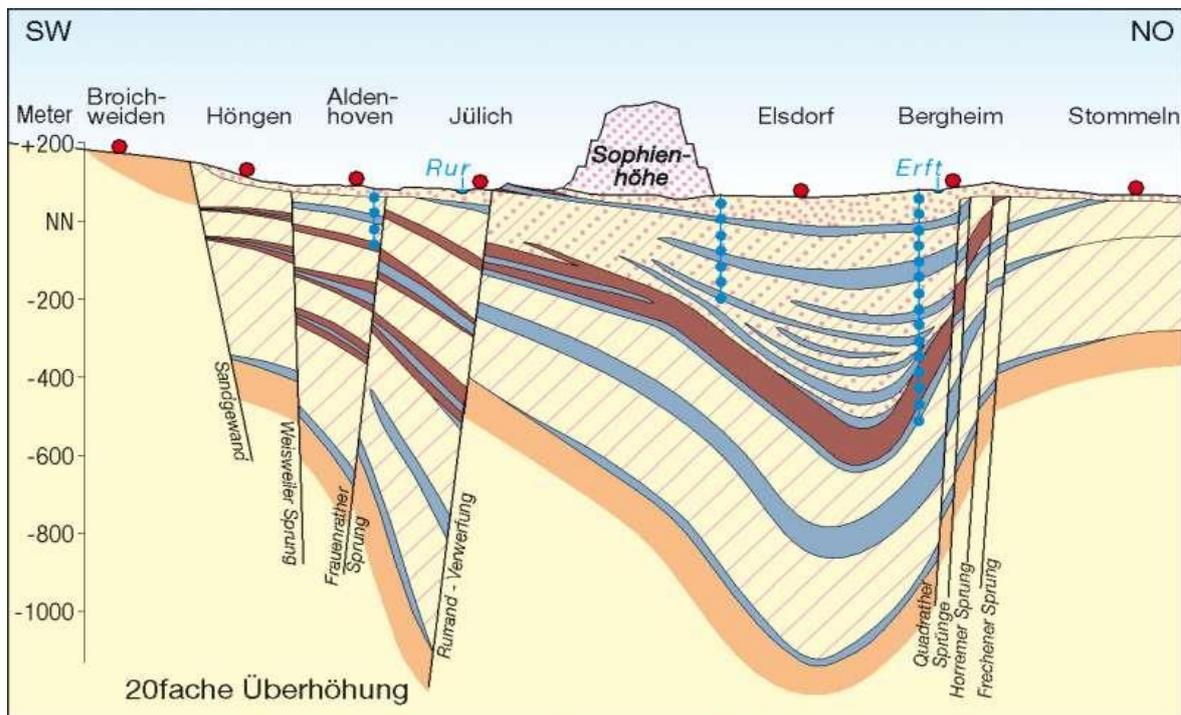


Abb. 4: Geologischer Schnitt durch die südliche Niederrheinische Bucht

Der lithostratigraphische Aufbau des Rheinischen Braunkohlenreviers weist Wechsellagerungen von relativ gut durchlässigen Kies- und Sandschichten mit weniger gut durchlässigen Ton- Schluff- und Kohlehorizonten auf (Abb. 5). Dadurch ergeben sich mehrere grundwasserleitende und -stauende Schichten, die flächenhaft jedoch unterschiedlich verbreitet sind.

Ein Wasseraustausch zwischen den einzelnen Grundwasserleitern erfolgt in erster Linie an flächigen Kontaktbereichen in Störungsbereichen, an denen keine Stauer vorhanden sind. Großflächig kommt es durch Leakage zu Fließbewegungen über Grundwasserstauer, lokal an tektonischen Strukturen und auch über Flözversandungen.

Durch die Tagebaumaßnahmen wurden die natürlichen Schichten abgebaut und durch Abraum ersetzt. Im Bereich der KWR-Deponie II Tagebau Inden, wurde bis unterhalb der Schicht 6E ausgekohlt (Abb. 5), so dass dort oberhalb der Auskohlungsbasis kein Grundwasserstockwerksbau mehr vorliegt. Trotz kleinräumiger Wechsel im Bodenprofil (horizontal und vertikal) sind Kippen im großen Maßstab hydraulisch als weitgehend homogen und isotrop anzusehen werden.



Innerhalb der Kippe sind zwar isolierte lokale Grundwasservorkommen möglich, i.d.R. stellt sich aber eine zusammenhängende großräumige Grundwasseroberfläche ein. Bei 1992 und 1994 durchgeführten Bohrarbeiten wurden keine schwebenden Grundwasservorkommen festgestellt [4].

Die Grundwasserströmungsverhältnisse im Projektbereich werden maßgebend durch die im Rahmen des Braunkohlenabbaus notwendigen Sumpfungmaßnahmen beeinflusst. Zur Untersuchung der Auswirkungen der notwendigen Grundwasserabsenkung für die Tagebaue Garzweiler, Hambach und Inden und der erforderlichen Maßnahmen zum Erhalt von grundwasserabhängigen schützenswerten Feuchtgebieten wurde von der RWE Power AG ein Grundwassermodell für das Rheinische Braunkohlenrevier entwickelt. Die Berechnung der Grundwasserströmungsprozesse erfolgt mit dem Programm GWDREI, das zur Simulation der dreidimensionalen gesättigten Grundwassermengen- und -güteströmung in bergbaulich beeinflussten Strömungsräumen entwickelt wurde.



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

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

Abb. 5: Chrono- und lithostratigraphische Gliederung der Schichtenfolge in der Niederrheinischen Bucht gemäß DIN 21919-3 [11]



4.1.2 Tektonik

Die Niederrheinische Bucht ist ein Senkungsgebiet, das durch Zerrungstektonik entstanden ist. Die rezenten tektonischen Bewegungen im Festgestein dauern noch an. Ein Beleg dafür ist die Erdbebenaktivität in diesem Raum.

Das beherrschende tektonische Element im Umkreis ist der NW-SE verlaufende Weisweiler Sprung. Der Verlauf ist zum einen durch die Abgrabungen im ehemaligen Tagebau Zukunft bekannt, da der Abbau aufgrund des Versatzes der Flöze meist nur bis an den Sprung herangeführt wurde, zum anderen durch Bodenbewegungsmessungen. Der Versatz der geologischen Schichten am Weisweiler Sprung beträgt bis zu 200 m, wobei die westliche Scholle relativ zur östlichen Scholle abgesunken ist. Der Sprung wurde infolge der Grundwasserabsenkung wieder aktiviert. Höhenmessungen zeigten in der Vergangenheit Differenzbewegungen von bis zu mehreren Millimetern pro Jahr.

Der Weisweiler Sprung verläuft außerhalb der Deponie in einer Mindestentfernung von ca. 700 m. Parallel dazu wird das Plangebiet von weiteren Störungen durchzogen, die jedoch nicht bewegungsaktiv sind (Anlage 1.1).

4.1.3 Hydraulik

4.1.3.1 Aquifersystem, Gebirgsdurchlässigkeiten ungestörte Situation

Der lithostratigraphische Aufbau des Rheinischen Braunkohlenreviers weist Wechsellagerungen von relativ gut durchlässigen Kies- und Sandschichten mit weniger gut durchlässigen Ton- Schluff- und Kohlehorizonten auf. Dadurch ergeben sich mehrere grundwasserleitende und –stauende Schichten, die flächenhaft jedoch unterschiedlich verbreitet sind. Ein Wasseraustausch zwischen den einzelnen Grundwasserleitern erfolgt dabei in erster Linie an den flächigen Kontaktbereichen, an denen keine Stauer vorhanden sind. Großflächig kommt es durch Leakage zu Fließbewegungen über Grundwasserstauer, lokal an tektonischen Strukturen und auch über Flözversandungen. Im Untersuchungsgebiet liegt folgende Situation vor:

Das **1. Grundwasserstockwerk** umfasst die quartären Terrassensedimente (hier **Hor. 14 bis 16**), die überwiegend aus Kiesen und Sanden aufgebaut werden. Um den Tagebau Zukunft/ Inden weisen die Durchlässigkeiten Werte von im Mittel zwischen $K = 8 \cdot 10^{-5}$ m/s



und $8 \cdot 10^{-4}$ m/s auf (Angabe RWE Power AG). Lokal sind geringmächtige interglaziale Tone und Schluffe eingelagert, die aber nicht stockwerkstrennend wirksam sind. Die Gesamtmächtigkeit des 1. Grundwasserstockwerkes umfasst im Mittel rund 20 m, am westlichen Tagebaurand nahe des Deponiestandortes ca. 12 m (vgl. Anlage 1.6 bzw. Anlage 1.7).

Das **2. Grundwasserstockwerk, der Hauptgrundwasserleiter**, wird von der Hauptkiesserie (8) gebildet und wird im Untersuchungsbereich im Mittel rund 12 m mächtig. Die Durchlässigkeitsbeiwerte im Untersuchungsgebiet liegen zwischen $K = 3 \cdot 10^{-4}$ m/s und $8 \cdot 10^{-5}$ m/s (Angabe RWE Power AG). Zusätzlich gehören die Schichten der Oberflözgruppe (Schichten 7A bis 7F) zum 2. Grundwasserstockwerk. Dabei handelt es sich um eine Wechselfolge von Braunkohlen, Tonen und Sanden, die gegenüber der Hauptkiesserie deutlich niedrigere Durchlässigkeiten zwischen $K = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s (sandige Bereiche) und $K < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Tone) aufweisen.

Die Wechselfolge von Sanden, Tonen und Braunkohlenlagen der Hauptflözgruppe (**6A bis 6E**) bildet das **3. Grundwasserstockwerk**. Die Durchlässigkeiten der einzelnen Schichten variieren in Abhängigkeit der lithologischen Ausbildung zwischen $K = 3 \cdot 10^{-4}$ m/s und $K < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Der **Horizont 6D** zeigt im Untersuchungsgebiet Durchlässigkeiten von $K = 3 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Der **Horizont 6B** weist im Untersuchungsgebiet mit Werten von $3 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $3 \cdot 10^{-6}$ m/s vergleichsweise geringe Durchlässigkeiten auf. Bedingt durch unterschiedliche Genese nehmen die Durchlässigkeiten mit zunehmender Teufe ab. Dementsprechend liegen die Durchlässigkeiten des **Liegendgrundwasserleiters** in weiten Bereichen des Untersuchungsgebietes bei Werten zwischen $K = 3 \cdot 10^{-6}$ m/s und $3 \cdot 10^{-5}$ m/s (Durchlässigkeitsangaben RWE Power AG).

Spezielle Verhältnisse in der Abraumkippe

Durch die Tagebaumaßnahmen wurden die natürlichen Schichten abgebaut und durch Abraum (**Hor. 20**) ersetzt. Im Bereich der geplanten KWR Deponie II Tagebau Inden, wurde bis unterhalb der Schicht 6E ausgekohlt (vgl. Anlage 1.6), so dass dort oberhalb der Auskohlungsbasis kein Grundwasserstockwerksbau mehr vorliegt.

Eine Besonderheit der Kippe ergibt sich aus den ständigen kleinräumigen Materialwechseln. Für vergleichbare Kippen wird in der Literatur ein Durchlässigkeitsbeiwert von rund $K = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s für den gesamten Kippenbereich angegeben. Örtlich können sich auf en-



gem Raum jedoch je nach Korngrößenspektrum und Lagerungsverhältnissen des Materials Streuungen von mehreren Zehnerpotenzen ergeben (siehe auch Kapitel 4.2.2).

Isolierte lokale Grundwasservorkommen sind zwar möglich, i.d.R. stellt sich aber eine zusammenhängende großräumige Grundwasseroberfläche ein. Bei den 1992 und 1994 durchgeführten Bohrarbeiten wurden keine schwebenden Grundwasservorkommen festgestellt /G2/, /G3/, sodass im Bereich der geplanten Deponie in der Abraumkippe von einem zusammenhängenden Grundwasserkörper ausgegangen werden kann.

4.1.3.2 Grundwasserströmung

Die Grundwasserströmungsverhältnisse im Projektbereich werden derzeit maßgebend durch die im Rahmen des Tagebaubetriebs notwendigen Sumpfungsmaßnahmen beeinflusst.

Zur Untersuchung von Auswirkungen der notwendigen Grundwasserabsenkung für die Tagebaue Garzweiler, Hambach und Inden und der erforderlichen Maßnahmen zum Erhalt von grundwasserabhängigen schützenswerten Feuchtgebieten, wurde von der RWE Power AG das Grundwassermodell für das Rheinische Braunkohlenrevier entwickelt. Die Berechnung der Grundwasserströmungsprozesse erfolgt mit dem Programm GWDREI, das zur Simulation der dreidimensionalen gesättigten Grundwassermengen- und -güteströmung in bergbaulich beeinflussten Strömungsräumen entwickelt wurde.

Der Untersuchungsraum des Grundwassermodells ist etwa 4.300 km² groß und umfasst die Venloer Scholle, die Erft-Scholle, die Rur-Scholle, die Kölner Scholle und die Ville. Das Gebiet wird durch mehr als 150.000 Modellpunkte diskretisiert. Dabei wurde vor allem im Bereich der Feuchtgebiete und der Tagebaue die Diskretisierung besonders aufwendig vorgenommen, um mit dem Modell nicht nur grundlegende Berechnungen für den Gesamttraum sondern auch Detailuntersuchungen, insbesondere zu den erforderlichen Versickerungsmaßnahmen und zur Sumpfung, durchführen zu können. Eine solche regionale Detaillierung des Großraummodells wurde bewusst dem gesonderten Aufbau verschiedener Detailmodelle vorgezogen, um jederzeit auch bei der Untersuchung von einzelnen Fragestellungen die großräumigen Wechselwirkungen mit der Tagebausumpfung direkt abbilden zu können.



Der Strömungsraum wurde im Modell durch 12 Grundwasserleiter und bis zu 11 Grundwasserstauer nachgebildet. Das entspricht bei der vorgenommenen Diskretisierung einer Anzahl von mehr als 1,8 Mio. Modellelementen. Sämtliche im Untersuchungsraum befindlichen bekannten Grundwassernutzer mit Entnahmen über 5.000 m³/a wurden im Modell berücksichtigt.

Grundlage für die nachfolgenden Angaben zur prognostizierten Grundwasserströmung sind die Ergebnisse der Modellrechnungen der RWE Power AG.

Die derzeitige rekultivierte Kippe des Tagebaus Inden erstreckt sich in einem Bereich zwischen dem Kraftwerk Weisweiler und Aldenhoven/Bourheim. Im Süden sind Rückstandsdeponien des Kraftwerkes vorgelagert (Anlage 1.1). Das Grundwasser fließt von Süden nach Nordosten / Osten in der Kippe zu den Sumpfungsgalerien hin ab. Die Entwicklung der Grundwasserstände in den letzten ca. 50 Jahren ist in Anlage 3 anhand von Ganglinien repräsentativer Messstellen dargestellt. Während der Grundwasserspiegel im Süden der Kippe seit langem relativ konstant ist (Messstelle 865171), steigt er in Richtung Norden zunehmend an. In der Messstelle 868001 sank der Wasserstand bis 1992 aufgrund der vermehrten Grundwasserabsenkung im Umfeld des Lamersdorfer Grabens. Mit dem Rückgang der Absenkungsmaßnahmen fiel er im Zeitraum von 1993 bis 1998 nur noch geringfügig; nach 1999 stieg der Grundwasserspiegel hier wieder an. Die Messstelle 869831 zeigt seit Mitte der zweitausender Jahre konstante Verhältnisse mit Schwankungen von weniger als einen Meter. Für den rekultivierten Bereich der Kippe des Tagebau Inden stellt sich mittlerweile ein Wasserspiegel ein, der in Form von Gleichen (Stand Oktober 2018) dargestellt werden kann (Anlage 1.4).

Demnach liegt der Grundwasserspiegel im südlichen Bereich der Bestandsdeponie aktuell bei ca. 118 m NHN. Für den nördlichsten Punkt der Bestandsdeponie zeigt sich für Oktober 2018 ein Grundwasserstand von etwas über 90 m NHN. Es ist eine nordöstliche Grundwasserfließrichtung zum Tagebau Inden II vorherrschend. Bis zum Jahr 2030 (Tagebauende) wird sich das Niveau der Grundwasseroberfläche in dem zu betrachtenden Bereich um ca. 1 m bis 5 m erhöhen. Da der Grundwasserspiegel im Süden des Deponiekörpers um ca. 1 m und im Norden um etwa 4 m bis 5 m ansteigt, wird sich der hydraulische Gradient etwas flacher einstellen (Anlage 1.4). Im Jahr 2200 wird in der weiteren Umgebung des Deponiekörpers der Grundwasserspiegel bis auf sein quasi-stationäres Niveau wieder angestiegen sein. Die Inde wird dann als Vorfluter wirken. Der Wiederanstieg im Deponiebereich ist in ca. 2110 beendet (Abb. 6). Zu diesem Zeitpunkt wird sich



ein Grundwasserstand von ca. 126 m ü. NHN im Süden des Deponiekörpers und von ca. 111 m ü. NHN im nördlich gelegenen Tiefpunkt der Bestandsdeponie einstellen. Das Gefälle ist weiterhin nordöstlicher auf die neue Inde ausgerichtet (s. Anlage 1.5).

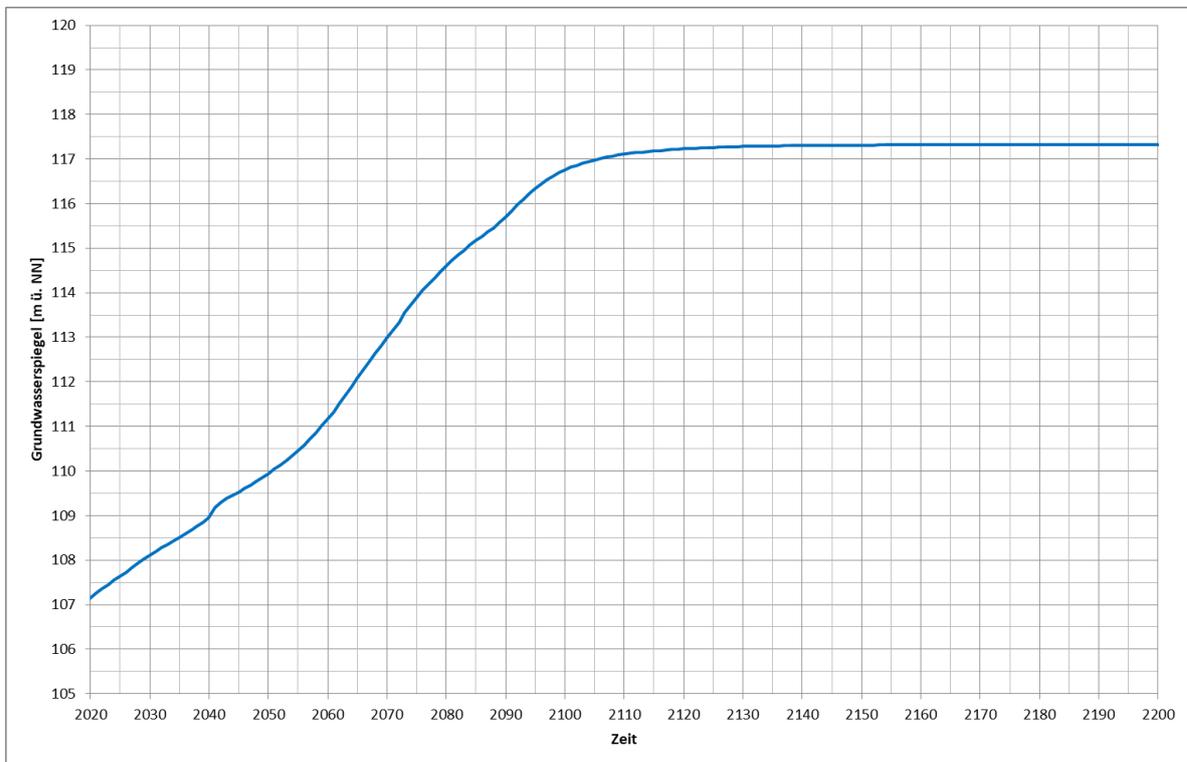


Abb. 6: Prognostizierte Grundwasserganglinie für den mittleren Deponiebereich
(Modellrechnung RWE Power AG)

4.1.3.3 Höchster Grundwasserstand

Das Projektgebiet liegt im Einflussbereich bergbaulicher Sumpfungmaßnahmen. Nach Modellrechnungen der RWE Power AG wird die sich nach Abschluss der Sumpfungmaßnahmen einstellende Grundwasseroberfläche im Deponiebereich zwischen knapp 126 m NHN im Süden und 111 m NHN im nördlich gelegenen Tiefpunkt liegen (s. Anlage 1.5). Hierbei handelt es sich um einen mittleren Grundwasserstand, da für die Modellberechnungen konstant die mittlere Grundwasserneubildung angesetzt wurde.

Für die Ermittlung des höchsten Grundwasserstandes wurde die langfristig gemessene Grundwasserganglinie der bergbauunbeeinflussten Grundwassermessstelle 21860511 (Angaben RWE Power AG) herangezogen (Abb. 7). Sie liegt in Frenz ca. 2 km südöstlich des Standortes und ist im oberen Grundwasserleiter (hier: Talterrasse der Inde) verfiltrert.



Die monatlichen Messungen werden seit 1956 ausgeführt. Der höchste gemessene Grundwasserstand wurde im Januar 1967 mit 113,17 m ü.NN festgestellt. Er liegt damit um 1,19 m über dem mittleren Grundwasserstand von 111,98 m ü.NN. Die langjährige Schwankungsbreite der Grundwasserstände in der GWM 21860511 von 2,6 m entspricht der auch in weiter entfernten gelegenen, in den Hor. 14 und 16 verfilterten, GWM. Für den höchsten Grundwasserstand im Deponiebereich ist die modellierte mittlere Grundwasseroberfläche um dieses Maß von rund 1,3 m zu beaufschlagen. Damit ergeben sich für die höchsten Grundwasserstände nach Beendigung des Sumpfungseinflusses unter der Deponie Werte von 131,2 m ü.NN im Süden und 113,2 m ü.NN im Norden.

Der nach DepV geforderte Mindestabstand von 1,0 m zwischen der Unterkante der mineralischen Dichtung und dem höchsten zu erwartenden freien Grundwasserstand für den stationären Endzustand wird im gesamten Deponiebereich, auch unter Berücksichtigung der Prognosegenauigkeit des Modells von in diesem Bereich ca. 1 m (Angabe RWE Power AG), eingehalten.

Auch unter Berücksichtigung der zu erwartenden Setzungen, liegen die höchsten Grundwasserstände um ca. 3,5 m im Norden bis ca. 7 m im Süden unter der mineralischen Basisabdichtung der Bestandsdeponie.

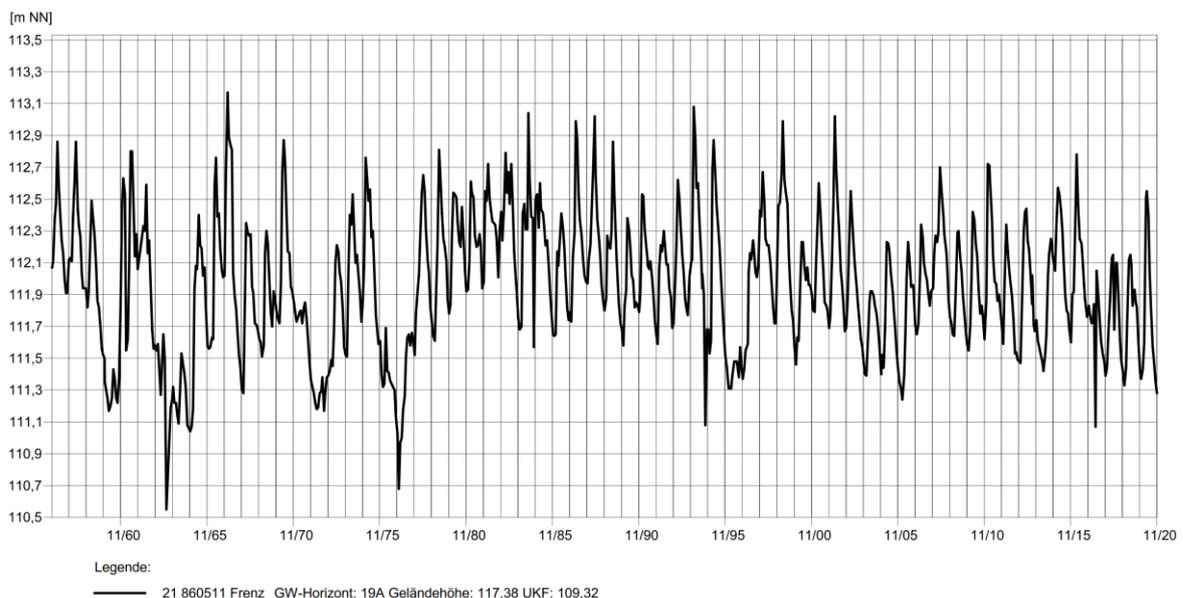


Abb. 7: Grundwasserspiegelganglinie der Messstelle 21860511 (Angabe RWE Power AG)



4.1.3.4 Wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Im Abstromgebiet der geplanten Deponie existieren keine festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder geplanten Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete sowie Wasservorangebiete. Weiterhin sind dort keine Entnahmen öffentlicher Grundwassernutzer vorhanden. Es wird davon ausgegangen, dass auch keine privaten Entnahmen im Abstromgebiet vorhanden sind.

Die Deponie liegt außerhalb von Überschwemmungsgebieten.

4.1.3.5 Hydrochemische Verhältnisse

Die hydrochemischen Verhältnisse werden hier zur Bestandsaufnahme und Beweissicherung der GW-Beschaffenheit vor Inbetriebnahme der Erweiterung mit dargestellt.

Im südlichen Bereich der Kippe (Horizont 20) werden die Messstellen 867591 und 869831 (im Bereich der vorhandenen Kraftwerksrückstandsdeponien), sowie 868011 (in deren Abstrom) beprobt und analysiert. Darüber hinaus wird die Messstelle 868421 im Anstrom der Deponie betrachtet (Lage s. Anlage 1.1).

Die Sulfatkonzentrationen (Anlage 4.2) sind im Abstrom deutlich höher (rd. 2400 mg/l) als im vorhandenen Aschendeponiebereich (867591 mit rd. 1200 mg/l und 869831 mit rd. 1800 mg/l). Im Anstrombereich liegen sie bei rd. 250 mg/l. In der Gesamtbetrachtung ist in nahezu allen Messstellen ein leicht fallender Trend der Sulfatkonzentrationen zu beobachten.

Entsprechend verhalten sich die Leitfähigkeiten (Anlage 4.1) mit rd. 4200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 868011 und rd. 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 867591, rd. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 869831 bzw. rd. 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in 868421.

Die Eisengesamtkonzentrationen (Anlage 4.4) weisen eine, in den Kippen übliche, hohe Schwankungsbreite auf (rd. 1 mg/l in 869831 bis rd. 15 mg/l in 867591 und noch darüber in 563391 und zeitweise 868011). Die pH-Werte (Anlage 4.5) liegen zwischen 6,5 und 7 bzw. um 10,5 (869831). Der alkalische pH-Wert an der Messstelle 869831 ist auf eine Asche-Altablagerung im Anstrom der Messstelle zurückzuführen.

Abgesehen von den üblichen Schwankungen ist die Kippenwasserzusammensetzung hier ansonsten relativ konstant.



Im Abstrom der Bestandsdeponie werden die Messstellen 565322 und 565332 im Rahmen der Deponieüberwachung beprobt (gemäß Nebenbestimmung 4.2.1 des PFB vom 13.05.2009). Hier zeigt sich die Charakteristik von Kippenwasser mit Sulfatkonzentrationen von 550 bis ca. 1600 mg/l und pH-Werten im leicht sauren Bereich. Ein Einfluss von Kraftwerksaschen ist nicht zu erkennen.

Weiter südlich/südwestlich – außerhalb des Tagebaubereichs – werden 4 Messstellen in den GW-Leitern 14 bzw. 16 beprobt und analysiert (Anlage 4.6 bis Anlage 4.10).

Die Sulfatkonzentrationen liegen hier vorwiegend zwischen ca. 120 und 350 mg/l. Lediglich in der Messstelle 867741, welche die am östlichsten gelegene Messstelle der außerhalb des Tagebaubereichs betrachteten Messstellen darstellt, stiegen die Konzentrationen bis 2009 auf ca. 900 mg/l an. Seit 1988 wurden, mit Ausnahme von Messstelle 867741, generell sinkende Sulfatkonzentrationen mit Werten von zuletzt ca. 70 mg/l ermittelt. Auch in der Messstelle 867741 konnte seit 2009 ein fallender Trend bis auf ca. 400 mg/l im Jahr 2016 festgestellt werden. Zuletzt stiegen die Sulfatkonzentrationen an dieser Stelle wieder leicht an.

Entsprechend wiesen die Leitfähigkeiten Werte von ca. 1000 – 1200 bzw. 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Der allgemeine Trend der einzelnen Messstellen korreliert stark mit der zeitlichen Entwicklung der Sulfatkonzentrationen. Die Eisenkonzentrationen liegen überwiegend unter 1 mg/l und die pH-Werte zwischen 6,8 und 7,2.

4.1.4 Lage zu Schutzgebieten / Abstand zu sensiblen Gebieten

Der Standort liegt außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten, Wasservorranggebieten, Wald- und Naturschutzgebieten oder Biotopflächen. Die diesbezüglichen Forderungen der DepV sind erfüllt.

Die Deponie liegt unmittelbar nördlich des Kraftwerks Weißweiler. Sie wird im Süden durch einen Gehölzstreifen und im Nordosten durch die gehölzbestandene Aue der Inde begrenzt. Westlich und nördlich grenzen Ackerflächen an. Östlich befinden sich ein Grabenbunker und die Erschließungsstraße zwischen dem nordöstlich gelegenen Tagebau Inden und dem südlich gelegenen Kraftwerk Weisweiler.

Die nächstgelegene Ortschaft Fronhoven befindet sich in etwa 850 m Entfernung westlich der Deponie. Zur Abschirmung der Ortschaft wurde schon in den ersten Jahren des De-



poniebetriebes ein Damm erstellt, der heute bereits rekultiviert ist. Die geplante Deponieerweiterung befindet sich auf der zur Ortschaft abgewandten Seite. Durch die Nutzung der bereits bestehenden Infrastruktur sowie die räumliche Nähe zum Kraftwerk bzw. der MVA Weisweiler sind keine neuen Erschließungs- bzw. Betriebseinrichtungen notwendig. Die öffentlichen Straßen werden nicht durch zusätzlichen Verkehr belastet.

4.1.5 Gefahr durch Naturkräfte

Die Gefahr der Einwirkungen von Naturkräften wie Überschwemmungen, Bodensenkungen, Erdfälle, Hangrutschen oder Lawinen können aufgrund der Lage der Deponie sicher ausgeschlossen werden. Der Nachweis unter Erdbebeneinwirkung wird separat in Kapitel 6 geführt.

4.1.6 Ableitbarkeit von Sickerwasser in freiem Gefälle

Die auf der KWR-Deponie II Tagebau Inden abgelagerten Reststoffe sind Rückstände eines Verbrennungsprozesses. Durch die Verbrennung entstehen aus den Ausgangsstoffen neue Verbindungen in wasserfreier Form. Darunter befinden sich viele Salze, die zur Hydratation neigen und damit Wasser binden. Die Entstehung von Sickerwasser ist daher von vorneherein minimiert.

Im Bereich der beantragten Ablagerungsflächen wird jeweils ein Sickerrohr auf der Basisabdichtung verlegt, das im freien Gefälle nach außen entwässert. Die anfallenden (Rest-) Sickerwässer werden der jeweiligen innerbetrieblichen Wasserhaltung zugeführt. Die zusätzlichen Basisflächen werden somit separat entwässert. Es resultiert folglich keine zusätzliche hydraulische Belastung des vorhandenen Basisentwässerungssystems.

Das vorhandene Basisentwässerungssystem der Bestandsdeponie ist gemäß [5] überdimensioniert. Der mineralische Flächenfilter ist nur zu ca. 42 % ausgelastet. Die Hauptdränageleitung wurde seinerzeit so dimensioniert, dass sie für das Entwässerungskonzept der Gesamtdeponie ausreichend ist. Der Ausnutzungsgrad lag bei etwa 3,2 %. Eventuell anfallende zusätzliche Sickerwassermengen könnten folglich problemlos aufgenommen werden.



Im Rahmen der Genehmigungsplanung erfolgte eine hydraulische Überprüfung des gewählten Basisentwässerungskonzepts. Diese ergab, dass bei Einhaltung eines Mindestquergefälles von 1,5 % bzw. 3 % und einer maximalen Einzugslänge zur Drainageleitung von 150 m bzw. 95 m die rechnerisch ermittelte Aufstauhöhe geringer als die gewählte Entwässerungsschichtmächtigkeit ausfällt [6].

4.2 Deponieuntergrund

Der Untergrund muss sämtliche bodenmechanischen Belastungen aus der Deponie aufnehmen können. Die dazu erforderlichen geotechnischen Nachweise werden separat in Kapitel 6 geführt.

Ferner soll der Untergrund der Deponie und der im weiteren Umfeld aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit, seiner Mächtigkeit und Homogenität sowie seines Schadstoffrückhaltevermögens eine Schadstoffausbreitung aus der Deponie maßgeblich behindern können (Wirkung als geologische Barriere).

4.2.1 Ablagerungsbereich für eigene Abfälle

Südöstlich der geplanten Deponie wurde durch die RWE Power AG ein Entsorgungsbereich für eigene Abfälle (EeA) betrieben. Die Lage dieser Deponie ist der Anlage 1.1 zu entnehmen. Abgelagert wurden mehrheitlich Boden-/Bauschuttfraktionen. Der EeA wurde bereits mit einer 60 cm mächtigen mineralischen Oberflächenabdichtung sowie einer Flächendrainage und einer Schicht aus wasserdurchlässigem Material abgedeckt. Die KWR-Deponie und der EeA sind durch einen Damm aus Abraummaterial voneinander getrennt.

Auf der geplanten Erweiterungsfläche bleibt die vorhandene mineralische Oberflächenabdichtung einschließlich Entwässerungsschicht und wasserdurchlässiger Schicht des EeA bestehen. Das Basisabdichtungssystem der KWR-Deponie wird im Bereich der Erweiterung oberhalb des Abdichtungssystems der EeA angelegt. Zur Herstellung der erforderlichen Neigungen des Basisabdichtungssystems der KWR-Deponie sind auch vorbereitende Profilierungsarbeiten erforderlich, die jedoch nicht in das vorgenannte Oberflächenabdichtungssystem des EeA eingreifen.



4.2.2 Lithologie der Abraumkippe

Die Beschaffenheit der Kippenböden wurde im Rahmen der Erarbeitung der Planfeststellungsunterlagen dezidiert untersucht. Die Darstellung von 146 ausgeführten Kornverteilungsanalysen im Dreistoffdiagramm verdeutlicht die große Streubreite der Körnungen in dem Abraum (Abb. 8). Im Mittel lässt sich das Kippenmaterial als (schwach) schluffiger, schwach kiesiger Sand ansprechen. Es ist nach DIN 18 196 der Gruppe der gemischtkörnigen Böden zuzuordnen.

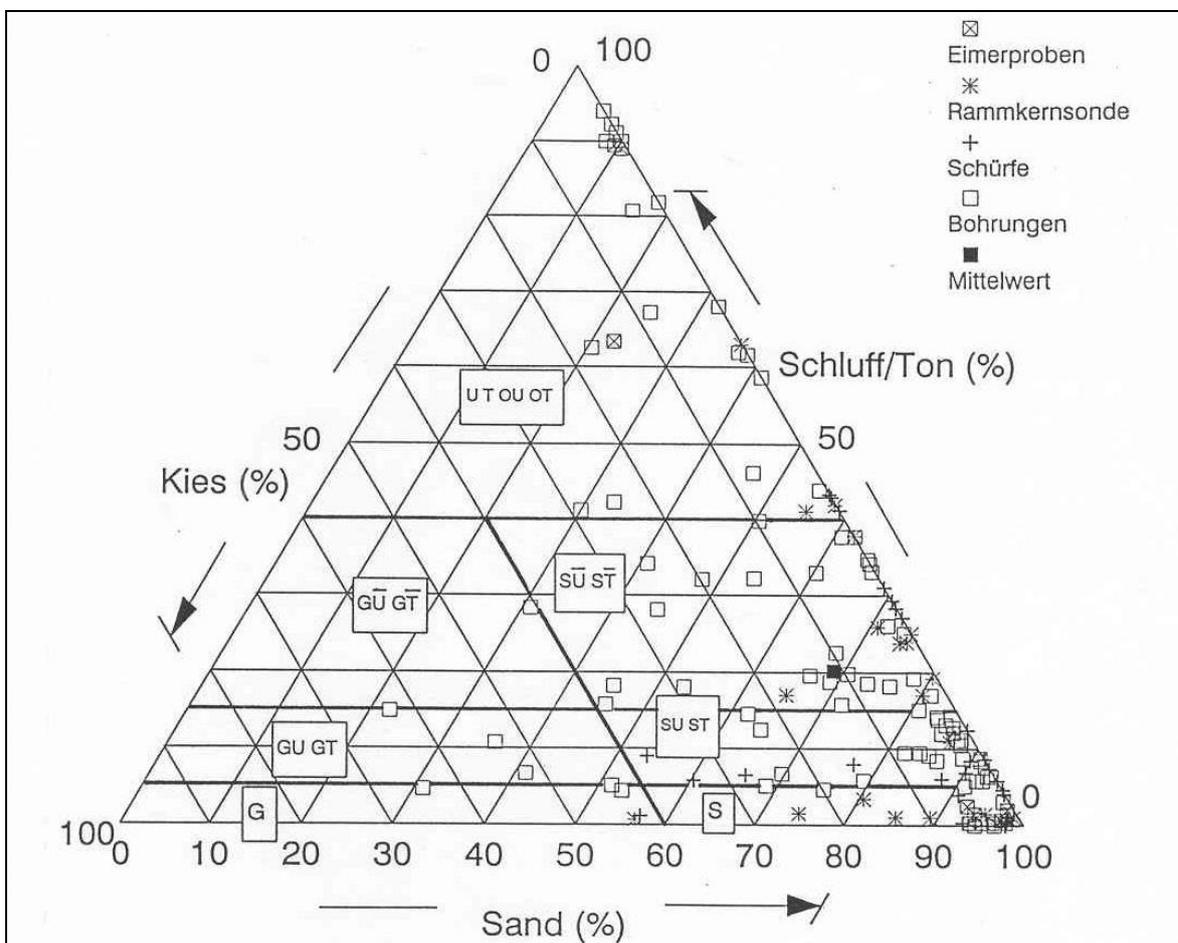


Abb. 8: Statistische Auswertung von Kornverteilungsanalysen aus dem Kippenmaterial am Standort Inden (n=146) [4]



4.2.3 Eignung als Geologische Barriere

4.2.3.1 Durchlässigkeit

Die DepV 2009 fordert für eine Deponie der Klassen I eine mindestens 1 m mächtige geologische Barriere mit $K \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Erfüllt der Untergrund diese Anforderungen nicht oder nicht vollständig, kann eine technische Nachbesserung erfolgen. Der Begriff "unvollständige geologische Barriere" wird in [16] konkretisiert. Danach ist in Anlehnung an die ehemaligen Regelungen der TA Siedlungsabfall, die auf DIN 18 130 verwiesen, vom Vorhandensein einer natürlichen geologischen Barriere dann auszugehen, wenn in einer flächig verbreiteten, homogenen geologischen Schicht über eine Mächtigkeit von mehreren Dezimetern die hydraulische Leitfähigkeit einen Wert von $K \leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s nicht überschreitet und deren Tongehalt eine nicht nur unmaßgebliche Schadstoffrückhaltung bewirkt.

In den Untersuchungen des Geotechnischen Büros von 1994 [4] wurden die Durchlässigkeiten des Kippenmaterials zum einen bei gegebener lockerer Lagerung und zum anderen bei verdichteter Lagerung, nach erfolgter erforderlicher Verbesserung der Tragfähigkeit für das Deponieplanum, untersucht. Die Untersuchungen erfolgten in Pumpversuchen und Laborversuchen (Berechnung aus Kenngrößen der Kornverteilung bei rolligen Böden mittels empirische Formeln von HAZEN oder BEYER bzw. Durchströmungsversuche an ungestört entnommenen Bodenproben in Triaxialzellen nach DIN 18 130).

Die Durchlässigkeiten im Kippenmaterial können kleinräumig, analog zum Bodenartenwechsel, stark streuen. Enggestuften Sanden können anhand der Auswertung von Kornverteilungskurven Durchlässigkeiten von $K = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s, den in der Kippe vorherrschenden (schwach) schluffigen, schwach kiesigen Sanden von $K = \text{ca. } 5 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s zugeordnet werden. Die Durchlässigkeitsbeiwerte nehmen mit zunehmendem Schluff/Ton-Gehalte auf bis zu $K \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s in den Tonen ab.

Die Anforderungen der DepV an die geologische Barriere die Durchlässigkeit betreffend werden damit nicht erfüllt.

4.2.3.2 Schadstoffrückhaltevermögen

In [4] wurden auch die Kationenaustauschkapazität (KAK) und austauschbaren Kationen (Ca, Mg, Na, K) bestimmt. Die Untersuchungen erfolgten definitionsgemäß an dem Material



der Körnung < 2 µm. Die Kationenaustauschkapazität variierte in 10 Proben zwischen etwa 10 und 80 mVal/100g (Tab. 1). Der obere Grenzwert stellt dabei eine Ausnahme dar und ist auf einen hohen organischen Gehalt der Probe zurückzuführen. Ohne diesen Extremwert liegt der Mittelwert für die Austauschkapazität bei 19,3 mVal/100g.

In der Kationenbelegung aller Proben herrscht Ca vor. Mit Ausnahme einer Probe kommt Mg nur untergeordnet vor. Alkalien sind in nur sehr geringen Mengen vertreten. Insgesamt ist die spezifische Austauschkapazität niedrig bis mittel einzustufen; sie entspricht damit in der Tonfraktion den Werten für die wesentlichen Tonvorkommen in der Niederrheinischen Bucht. In Anbetracht der Mächtigkeit der Kippe, eines mittleren Ton- und Tonmineralgehaltes von ca. 8 % in der Gesamtmasse im Kippenkörper und der festgestellten mittleren Austauschkapazität von 19,3 mmoleq/100g ist von einem ausgeprägten Schadstoffrückhaltevermögen auszugehen. Bei höheren organischen Gehalten (Braunkohlereste) nimmt die Austauschkapazität generell stark zu.

Tab. 1: Kationenbelegung und Kationenaustauschkapazität bezogen auf die Tonfraktion [mVal/100 g], (Ca: Calcium, Mg: Magnesium, Na: Natrium, K: Kalium) (aus [4])

Probe	Ca	Mg	Na	K	Σ	KAK
B 1/2	9,0	1,6	0,0	0,4	11,0	13,9
B 2/8	11,4	2,0	0,0	0,2	13,6	19,9
B 2/11	6,7	4,4	0,0	0,5	11,6	49,1
B 3/11	14,6	0,9	0,1	1,9	17,5	18,2
B 3/12	15,3	2,2	0,0	0,3	17,8	24,2
B 4/2	17,8	3,4	0,1	0,5	21,8	18,5
B 4/8	9,8	2,5	0,1	0,4	12,8	19,4
B 4/11	8,2	1,4	0,0	0,3	9,9	10,2
B 4/12	9,2	1,7	0,0	0,4	11,3	15,7
B 6/4	19,5	9,1	0,1	0,5	29,2	78,7

5 Konzept für eine Deponieerweiterung

Der vorstehende Soll-/Ist-Vergleich zeigt, dass die geplante Erweiterung der KWR-Deponie II Tagebau Inden die Anforderungen der DepV 2009 an eine Deponie der Klasse I nur in Bezug auf die Qualität der geologischen Barriere nicht vollständig erfüllt.



Die KWR-Deponie II Tagebau Inden ist eine nicht öffentlich zugängliche Monodeponie, auf der ausschließlich betriebseigene spezifische Massenabfälle oder spezifische Massenabfälle eines verbundenen Unternehmens abgelagert werden. Nach der geltenden Rechtslage können unter Verweis auf DepV Anh. 1 Nr. 3 bei einer solchen Anlage die Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 entsprechend herabgesetzt werden, wenn eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit nicht zu besorgen ist.

Vor diesem Hintergrund soll die geplante Erweiterung der Deponie trotz der z.T. nicht vollständig erfüllten Standortanforderungen nicht durch einen gesonderten neuen Deponieabschnitt erfolgen, sondern als Ausbau des aktuell bereits genehmigten Deponiekörpers ohne Einbau einer trennenden multifunktionalen Zwischenabdichtung und geologischen Barriere. Dafür sprechen die folgenden Gründe:

Nähe der Deponie zum Ort der Abfallentstehung

Die KWR-Deponie II Tagebau Inden liegt unmittelbar neben dem Kraftwerk Weißweiler und der MVA Weisweiler. Der Abfall kann auf kurzem Weg angeliefert werden, Verkehrsbelastungen der Anrainer werden damit minimiert.

Abfallqualität

Die zur Ablagerung vorgesehen Abfälle sind die gleichen, die im Zuge der Planfeststellung der Bestandsdeponie bereits genehmigt wurden. Es werden keine zusätzlichen Abfallarten abgelagert.

Wie bisher werden primär weiterhin die im Kraftwerk Weisweiler anfallenden Kraftwerksreststoffe (Braunkohlenaschen) einschließlich der Reststoffe der in begrenztem Umfang stattfindenden Mitverbrennung von Klär- und Papierschlamm, angefeuchtet mit REA-Wasser aus den Rauchgaswäschern, sowie REA-Gips abgelagert. Darüber hinaus werden die in der MVA Weisweiler anfallenden Rostaschen und anfallender Gips eingelagert. Die bereits genehmigten werkseigenen Abfälle wie Gleisschotter, Böden und Baureststoffe werden ausschließlich auf der Bestanddeponie und nicht auf den geplanten Erweiterungsflächen abgelagert.

Bei allen vorgenannten Abfällen handelt es sich um spezifische Massenabfälle, die nach Art, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten ähnlich und untereinander verträglich sind und für eine Ablagerung auf einer Monodeponie der Deponieklasse I geeignet sind.

Die Abfälle werden gemäß der Nebenbestimmung 3.2 des Planfeststellungsbeschlusses vom 13.05.2009 regelmäßig beprobt und analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Kraftwerksreststoffe aus den Jahren 2013 bis 2018 sind in Abb. 9 dargestellt.



Die Messwerte liegen jeweils innerhalb der in blau dargestellten Bandbreite, der jeweils gemessene Maximalwert entspricht der Balkenoberkante. Der dunkelrote Balken stellt jeweils den festgelegten Zuordnungswert nach der zur Zeit der Planfeststellung geltenden Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) dar. Das Regelwerk ist zwischenzeitlich durch die Deponieverordnung ersetzt worden. Die Zuordnungswerte wurden bis auf wenige Ausnahmen (s.u.) übernommen.

Die Ergebnisse der Kontrollanalysen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Zuordnungswerte nach DepV Anh. 3 Tab. 2 für die Deponieklasse I werden von allen Parametern eingehalten.
- Die Gehalte an Arsen, Cadmium und Cyaniden lagen durchweg unter der Bestimmungsgrenze, die in Abb. 9 als Maximalwert dargestellt ist (Oberkante blauer Balken).
- Die Gehalte an den übrigen Schwermetallen Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink sowie den organische Substanzen anzeigenden Parametern Ammoniumstickstoff, Fluorid, DOC, lipophilen Stoffen, Phenolen und AOX halten die jeweiligen Zuordnungswerte sicher ein. Gleiches gilt auch für die Parameter pH-Wert und den wasserlöslichen Anteil.
- Der Gehalt an Chrom(VI) schwankt. Der höchste gemessene Wert erreicht den Zuordnungswert. Der Durchschnitt der Chrom(VI)-Konzentration beträgt 0,032 mg/l (unter Einrechnung der Bestimmungsgrenzen), so dass unter Berücksichtigung der Vorgaben nach AbfAbIV Anh. 4 Nr. 4.1 zur Auswertung der Messergebnisse der Zuordnungswert sicher eingehalten ist.

Da es sich bei den untersuchten Abfällen um Verbrennungsrückstände handelt, ist davon auszugehen, dass Chrom insgesamt in oxidiert Form vorliegt und daher die Chrom(VI)-Konzentration der $\text{Chrom}_{\text{ges}}$ -Konzentration entspricht. Die Kontrollanalysen erfolgen an relativ frischen Aschen. Chrom(VI)-Verbindungen sind eher instabil und werden bei Alterung der Aschen in Chrom(III)-Verbindungen überführt. Da dieser Effekt insgesamt in Abfalldponien beobachtet wurde, ist in der DepV von 2009 der Grenzwert für Chrom(VI) entfallen. Es gilt lediglich ein Grenzwert für $\text{Chrom}_{\text{ges}}$ von 0,3 mg/l. Dieser Wert wird sicher unterschritten.

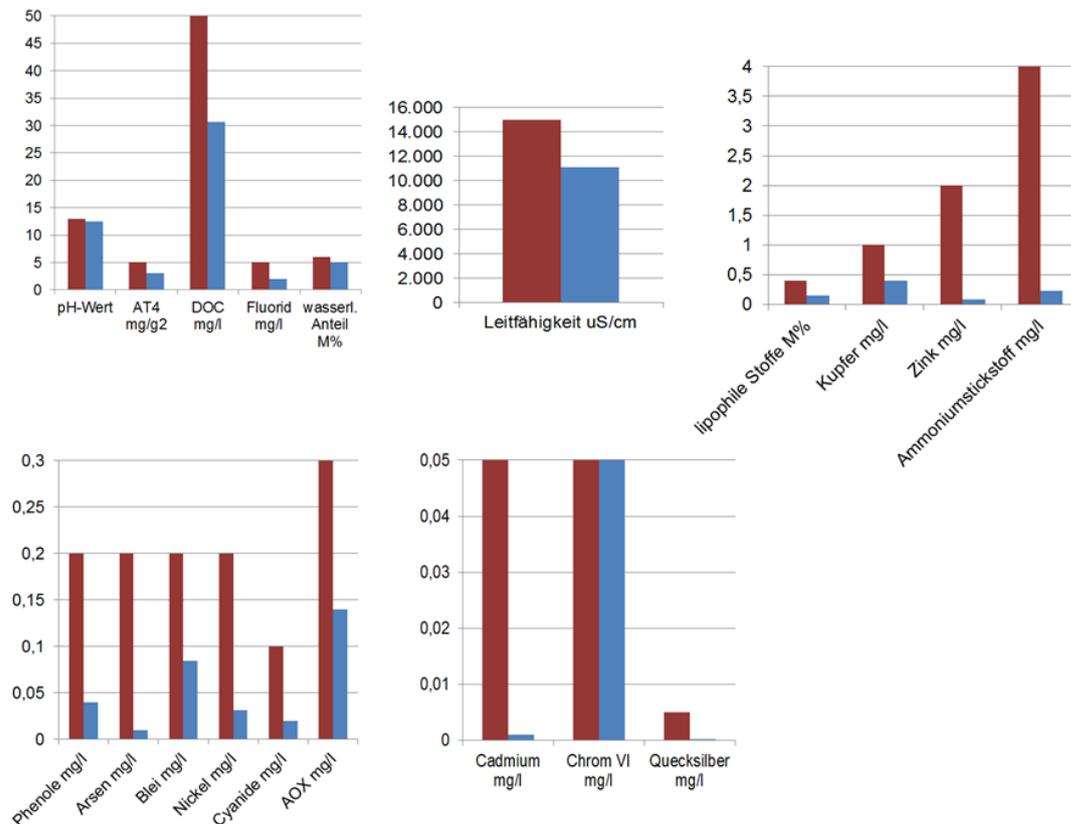


Abb. 9: Analysenergebnisse der Beprobung der Kraftwerksreststoffe des Kraftwerks Weisweiler 2013 bis 2018 (rot: Zuordnungswerte; blau: Istmesswerte als Bandbreite)

In Abb. 10 sind die Analysenergebnisse der Abfallbeprobungen der Jahre 2013 bis 2019 der Rost- und Kesselaschen aus der Müllverbrennungsanlage Weisweiler für die gemäß Nebenbestimmung 3.2 festgelegten Parameter dargestellt. Die Angaben beziehen sich nur auf Abfälle der Abfallschlüsselnummer 19 01 12, da im betrachteten Zeitraum Abfälle der ebenfalls genehmigten Abfallschlüsselnummer 19 01 07 nicht angefallen sind.

Auch diese Abfälle sind relativ gering belastet:

- Die Konzentrationen der Parameter Arsen, Nickel, Cyanide, Cadmium und Quecksilber lagen durchweg unterhalb der Bestimmungsgrenzen.
- Der Glühverlust bzw. TOC war z.T. aufgrund nicht ganz vollständigen Ausbrandes geringfügig überschritten, was jedoch vor dem Hintergrund der Ausnahmegelungen der DepV (Einhaltung der Zuordnungswerte für AT₄-Wert, Brennwert und DOC) als unkritisch einzustufen ist.
- Auch die Konzentration an Fluorid lag vereinzelt oberhalb des Zuordnungswertes, insgesamt aber wurden die Vorgaben nach AbAbIV Anh. 4 Nr. 4.1 sicher eingehalten.



- Die Konzentration an Chrom(VI) lag jederzeit unterhalb des Zuordnungswertes. Auch hier ist bei Alterung der Aschen von einer deutlichen Abnahme der Chrom-Löslichkeit auszugehen.

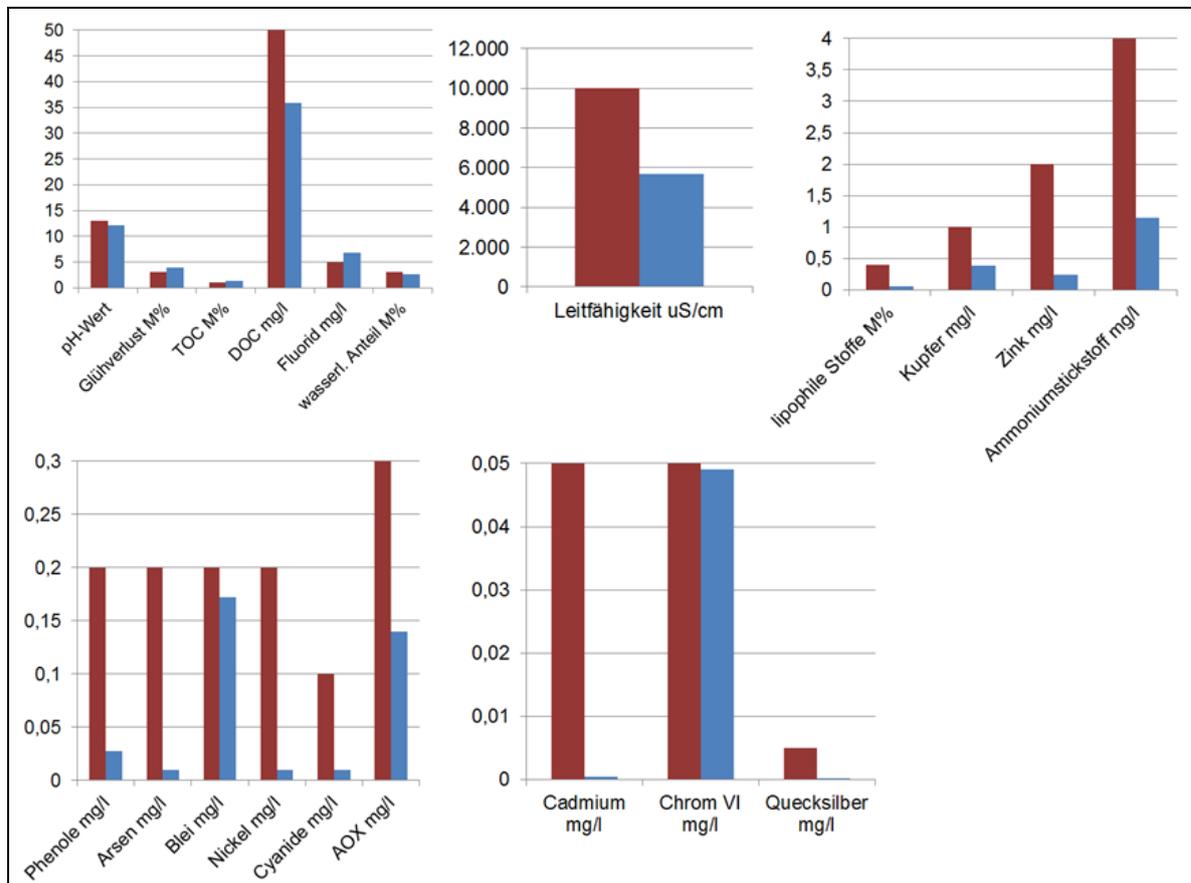


Abb. 10: Analysenergebnisse der Rost- und Kesselaschen der Müllverbrennungsanlage Weisweiler aus den Jahren 2013 bis 2019
(rot: Zuordnungswerte gemäß AbfAbIV DKl; blau: Messwerte als Bandbreite)

Das Elutionsverhalten der Kraftwerksreststoffe und der MVA-Aschen wird durch puzzolanische Effekte beim Aushärten des Kraftwerksreststoffgemisches weiter verringert (s. a. [1])

Organische Belastungen sind aufgrund der Entstehung ausgeschlossen. Überschreitungen des Zuordnungswertes für die Deponieklasse I können beim Parameter TOC auftreten. Sie sind auf einen z.T. nicht ganz vollständigen Ausbrand der Kohlen zurückzuführen. Der Parameter findet daher gemäß DepV Anh. 3 Tab. 2 Fußnote 4 keine Anwendung auf Aschen aus der Braunkohlefeuerung. Die noch vorhandenen Kohlereste wirken sich positiv auf den Rückhalt anorganischer Bestandteile der Abfälle aus.



Das Deponat ist insgesamt nur schwach durchlässig. Die Durchlässigkeit des Deponats liegt in einer Größenordnung von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s bis $7,8 \cdot 10^{-7}$ m/s und bietet so ein zusätzliches Rückhaltepotenzial (s. a. [1]).

Für einen zusätzlichen Immissionsschutz auf dem Deponiekörper werden zur Abdeckung von staubenden Flächen Bodenaushub als Deponiebauersatzstoff eingesetzt (siehe auch Kap. 6).

Ausschluss der Beeinträchtigung der Grundwasserqualität

Der die Deponie unterlagernde Kippenkörper weist aufgrund seiner Mächtigkeit, seines mittleren Tonmineralgehalts und der Austauschkapazität ein nennenswertes Rückhaltepotenzial auf [2].

Qualität der geplanten Oberflächenabdichtung

Das Oberflächenabdichtungssystem ist gemäß [6] mit dem folgenden Aufbau (von unten nach oben) vorgesehen:

- Deponieplanum/Profilierung,
- mineralische Dichtung, $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s, $d \geq 50$ cm,
- mineralische Entwässerungsschicht, $k \geq 1 \times 10^{-3}$ m/s, $d \geq 30$ cm,
- geotextiles Trennvlies,
- wasserdurchlässige Ausgleichsschicht (Bergekies), $d \geq 0,50$ m,
- Rekultivierungsschicht, $d \geq 1,0$ m, in den Böschungsbereichen (1 : 4) bis zu 2,5 m.

In Teilbereichen erfolgt eine Überdeckung mit Sand, um geeignete Standortvoraussetzungen für die Heidelerche zu schaffen.

Für den Standort ist folglich eine über die Anforderungen an eine Deponie der Klasse I hinausgehende Oberflächenabdichtung vorgesehen. Die mineralische Abdichtung soll statt des geforderten Durchlässigkeitsbeiwertes $K \leq 5 \cdot 10^{-9}$ m/s mit $K \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s errichtet werden. Die Entwässerungsschicht wird mit einem geotextilen Trennvlies abgedeckt, so dass ein Einsickern von Bestandteilen aus der Rekultivierungsschicht in die Drainageschicht ausgeschlossen wird. Darüber wird eine 0,5 m mächtige wasserdurchlässige Trennschicht eingebracht. Die Mächtigkeit der darüber liegenden Rekultivierungsschicht beträgt mindestens 1,0 m.



6 Geotechnische Eignung des Deponieuntergrundes der geplanten Erweiterung

6.1 Vorangegangene Baugrunduntersuchungen

In den Jahren 1992, 1994 und 2007 wurden durch das Geotechnische Büro bereits umfangreiche Baugrunduntersuchungen im Bereich der Deponiefläche ausgeführt. Diese erfolgten in der Form von tiefen Rammkernbohrungen bis ins Liegende, Baggerschürfen, Rammkernsondierungen und einer großen Anzahl von Schweren Rammsondierungen. Somit liegen für die bestehende Deponieaufstandsfläche umfangreiche und zur grundsätzlichen Beschreibung der Untergrundverhältnisse in diesem Bereich in Art und Umfang ausreichende Erkundungsergebnisse vor. Den Kippenböden ist demnach im Bereich der bestehenden Deponieaufstandsfläche mehrheitlich eine lockere bis mittel dichte Lagerung zuzuweisen.

Weitere Angaben und Details zu den vorangegangenen Untersuchungskampagnen können den Gutachten des Geotechnischen Büros entnommen werden [3], [4], [2].

6.2 Ergänzende Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung und Bewertung der Eigenschaften der anstehenden Kippenböden im Bereich der geplanten Erweiterungsflächen der KWR Deponie II wurden im Auftrag der RWE Power AG durch die Fugro Consult GmbH insgesamt 13 elektrische Drucksondierungen (CPT nach DIN EN ISO 22476-12) im Zeitraum zwischen dem 31.10. und 18.12.2018 ausgeführt.

Bei Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-12 wird eine konische Stahlspitze mit gleichbleibender Geschwindigkeit in den Untergrund eingedrückt, wobei der Spitzenwiderstand und der Gesamtwiderstand in Abhängigkeit von der Sondiertiefe gemessen werden. Die Größe des Spitzenwiderstandes gibt Aufschluss über die Lagerungsdichte des erkundeten Bodens. Darüber hinaus kann durch die Ermittlung der Differenz zwischen Gesamt- und Spitzenwiderstand die lokale Mantelreibung angegeben werden. Das Reibungsverhältnis R_f als Quotient zwischen örtlicher Mantelreibung und Spitzendruck dient als Eingangsparameter für Korrelationen zur grundsätzlichen Klassifikation der erkundeten Böden auf der Grundlage von empirischen Ansätzen.



Die Lage der Ansatzpunkte der ausgeführten Drucksondierungen sind dem Lageplan in Anlage 1.2 zu entnehmen. Die Drucksondierungen wurden zum überwiegenden Teil im Bereich der nördlichen Ausgleichsfläche ausgeführt. Im Bereich der südöstlichen Erweiterungsfläche konnte nur eine Drucksondierung angeordnet werden. Hier befindet sich der bereits mit einer Abdichtung versehene Ablagerungsbereich für eigene Abfälle. Die vorhandene Abdichtung sollte im Rahmen der Erkundungsarbeiten nicht durchdrungen werden.

Die Sondiertiefen betragen zwischen 15,3 m und 55,9 m unter GOK, dies entspricht bis zu 91,7 m NHN. Mit der ausgeführten Anzahl und den erreichten Tiefen sind die Ergebnisse der Drucksondierungen als repräsentativ, bezüglich der Beschreibung des Kippenmaterials im Bereich der geplanten Deponieerweiterung zu bewerten. Eine Darstellung der Ergebnisse der Drucksondierungen kann Anlage 2.4 entnommen werden. In Anlage 1.8 sind die ermittelten Spitzendrücke in einem Profil für die nördliche Ausgleichsfläche dargestellt. Die Dokumentation der Drucksondierungen der Firma Fugro kann [8] entnommen werden.

Im Auftrag der RWE Power AG wurde eine weitergehende Auswertung der Ergebnisse der Drucksondierungen durch die TU Dresden vorgenommen [9]. Hier wurde u.a. eine Auswertung der Klassifikation der erkundeten Böden nach DIN 4094-1 und eine Zuordnung zu entsprechenden Bodentypen durchgeführt. Da die ermittelten Rohdaten der Drucksondierung systembedingt einer recht großen Streuung unterliegen, wurden die Daten für die Auswertung in Schichthöhen von 0,5 m geglättet. Eine grafische Darstellung der Ergebnisse zeigt Abb. 11. Die Auswertung belegt, dass die grob- und gemischtkörnigen Böden im Untersuchungsgebiet mit insgesamt ca. 72 % überwiegen. Auf feinkörnige Böden entfallen ca. 26 %.

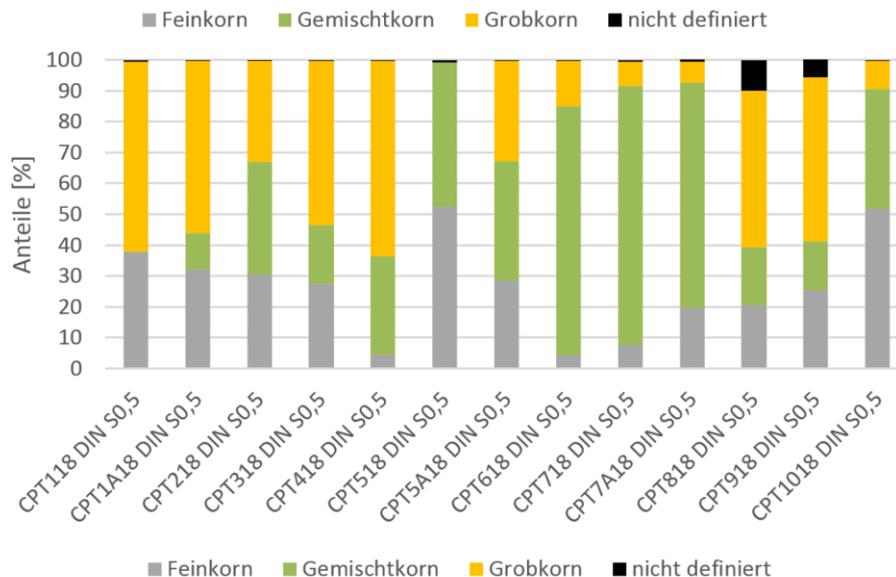


Abb. 11: Auswertung der Bodenklassen aller ausgeführten Drucksondierungen unter Verwendung von geglätteten Daten ($S = 0,5 \text{ m}$) [9]

Auf der Grundlage der Ergebnisse der ermittelten Spitzendrücke der Drucksondierungen wird die mehrheitlich lockere bis mittel dichte Lagerung des Kippenmaterials auch für den Bereich der geplanten Erweiterung bestätigt.

In einer weiterführenden Auswertung wurde durch die TU Dresden auch eine Ermittlung der Steifemoduli auf der Grundlage der ermittelten Spitzendrücke und der Zuordnung in Bodenklassen durchgeführt. Das Ergebnis der Auswertung ist in einer teufen- bzw. spannungsabhängigen Darstellung des Steifemoduls in Abb. 12 dargestellt.

Die Auswertung zeigt, dass die ermittelten Steifemoduli in weiten Grenzen zwischen 5 MN/m^2 und 40 MN/m^2 streuen. Im Mittel beträgt die Steifigkeit im Bereich der Geländeoberfläche ca. 5 MN/m^2 und steigt in einer Tiefe von 55 m im Mittel auf ca. 20 MN/m^2 an. Im Gesamtmittel kann die Steifigkeit des Kippenbodens mit ca. 15 MN/m^2 angesetzt werden.

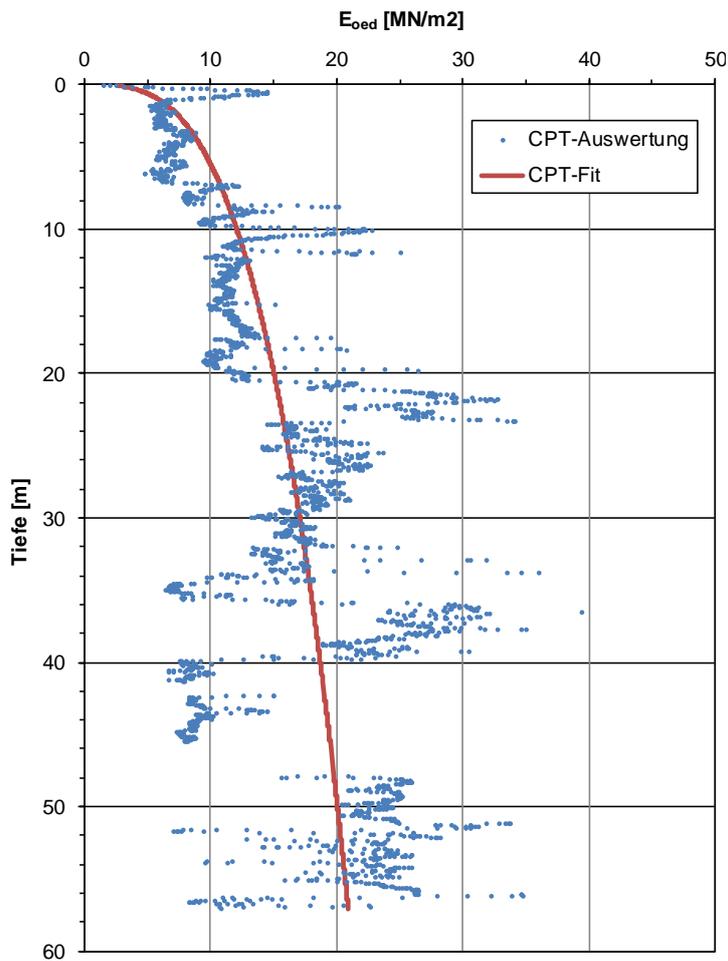


Abb. 12: Bestimmung der tiefen- bzw. spannungsabhängigen Steifenmoduli aus den Ergebnissen der Drucksondierung [9]

6.3 Messtechnische Ermittlungen der Verformungen der bestehenden Basisabdichtung

Die RWE Power AG führt eine messtechnische Überwachung der Setzungen der bestehenden Basisabdichtung der KWR Deponie Inden II durch. In diesem Rahmen wurden in insgesamt vier Messstrecken hydrostatische Linienvermessungen durchgeführt. Die Lage der vier Messstrecken ist in Abb. 13 dargestellt. Die Messungen wurden seit 2010 einmal jährlich durchgeführt und sind in [8] dokumentiert.

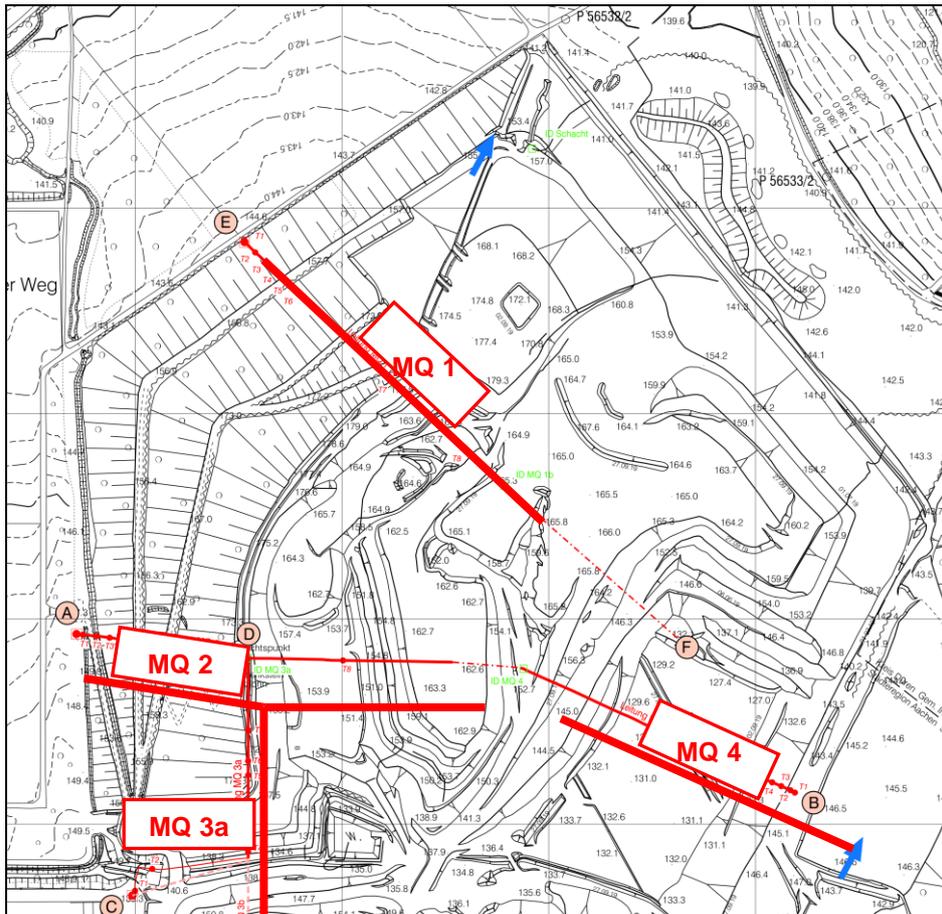


Abb. 13: Lage der Messstrecken hydrostatische Linienvermessung [8]

6.3.1 Bewertung der Verformungen der Basisabdichtung unter der bisher auf- gebrachten Belastung

Die ermittelten Maximalsetzungen in den vier Messstrecken betragen auf der Grundlage der Messung in 10/2019 zwischen 0,62 m und 1,64 m. Die Verläufe der gemessenen Setzungen der einzelnen Messstrecken können [8] entnommen werden. Für den messtechnisch erfassten Verformungszustand der vorhandenen Basisabdichtung wurde in einem ersten Schritt eine Bewertung der Dehnungen und Krümmungsradien vorgenommen.

Mit Ansatz eines Messpunktabstandes von 3,0 m ergeben sich für die vier Messstrecken maximale Dehnungen zwischen 0,006 % und 0,025 %. Dehnungen in dieser Größenordnung können von einer mineralischen Dichtung ohne Funktionseinschränkung sicher aufgenommen werden.



Auch die Anforderungen des NRW Merkblattes Nr. 18 (Mineralische Basisabdichtungen) an die zulässige Krümmung mit einem Mindestradius von $R > 200$ m kann für alle vier Messstrecken mit R_{\min} von 482 m bis 2.002 m eingehalten werden. Die Abdichtungsfunktion der vorhandenen Basisabdichtung kann auf Grundlage dieser Auswertung unter Einwirkung der Auflast des bisher aufgetragenen Deponiekörpers als vollständig gewährleistet bewertet werden.

Eine grafische Darstellung der ermittelten Dehnungen und Krümmungsradien für die vier Messstrecken der hydrostatischen Linienvermessungen kann Anlage 2.1.2 entnommen werden.

6.3.2 Ermittlung der Steifigkeit der Kippenböden durch Rückrechnung

In einem weiteren Schritt erfolgte eine Ermittlung der mittleren Steifigkeit der Kippenböden im Bereich der Messstrecken der hydrostatischen Linienvermessung mittels Rückrechnung. Hierfür wurde das dreidimensionale numerische Berechnungsmodell aus [2] so angepasst, dass es die Belastungssituation des derzeit vorhandenen Deponiekörpers abbildet. Im Folgenden wurden die Steifigkeiten der Kippenböden schrittweise so angepasst, bis eine gute Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Setzungen erzielt werden konnte. Somit wurde das Berechnungsmodell auf Basis der vorliegenden Messergebnisse kalibriert. Das kalibrierte Berechnungsmodell stellt nun eine sehr gute Grundlage für die rechnerische Ermittlung der zu erwartenden Setzungen der Deponiebasis im Endzustand der verfüllten Deponie einschließlich der geplanten Erweiterung dar (vgl. Kapitel 6.5).

Im Rahmen der Rückrechnung wurden Steifemoduli für die Kippenböden zwischen 14 MN/m^2 und 38 MN/m^2 ermittelt. Diese passen in der Größenordnung gut zu den auf der Grundlage der Drucksondierungen abgeleiteten Werte (vgl. Kapitel 6.3).

Der höchste Steifemodul wurde im Bereich des MQ 1 mit $E_s = 38 \text{ MN/m}^2$ ermittelt. In diesem Abschnitt befand sich vor der Herstellung der Basisabdichtung über einen längeren Zeitraum ein Lössdepot. Somit wurde der Kippenboden hier durch das ehemalige Bodenebene vorbelastet. Dies führt zu einer Vorwegnahme eines Anteils der Setzungen in diesem Bereich und zu einer plausiblen Erhöhung des Steifemoduls (Wiederbelastungsmodul) im entsprechenden Spannungsbereich der Belastung.



6.4 Charakteristische Bodenkennwerte

Dem Kippenmaterial, dem Deponat des EeA und den Liegendschichten werden gemäß [2] und den vorangegangenen Abschnitten 6.2 und 6.3 folgenden charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet:

Kippenmaterial:

Feuchtwichte	γ	=	19 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	27,5° - 35,0°; i.M. 32,5°
Kohäsion	c'	=	0 - 15 kN/m ² ; i.M. 5 kN/m ²
Steifemodul			
Bereich 1	E_{s1}	=	14 MN/m ²
Bereich 2	E_{s2}	=	23 MN/m ²
Bereich 3*	E_{s3}	=	38 MN/m ²

*Wiederbelastung

Deponat, Ablagerungsbereich für eigene Abfälle:

Feuchtwichte	γ	=	19 kN/m ³
Steifemodul	E_s	=	35 MN/m ²

Liegendschichten: Wechsellagerung aus tertiären Tonen und Sanden

Feuchtwichte	γ	=	20 kN/m ³
Steifemodul	E_s	=	120 MN/m ²

6.5 Setzungsberechnungen

6.5.1 Allgemeines

Die quantitative und zeitliche Prognose des Setzungsverhaltens von Kippen stellt sich komplex dar. Die folgenden wesentlichen Faktoren sind im Rahmen einer Bewertung des Setzungsverhaltens von Kippen zu berücksichtigen:

- I. (Rest-) Eigensetzung der Kippe
- II. Lastsetzung infolge Deponieauflast
- III. Setzungen / Hebungen infolge des späteren Grundwasserwiederanstiegs



Die Liegezeit der Kippe beträgt im Bereich der KWR-Deponie II Tagebau Inden 32 Jahre. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Eigensetzungen der Kippen vollständig abgeschlossen sind. Zu erwartende Beträge der Restsetzungen der Kippe sind in ihrer Größenordnung als gering und auf Grund ihrer Gleichmäßigkeit für das Abdichtungssystem der Deponie als verträglich zu bewerten. Aus diesem Grund bedürfen die Restsetzungen der Kippe (gem. o.g. Pkt. I) im Zusammenhang mit der geplanten Erweiterung der KWR-Deponie keiner weitergehenden Betrachtung.

6.5.2 Setzungen infolge der Deponieauflast

6.5.2.1 Belastungsansatz

Im Zusammenhang mit der geplanten Erweiterung der KWR-Deponie ist die Verformung der Basisabdichtung infolge der Gesamtauflast des Deponiekörpers (d.h. infolge der bis dato eingelagerte Reststoffe zzgl. der im Rahmen der geplanten Erweiterung noch einzulagernde Reststoffe) zu ermitteln. Auf dieser Grundlage ist die Gewährleistung der Funktionsstüchtigkeit der mineralischen Basisabdichtung unter Berücksichtigung der aufgeprägten Verformung infolge der Gesamtbelastung im Endzustand zu bewerten.

Die setzungswirksame Gesamtbelastung ergibt sich aus der Schütthöhe und dem Eigengewicht des Deponats. Für die einzulagernden Reststoffe wurde eine mittlere Wichte von $\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$ angenommen. Die Mächtigkeit des Deponiekörpers wird bei der geplanten Erweiterung im Endzustand bis zu 71 m betragen. Daraus resultiert eine setzungswirksame Gesamtbeanspruchung auf dem Niveau der Basisabdichtung von bis zu 1.065 kN/m^2 .

6.5.2.2 Setzungsberechnungen und Ergebnisse

Die Lastsetzungen infolge der Verfüllung der Deponie sind analog zu den Setzungsermittlungen für schlaffe Gründungen zu bestimmen. Als Grenztiefe für die Setzungsberechnung für den Deponiekörper ist die Tiefe anzusetzen, bei der die Zusatzspannungen aus der Deponieauflast nur noch 20 % der ursprünglichen Überlagerungsspannungen betragen.

Für die Berechnungen wurden die in Kapitel 6.4 genannten Bodenkennwerte verwendet. Mit der Zielsetzung einer möglichst hohen Prognosegenauigkeit des zu erwartenden Last-



Setzungsverhaltens der Deponiebasis im Endzustand der Verfüllung einschließlich der geplanten Erweiterung, erfolgte eine Bestimmung der maßgeblichen Steifigkeiten der Kippenböden durch Rückrechnung der bisher messtechnisch erfassten Verformungen (vgl. Abschnitt 6.3.2). Die Berechnungen der Lastsetzungen erfolgten mit dem Programm SETTLE (Version 6.02) mit Verwendung eines 3D-Modells. Hierbei wurde sowohl das Lastbild des Deponiekörpers als auch die Mächtigkeit der Kippe unter der Basisabdichtung räumlich abgebildet.

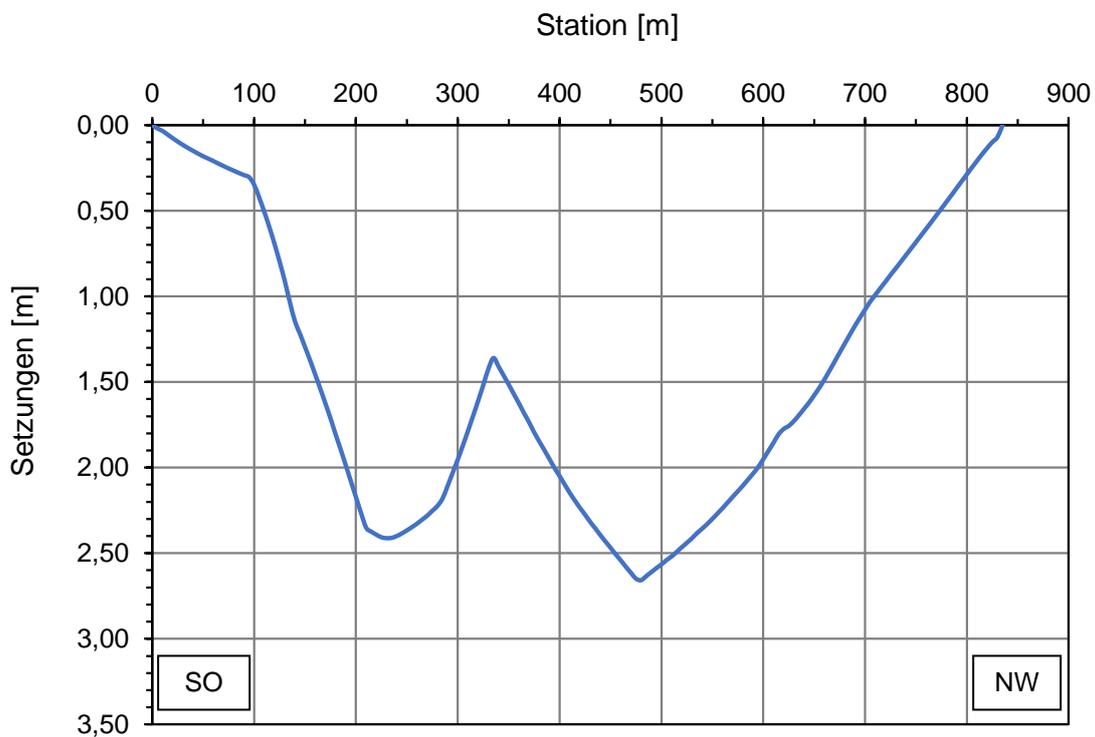


Abb. 14: Lastsetzungen der Deponiebasis, Schnitt S1

Die größten Setzungen werden für den vollständig aufgeschütteten Deponiekörper im Bereich der Deponiemitte mit ca. $s = 2,65$ m berechnet. An den Deponieflanken nehmen die Setzungen infolge geringerer Auflast ab. Die berechneten maximalen Setzungen der Deponiebasis sind für den Schnitt S1 in Abb. 14 dargestellt.

Abb. 15 zeigt die Lastsetzungen der Deponiebasis in der Draufsicht für die vollständig verfüllte Deponie in einer farbigen Isoliniendarstellung (Linien gleicher Setzung).

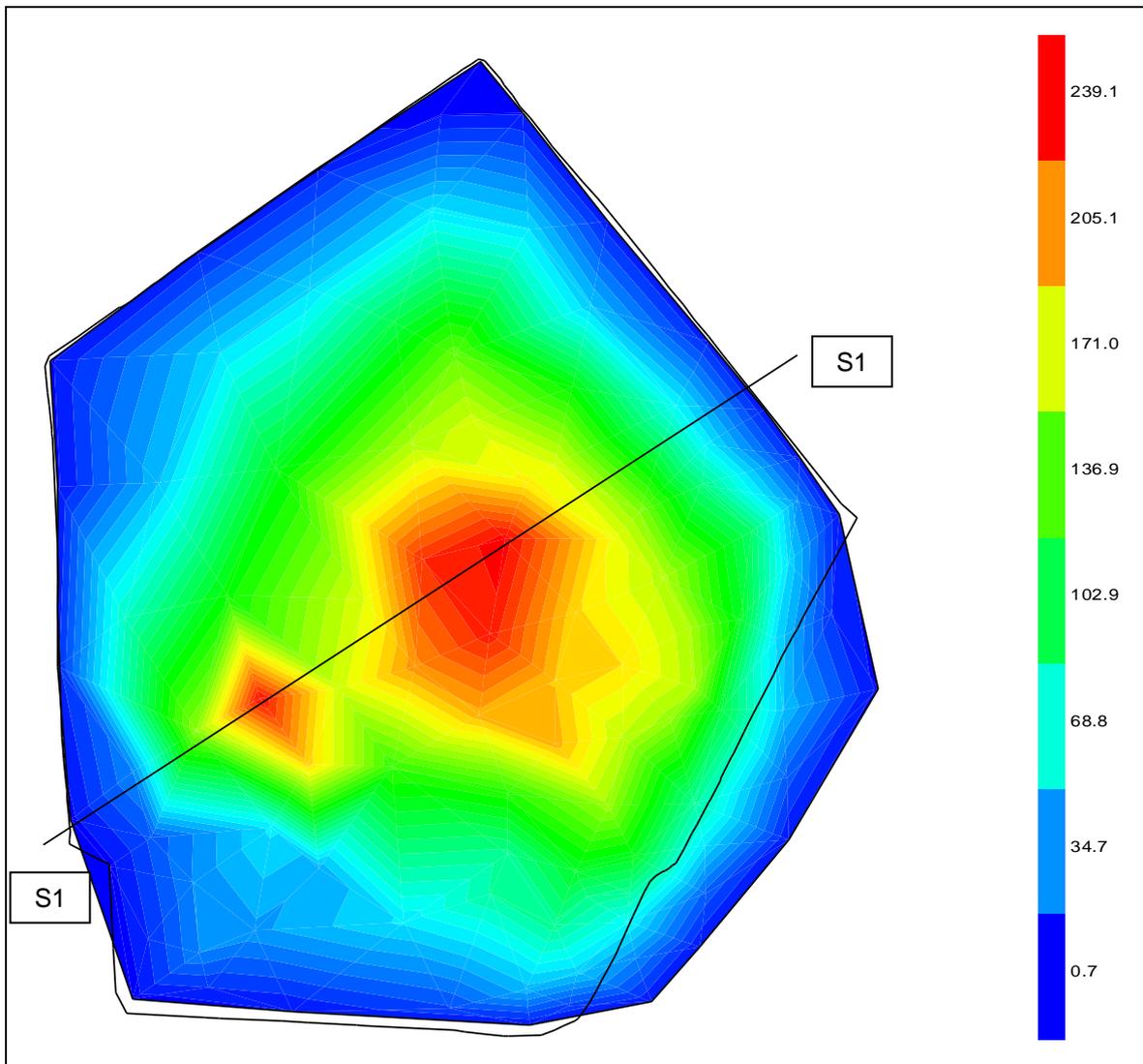


Abb. 15: Lastsetzung der Deponiebasis für die vollständig verfüllte Deponie
Darstellung unmaßstäblich; Wert in cm

6.5.2.3 Zusammenfassende Bewertung der Setzungsanteile

Die Bewertung der einzelnen Setzungsanteile (gem. Abschnitt 6.5.2.1) kommt zu dem Ergebnis, dass die Eigensetzungen der Kippe nach einer Liegezeit von 31 Jahren abgeklungen sind und keine weiteren für die geplante Deponieerweiterung maßgeblichen Setzungsbeiträge mehr leisten.

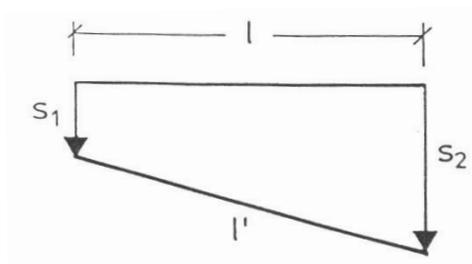
Die Lastsetzungen der Kippe infolge der Verfüllung der Deponie wurden mit ihrem Maximalwert im Bereich der Deponiemitte mit ca. $s = 2,65$ m berechnet. Die zu erwartenden Verformungen (Setzungen/Hebungen) der Kippe infolge Grundwasserwiederanstieg wur-



den auf der Grundlage von Erfahrungswerten der RWE Power AG (auf der sicheren Seite liegend) mit $\leq 0,15$ m abgeschätzt. Diese stellen sich erfahrungsgemäß sehr gleichmäßig ein, so dass hier ebenfalls kein signifikanter Beitrag zu einer Verformung der Basisabdichtung geleistet wird. Es wurde somit die im folgenden Abschnitt beschriebene Bewertung der Beanspruchung der Basisabdichtung mit Ansatz der Setzung infolge Deponieauflast durchgeführt.

6.6 Beanspruchung der Basisabdichtung

Die rechnerischen Setzungen der Deponiebasis für den Endzustand der Verfüllung wurden in einem Punktabstand von 5,0 m ermittelt. Aus den Setzungen zweier benachbarter Punkte wurden mit dem in Abb. 1 dargestellten Berechnungsansatz die Setzungsunterschiede Δs und Dehnungen ε errechnet.



Setzungsunterschied

$$\Delta s = \frac{s_2 - s_1}{l}$$

Dehnung

$$\varepsilon = \frac{l' - l}{l}$$

Abb. 16: Ermittlung der Setzungsunterschiede und Dehnungen

Die Berechnung der Krümmungsradien erfolgte nach dem Drei-Punkt-Modell mit einem Punktabstand von $l = 5,0$ m. Danach gilt:

$$R = \frac{\sqrt{(s_3 - s_1)^2 + 4 \cdot l^2}}{2 \cdot \sin \gamma}$$

Darin sind s_1 und s_3 die Setzungen zu Beginn und am Ende des untersuchten Abschnitts. Die anderen Rechengrößen lassen sich folgendermaßen ermitteln:

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta$$



$$\alpha = \arctan\left(\frac{s_2 - s_3}{l}\right) + \delta$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{s_1 - s_2}{l}\right) - \delta$$

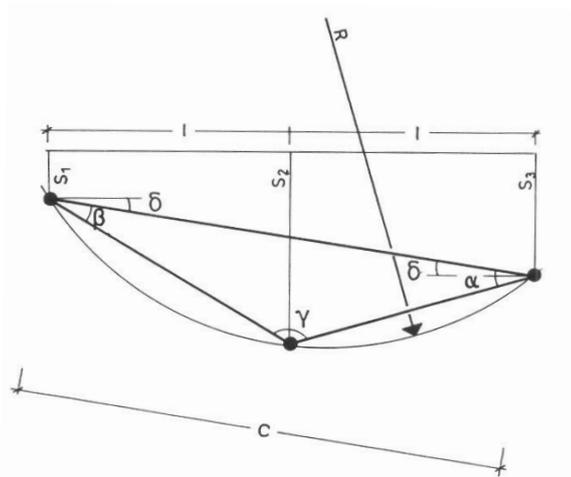


Abb. 17: Berechnung der Krümmungsradien nach dem Drei-Punkt-Model

Die berechneten Dehnungen in der Ebene der Deponiebasis sind für den Schnitt S1 in Abb. 18 dargestellt. Die maximalen Dehnungen der Deponiebasis wurden für die vollständige Deponiefüllung mit $\epsilon_{\max.} = 0,031 \%$ ermittelt. Der daraus resultierende Minimalradius beträgt $R_{\min} = 2.201 \text{ m}$ (sh. auch Anlage 2.1.4).

Auf Grundlage der vorangehend dargestellten Berechnungsergebnisse ist eine Beeinträchtigung der Funktion der mineralischen Basisabdichtung nicht zu erwarten. Dehnungen in dieser Größenordnung können von der mineralischen Dichtung sicher aufgenommen werden. Ein Verformungsnachweis für die mineralische Dichtungsschicht nach der GDA Empfehlung E 2 - 13 [17] kann entfallen, da gemäß der Vorgabe des NRW Merkblattes Nr. 18 (Mineralische Basisabdichtungen) [16] die Bedingung $R > 200 \text{ m}$ für alle betrachteten Lastfälle eingehalten wird. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang positiv zu bewerten, dass im Bereich der maximalen Dehnungen die Auflastspannungen sehr hoch sind. Die Wirkung der Auflastspannung besteht darin, dass mit zunehmender Auflast mögliche Zugspannungen in der Abdichtung "überdrückt" werden.

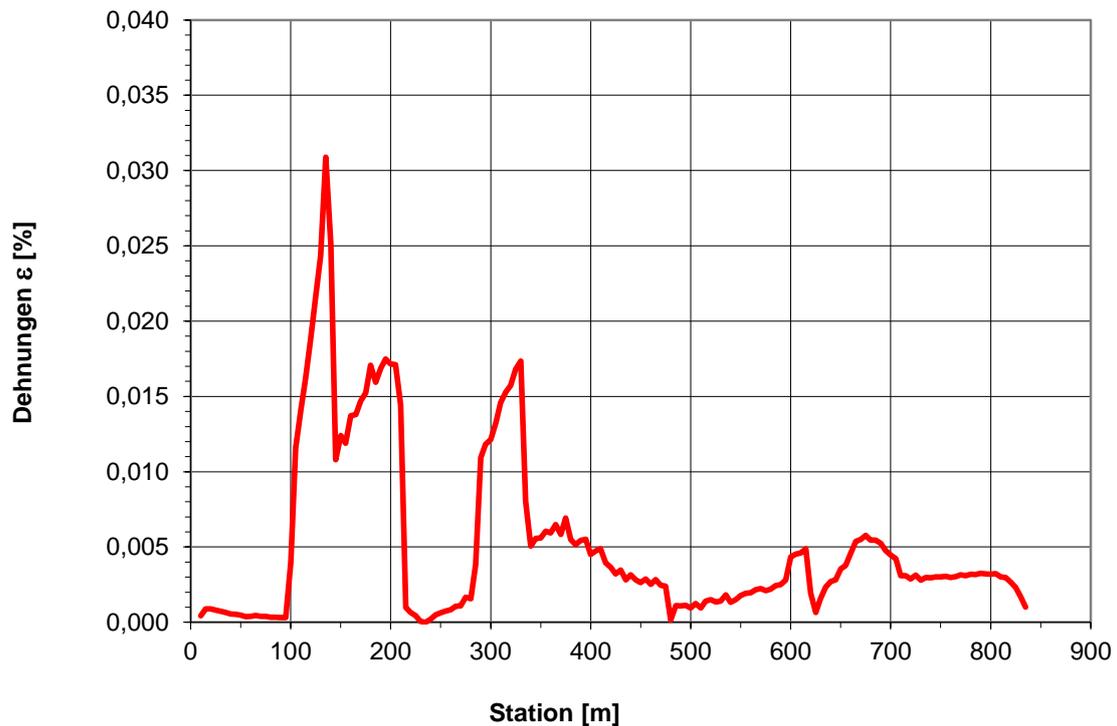


Abb. 18: Berechnet Dehnungen in der Ebene der Deponiebasis, Schnitt S1

6.7 Standsicherheitsnachweise

6.7.1 Anforderungen, betrachtete Systeme

Es ist der Nachweis zu führen, dass sowohl der Deponiekörper selbst, als auch das Oberflächenabdichtungssystem für die geplante Deponieerweiterung dauerhaft standsicher ist. Für den Deponiekörper ist zusätzlich zum Endzustand auch die Standsicherheit der temporären Betriebsböschungen zu bewerten. Es wurden die folgenden Systeme und Bemessungssituationen (nach DIN 1054) untersucht:

Tab. 2: Untersuchungen der Systeme und Bemessungssituationen

Nr.	System	Bemessungssituation		
		BS-T	BS-P	BS-E
1	Deponieböschung, Endzustand	-	x	x
2	Deponiearbeitsböschung	x	-	-
3	Oberflächenabdichtungssystem	-	x	x



6.7.2 Systemabmessungen der Böschungen

Nach der vorliegenden Planung sind folgende maximale Böschungshöhen und -neigungen vorgesehen:

	Böschungshöhe	Böschungsneigung
Oberflächenabdichtung	35 m	1:4
Betriebsböschung	60 m	1:2*

* Generalneigung

6.7.2.1 Betriebsböschungen

Die Betriebsböschungen des Deponiekörpers werden fortschreitend mit der Einlagerung der Kraftwerksreststoffe schiebenweise aufgebaut. Die Böschung wird aus insgesamt 7 Kippenscheiben bestehen und eine Gesamthöhe von bis zu 60 m aufweisen. Mit einer Bermenbreite von 10 m und einer Neigung der Einzelböschungen der Kippenscheiben von 1:1 ergibt sich eine Länge des Böschungssystems von 120 m mit einer Generalneigung von 1:2.

6.7.2.2 Deponieböschung im Endzustand

Für die Standsicherheitsberechnungen der Böschungen im Endzustand wurde exemplarisch die Nordböschung gewählt. Diese Böschung weist mit 35 m die größte Gesamthöhe auf. Die Böschung hat eine einheitliche Neigung von 1:4.

6.7.3 Aufbau des Basis- und Oberflächenabdichtungssystems

Das Basisabdichtungssystem erfolgt mit dem folgenden Aufbau:

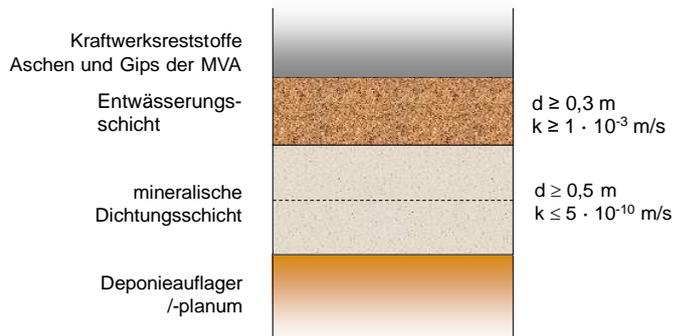


Abb. 19: Aufbau des Basisabdichtungssystems

Für das Oberflächenabdichtungssystem ist der folgende Aufbau vorgesehen:

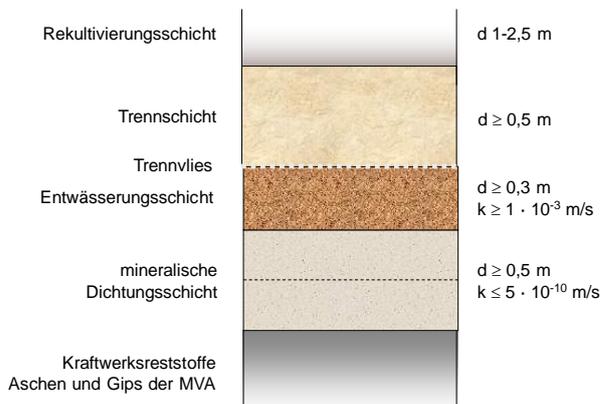


Abb. 20: Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems

6.7.4 Bodenkennwerte

Folgende Bodenkennwerte wurden seitens der RWE Power AG auf der Grundlage von Laborversuchen und Erfahrungswerten mitgeteilt.



Tab. 3: Kennwerte für die Standsicherheitsberechnungen (Angabe RWE Power AG, [2])

Bodenart	Reibungswinkel, φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Wichte γ' [kN/m ³]	Schichtstärke d [m]
Reku-Boden (einschl. Trennschicht)	30*	-	18	2,7
Trennschicht (Bergkies)	32,5	0	19	≥ 0,5
Entwässerungsschicht, Drainkies	32,5	0	18	≥ 0,3
Mineralische Tondichtung	18	20	20	≥ 0,5
Deponat, Kraftwerksreststoffe	25	9	15	-
Abraum, Kippenböden	32,5	5	19	-

* Ersatzreibungswinkel

Nach Erfahrungen der RWE Power AG an anderen Deponiestandorten, kann es bei den eingesetzten Tonen in Folge von Wasserzutritten zu einer Verminderung der Kohäsion an der Grenzfläche Ton – Deponat bzw. Ton - Entwässerungsschicht kommen. Aus diesem Grund sollen die steiler geneigten Basisabdichtungen (1:4 und steiler) so hergestellt werden, dass die Oberfläche der Dichtung nicht mit der Glattmantelwalze geglättet wird, sondern die Stampffußabdrücke in der Oberfläche verbleiben (s. Abb. 21).

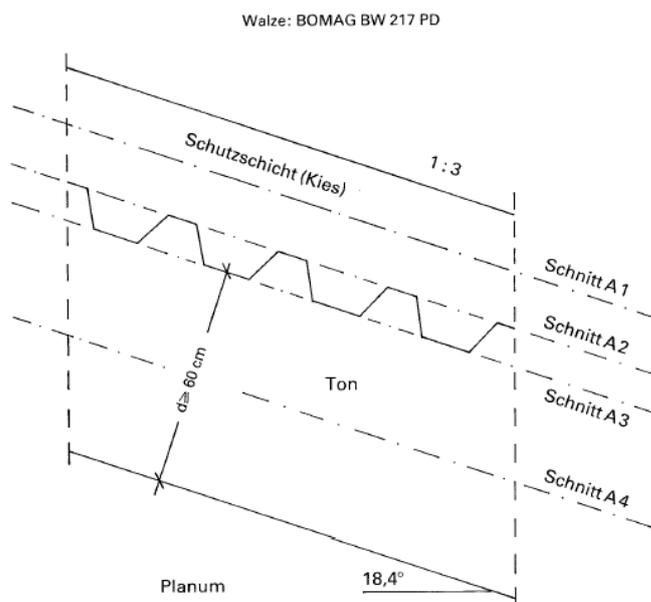


Abb. 21: Prinzipschnitt durch eine Basisabdichtung mit einer Neigung von 1:3



Durch das Verbleiben der Stampffußabdrücke in der Oberfläche wird die Ausbildung einer durchgehenden Scherfuge verhindert. Da der Reibungswinkel der Entwässerungsschicht deutlich größer ist als der der Tondichtung, verläuft die maßgebende Scherfuge in Schnitt A3 gemäß Abb. 21. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass durch das in den Stampffußabdrücken stehende Wasser der Ton in diesem Trennflächenabschnitt aufweichen und die Scherfestigkeit auf die Restscherfestigkeit mit einem Ersatzwinkel von φ'_{Ersatz} von 15° abnehmen kann. Auf der sicheren Seite liegend wird für den Ton in den verbleibenden Tonstegen eine Spitzenscherfestigkeit mit einem Ersatzwinkel von φ'_{Ersatz} von 22° angesetzt. Um das Aufweichen der mineralischen Dichtung in der Trennfuge zu berücksichtigen, wird die Kohäsion auf $c_k = 5 \text{ kN/m}^2$ (= Minimalwert nach EAU 2004 bei einem TA in weicher Zustandsform) abgemindert. Auf der sicheren Seite liegend wird dieser abgeminderte Wert für die gesamte Trennfläche angesetzt. Die Böden mit mind. steifer Konsistenz und damit höherer Kohäsion in den Tonstegen, die einen Flächenanteil von ca. 80 % ausmachen, werden dagegen nicht berücksichtigt.

Auf der geneigten Oberflächenabdichtung mit Neigungen von 1:4, die nicht glattgewalzt werden soll, wurde zur sicheren Seite hin auf den Ansatz einer Kohäsion verzichtet.

6.7.5 Nachweisführung

Es werden sowohl die Standsicherheiten der Gesamtböschungen nach dem Lamellenverfahren nach Bishop als auch die Standsicherheit in der maßgebenden Gleitfuge nach der Blockgleitmethode untersucht. Die Berechnungen erfolgen mit dem Programm Stability (GGU, Version 13.01) nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 4084 bzw. DIN 1054. Die ausreichende Standsicherheit ist hierbei nachgewiesen, wenn für den Grenzzustand GEO-3 (Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit) gilt:

$$E_d \leq R_d$$

bzw.

$$\frac{E_d}{R_d} = \mu \leq 1$$

mit :

E_d Bemessungswert der resultierenden Beanspruchung bzw. Bemessungswert des Momentes der Einwirkungen um den Gleitkreismittelpunkt



- R_d Bemessungswert des Widerstandes bzw. des Momentes der Widerstände um den Gleitkreismittelpunkt
 μ Ausnutzungsgrad

6.7.6 Lastfall Erdbeben

Nach DIN EN 1998-1 wird der Standort der KWR Deponie Inden der Erdbebenzone 3, der Untergrundklasse T und der Baugrundklasse C zugeordnet. Die Erdbebenzone 3 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von $7,5 \leq I_s < 8,0$ zugeordnet ist. Der zugehörige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung beträgt in dieser Erdbebenzone $a = 0,8 \text{ m/s}^2$. Die mittlere Referenz-Wiederkehrperiode beträgt hierbei 475 Jahre. Dies entspricht eine Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder Überschreitens von 10% innerhalb von 50 Jahren.

Innerhalb der Standsicherheitsberechnungen wird eine Variation der Beschleunigungseinwirkungen in horizontaler und vertikaler Richtung durchgeführt und das Ergebnis mit dem ungünstigsten Sicherheitsniveau in der Auswertung berücksichtigt.

6.7.7 Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der durchgeführten Standsicherheitsberechnungen sind in der folgenden Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Ergebnisse der Berechnungen

Nr.	System	Ausnutzungsgrad μ	
		LF statisch	LF Erdbeben
1	Deponieböschung, Oberflächenabdichtung 1:4	0,61	0,62
2	Deponiearbeitsböschung	0,94 / 0,97*	-
3	Oberflächenabdichtungssystem 1:4, Gleitsicherheit	0,83	0,84

* Blockgleiten

Mit den berechneten Sicherheiten wird für alle betrachteten Böschungssysteme und das Oberflächenabdichtungssystem der Nachweis der erforderlichen Sicherheit erbracht.



6.7.8 Bewertung der Möglichkeit der Bodenverflüssigung

Gleichförmige und feine Sande können, insbesondere bei einer lockeren Lagerungsdichte, unter Erdbebenbeanspruchung zu einem Verlust der Scherfestigkeit neigen, d.h. zur Bodenverflüssigung. Die Wahrscheinlichkeit der Bodenverflüssigung steigt mit der Intensität und der Dauer des Erdbebens und mit der Höhe des Grundwasserstands unter Gelände und nimmt mit der Lagerungsdichte des Bodens und der Tiefe ab. Die potenzielle Gefahr einer Bodenverflüssigung infolge Erdbebeneinwirkung ist in Tagebaukippen grundsätzlich nicht auszuschließen. Die Möglichkeit besteht insbesondere bei enggestuften, locker gelagerten Sanden mit Grundwassereinfluss.

Das potenzielle Risiko einer Bodenverflüssigung ist am Standort der KWR-Deponie Inden als nicht ausgeprägt zu bewerten, da auf der Grundlage der Ergebnisse der ausgeführten Untersuchungen mehrheitlich weitgestufte schluffige Sand- und Kiesgemische verkippt wurden, die einen Verflüssigungsmechanismus weniger begünstigen.

Eine quantitative Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer Bodenverflüssigung kann nach der Regel KTA 2201.2 (Kerntechnischer Ausschuss: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Erregungen) erfolgen [14]. Nach Abb. 22 kann die maßgebliche Grenzlinie der Verflüssigung durch Einzeichnen der Kornverteilungskurve festgelegt werden.

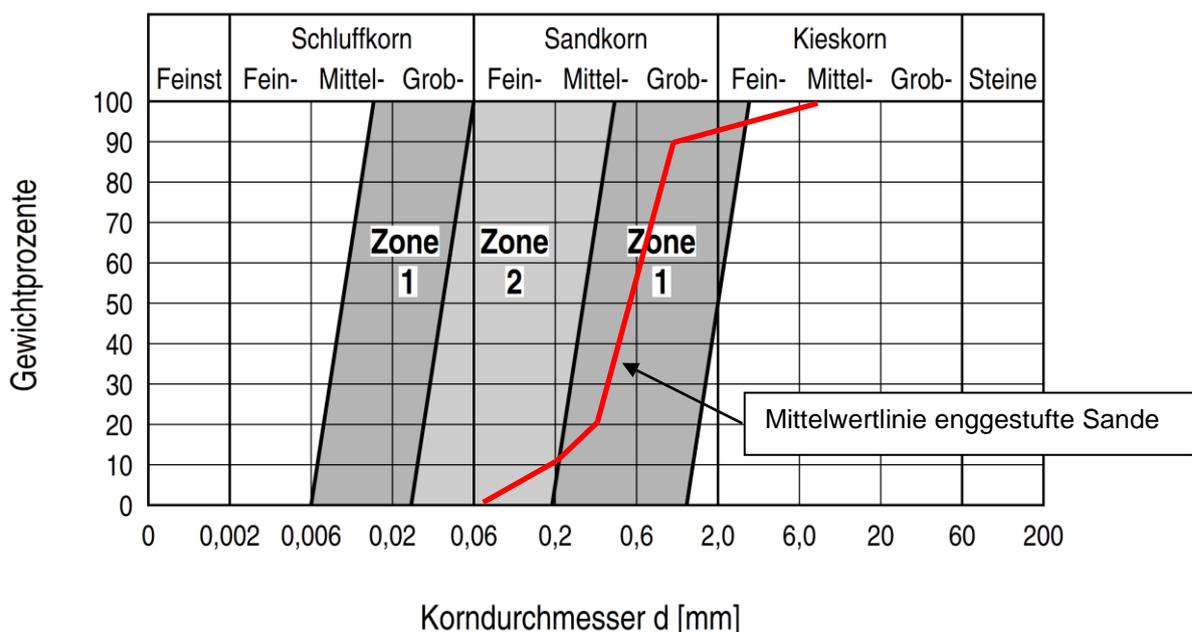


Abb. 22: Verflüssigungsgefährdung Kornverteilungsbereiche [14]



Im vorliegenden Fall sind nur die als enggestufte Sande eingruppierten, im Kippenprofil mit ca. 16% untergeordnet vorkommenden Böden gem. [14] hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung relevant. Diese Böden sind der Zone 1 gemäß Abb. 22 zuzuordnen.

Nach [14] ergibt sich das dynamische Schubspannungsverhältnis τ/σ'_0 aus der Beziehung

$$\max \tau = \sigma_0 \frac{\max a}{g} r_d$$

mit:

$\max a$ [m/s²] Maximalbeschleunigung,

g [m/s²] Erdbeschleunigung,

σ'_0 : [kN/m²] wirksame vertikale Spannung im Boden in der Tiefe t ,

σ_0 : [kN/m²] totale vertikale Spannung im Boden in der Tiefe t ,

r_d : [-] Reduktionsfaktor in Abhängigkeit von der Tiefe.

Der tiefenabhängige Reduktionsfaktor wird im Folgenden auf der sicheren Seite liegend nicht zum Ansatz gebracht.

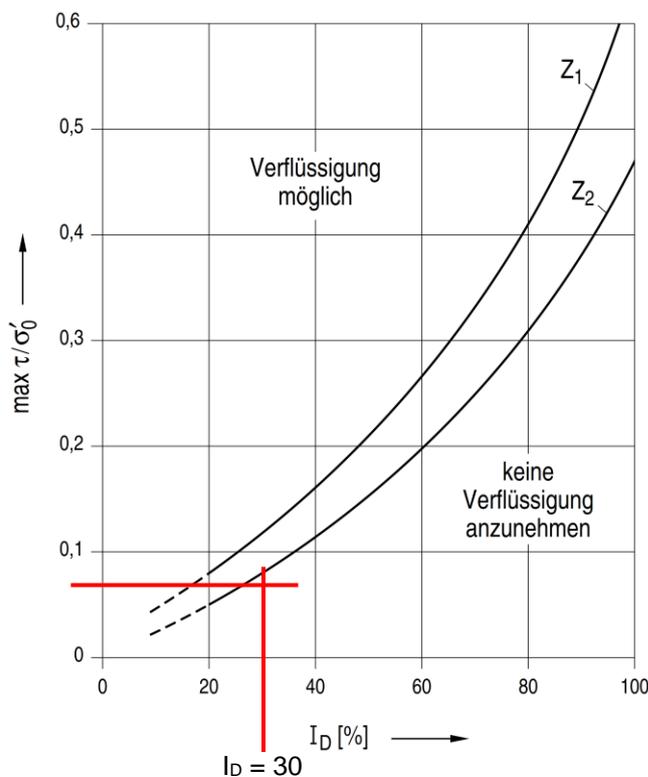


Abb. 23: Diagramm zur Abschätzung der Gefahr einer Bodenverflüssigung [14]



Die bezogene Lagerungsdichte I_D für die locker gelagerten Kippenböden beträgt entsprechend der Bewertung der ermittelten Schlagzahlen der Rammsondierungen und Drucksondierungen i.M. 0,30. Der Schnittpunkt aus den für den betrachteten Lastfall ermittelten Verhältniswert τ/σ'_0 und $I_D = 30\%$ liegt unterhalb der Grenzlinie für die Zone 1 nach Abb. 23.

Auf dieser Grundlage besteht gemäß [14] keine Gefahr einer Bodenverflüssigung. Durch den Lastfall Erdbeben bedingte Verformungen an den Abdichtungssystemen der KWR Deponie sind somit nicht zu erwarten. Mit zunehmender Tiefe und Überlagerungsspannung nimmt die Sicherheit zu.

7 Zusammenfassung

Die RWE Power AG plant eine Erweiterung der von ihr betriebenen Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden

Die Deponieverordnung 2009 bietet für eine Monodeponie der Deponieklasse I die Möglichkeit der Inanspruchnahme einer Ausnahmeregelung, die den Verzicht auf eine Zwischenabdichtung vorsieht. Dies wird im konkreten Fall für die geplante Erweiterung der KWR-Deponie II Tagebau Inden dargestellt. Die Erweiterung soll nicht durch einen gesonderten neuen Deponieabschnitt erfolgen, sondern als Ausbau des aktuell bereits genehmigten Deponiekörpers ohne Einbau einer trennenden multifunktionalen Zwischenabdichtung. Die Voraussetzungen für die Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung sind gegeben, da die dargestellte Bewertung der Risiken für die Umwelt zeigen, dass keine Gefährdungen für Boden, Grundwasser oder Oberflächenwasser gegeben sind.

Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist ferner die Bewertung der geotechnischen Aspekte der vorgesehenen Erweiterung unter Berücksichtigung der gegebenen standortspezifischen Bedingungen. In diesem Rahmen wurden die geologischen und hydrogeologischen Standortbedingungen beschrieben und erdstatische Berechnungen durchgeführt. Auf dieser Basis wurden die zu erwartenden Verformungen des bestehenden Basisabdichtungssystems infolge der Gesamtbelastung durch den Deponiekörper einschließlich der geplanten Erweiterung rechnerisch ermittelt. Darüber hinaus wurden Standsicherheitsberechnungen für die Böschungen des Deponiekörpers im Bau- und Endzustand und für das Oberflächenabdichtungssystem durchgeführt.



Die Auswertung der Berechnungsergebnisse führt zu dem Ergebnis, dass die durch den Deponiekörper im Endzustand auf das Basisabdichtungssystem aufgeprägten Verformungen nicht zu einer Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der mineralischen Dichtung führen. Unter Ansatz der berechneten Setzungen der Basisabdichtung im Endzustand wird ein ausreichender Abstand zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand eingehalten. Für die betrachteten Böschungssysteme und das Oberflächenabdichtungssystem konnte eine ausreichende Standsicherheit (einschließlich für den Lastfall Erdbeben) rechnerisch nachgewiesen werden.

Es wird somit für die vorgesehene Deponieerweiterung der Nachweis geführt, dass unter Berücksichtigung aller maßgeblichen Belastungen und Einwirkungen die Funktionstüchtigkeit des bestehenden und des geplanten Basisabdichtungssystems gewährleistet ist. Die Standsicherheit der Böschungen des Deponiekörpers im Bau- und Endzustand sind sowohl für das Basisabdichtungssystem als auch für das Oberflächenabdichtungssystem gegeben.


Dr.- Ing. M. Nendza



Verwendete Unterlagen

Genehmigungen / Berichte

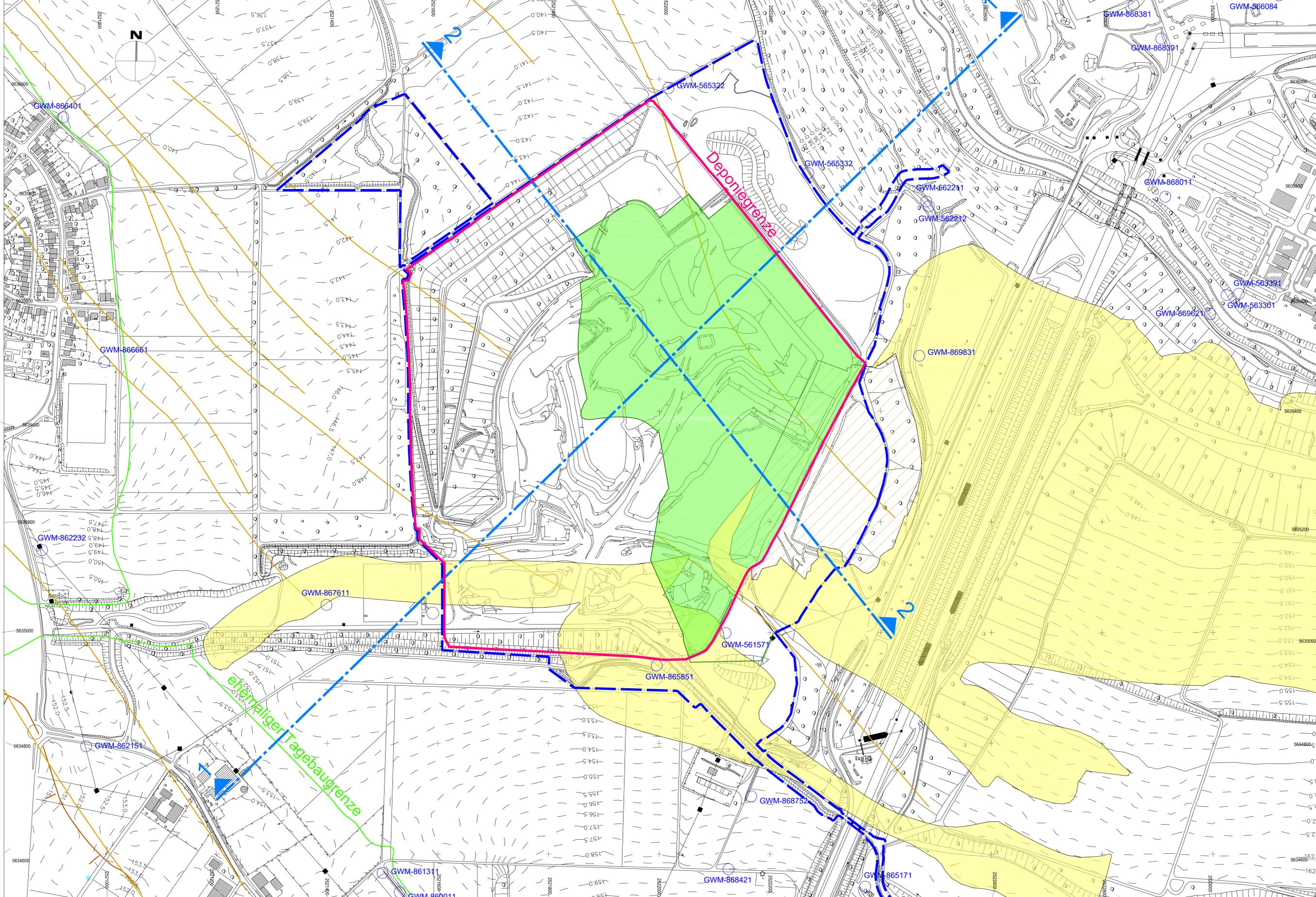
- [1] Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb einer Deponie für Kraftwerksreststoffe im Tagebau Inden der Rheinischen Braunkohlenwerke AG, AZ: 52.1.21.1-(1.3)-01/08.- Bezirksregierung Köln, 13.05.2009
- [2] Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH (2008): Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden, Geologische, hydrogeologische und geotechnische Standortverhältnisse
- [3] Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann (1993): Zentraldeponie Kreis Aachen II: Teil 2: Geologisches und Hydrogeologisches Gutachten sowie allgemeine Baugrundbeurteilung für den Deponiestandort.- AG: AWA GmbH
- [4] Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann (1994): Zentraldeponie Kreis Aachen II: Teil 2: Geologisches und Hydrogeologisches Gutachten sowie allgemeine Baugrundbeurteilung für den Deponiestandort.- AG: AWA GmbH
- [5] Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann (2011): Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden, 1. Bauabschnitt, Abschlussbericht Monitoring zur Sickerwasserbeurteilung
- [6] RWE Power AG (2020): Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden, Antrag auf Planfeststellung
- [7] RWE Power AG (2019): TB Inden, KWR Deponie II Setzungsüberwachung Bericht Nr.16, Ergebnisse der hydrostatischen Linienvermessung 08. - 10. Oktober 2019, Lhotzky + Partner Ingenieurgesellschaft mbH
- [8] Fugro Germany Land GmbH (2019): Technischer Datenbericht, Durchführung elektrischer Drucksondierungen mit Porenwasserdruckmessungen, KWR Deponie II Tagebau Inden v. 23.01.2019
- [9] GWT-TUD GmbH (2019): Auswertung von Drucksondierungen in Kippenböden der Tagebaue Inden und Hambach, Abschlussbericht 04 v. 22.02.2019

Rechts- und Regelwerke

- [10] DepV - Deponieverordnung - Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22 vom 29.04.2009 S. 900; 09.11.2010 S. 1504 10; 26.11.2010 S. 1643 10a; 17.10.2011 S. 2066 11; 24.02.2012 S. 212 12; 15.04.2013 S. 814 13; 02.05.2013 S. 973 13a)
- [11] DIN 21919-3: Bergmännisches Risswerk - Stratigraphie, Teil 3 Regionale und lokale Gliederungen Braunkohle, Stand November 2001
- [12] Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (RfS), Neufassung mit Ergänzung vom 08.08.2013



-
- [13] DIN EN 1998-1: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Stand Dezember 2010
 - [14] Regel KTA 2201.2: Kerntechnischer Ausschuss: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Erregungen besser zitieren
 - [15] Berücksichtigung von Erdbebenbelastungen nach DIN 19700 in Nordrhein-Westfalen.- Merkblatt 58, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2006
 - [16] Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme, Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung, LANUV-Arbeitsblatt 13, 2015
 - [17] GDA-Empfehlungen E 2-13: Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten

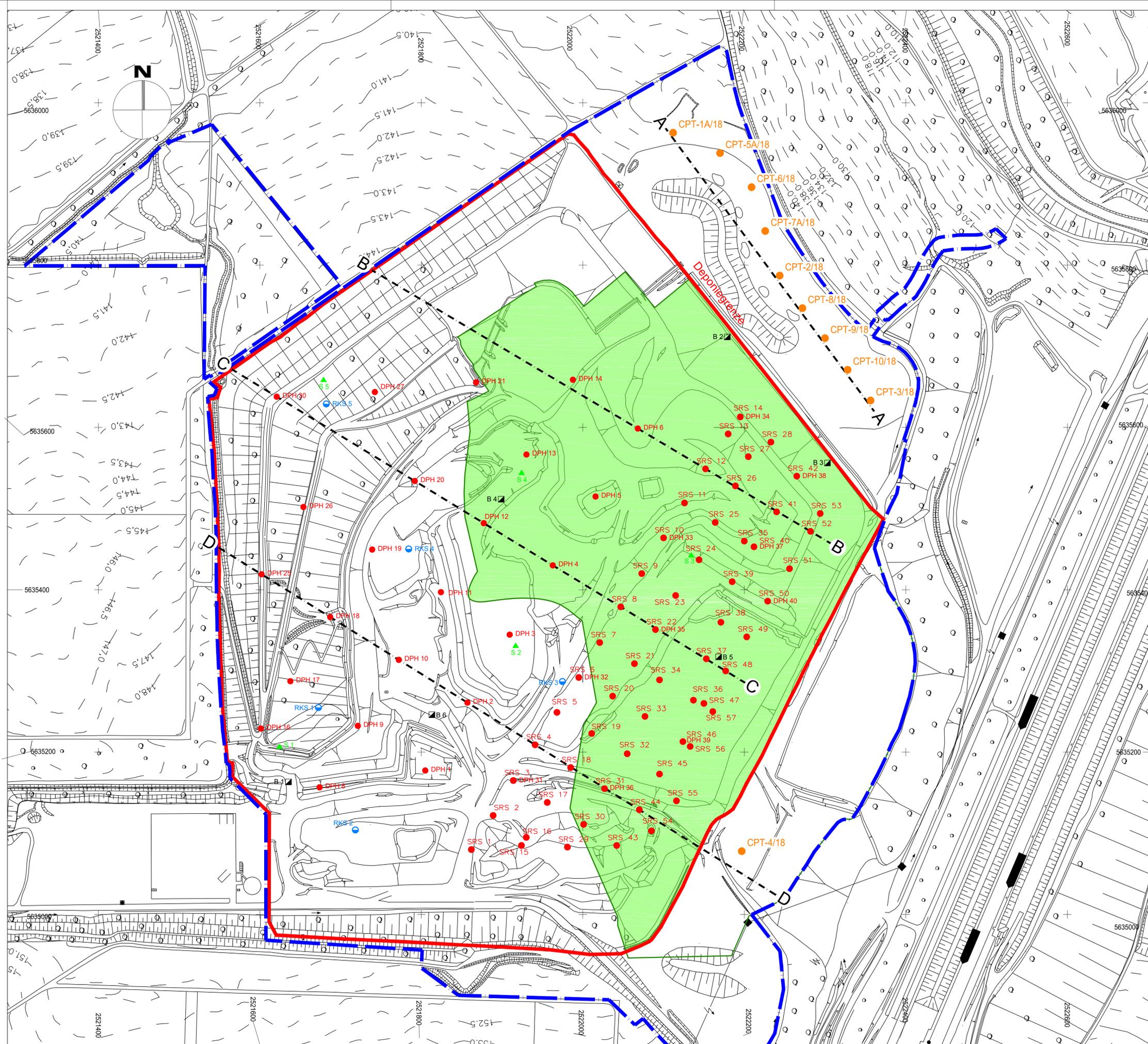


- Legende:**
- bisheriger Ablagerungsbereich
 - - - Planfeststellungsgrenze (neu)
 - - - ehemaliger Tagebaugrenze
 - geologische Störung, inaktiv
 - geologische Störung, bewegungsaktiv
 - Kraftwerksaschen, vorhanden
 - bergbauliche Abfälle, vorhanden
 - Vorhabenfläche
 - Grundwassermessstellen
 - - - Schnittführung (Schnitte s. Anl.1.6 und 1.7)

Datengrundlage:
 RWE Power AG, Bestand Januar 2019
 alle Höhenangaben in m NHN

A	Änderung der Vorhabenfläche	28.10.2020	Bockstegen
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

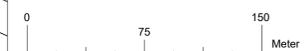
GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0			
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung	Bearb. - Nr.:	18.112
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden	Anlage - Nr.:	1.1
TITEL	Übersichtslageplan		
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019
			Maßstab d. Länge
			1:2.500
			Maßstab d. Höhe
			--



Legende:

- bisheriger Ablagerungsbereich
- - - Planfeststellungsgrenze (neu)
- Vorhabenfläche
- CPT... Elektrische Drucksondierungen mit Porenwasserdruckmessung
- DPH ... Schwere Rammsondierung Geot. Büro 2007
- SRS 1-57 Schwere Rammsondierung Geot. Büro 1994
- B 1-6 Rammkernbohrung Geot. Büro 1993
- RKS 1-5 Rammkernsondierung Geot. Büro 1993
- ▲ S 1-5 Baggerschurf Geot. Büro 1993
- · - · - A Schnittführung (Anlage 1.8, 1.9, 1.10 und 1.11)

Datengrundlage:
RWE Power AG, Bestand Januar 2019
alle Höhenangaben in m NHN



A	Änderung der Vorhabenfläche	28.10.2020	Bockstegers
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung				
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden				Bearb. - Nr.: 18.112
TITEL	Lageplan Deponie mit Eintragung aller Bodenaufschlüsse				Anlage - Nr.: 1.2 (A)
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:2500	-



Legende:

- bisheriger Ablagerungsbereich
- Planfeststellungsgrenze (neu)
- Vorhabenfläche
- Wertmineral (Auskohlung)
- Abraum
- 100 Haupt Höhenlinien (Auskohlung)
- 90 Nebenhöhenlinien (Auskohlung)

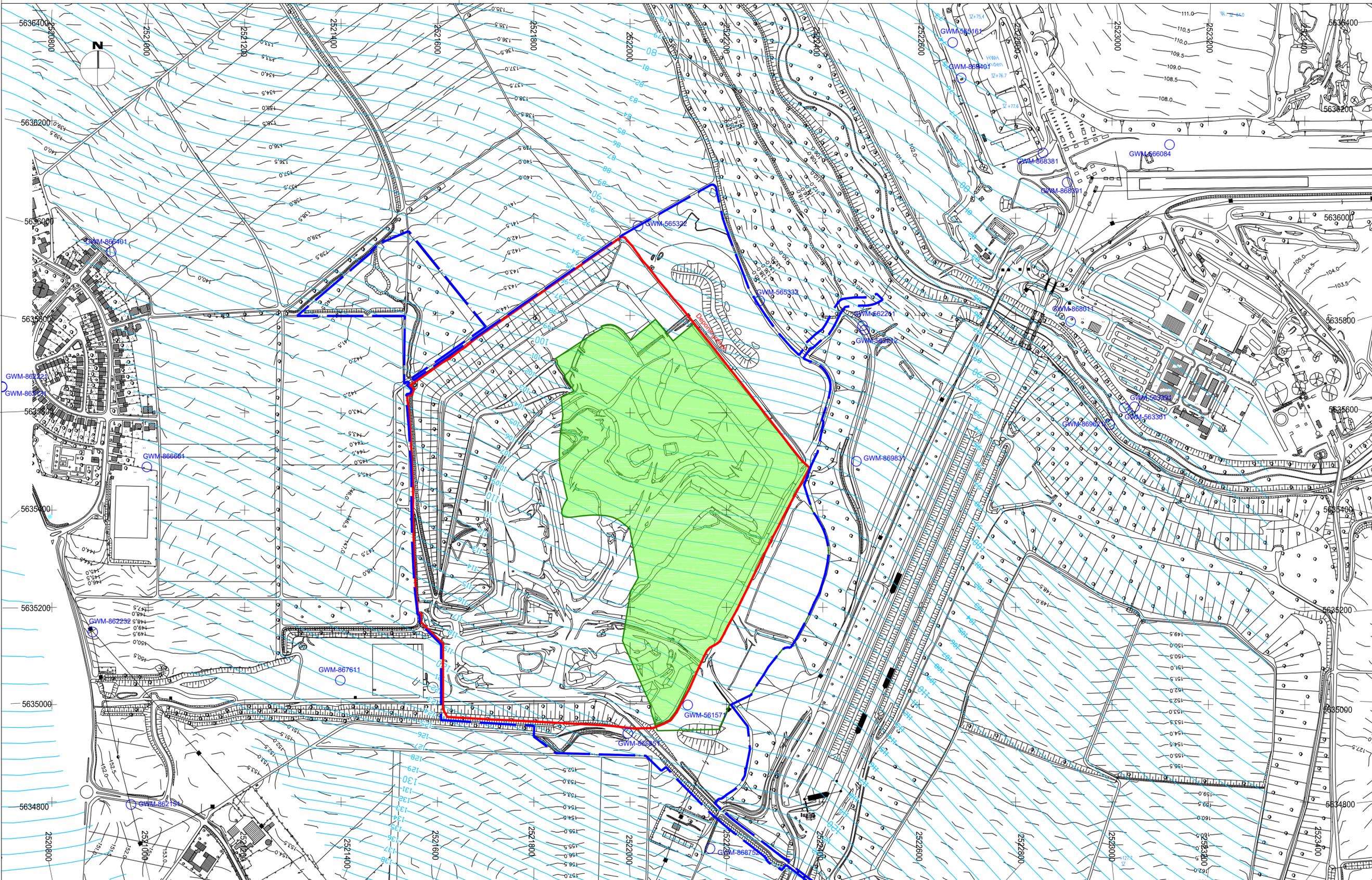
Datengrundlage:
RWE Power AG, Bestand Januar 2019
alle Höhenangaben in mNHN



A	Änderung der Vorhabenfläche	28.10.2020	Bockstegers
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung				
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden			Bearb. - Nr.: 18.112	
TITEL	Lageplan Deponie mit Darstellung der Auskohlung			Anlage - Nr.: 1.3 (A)	
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:5000	--

H/B = 519,75 / 780 (0,41m²)



Legende:

- bisheriger Ablagerungsbereich
- - - Planfeststellungsgrenze (neu)
- Vorhabenfläche
- 869621 Grundwassermessstelle
- 100 Grundwassergleichen 2018

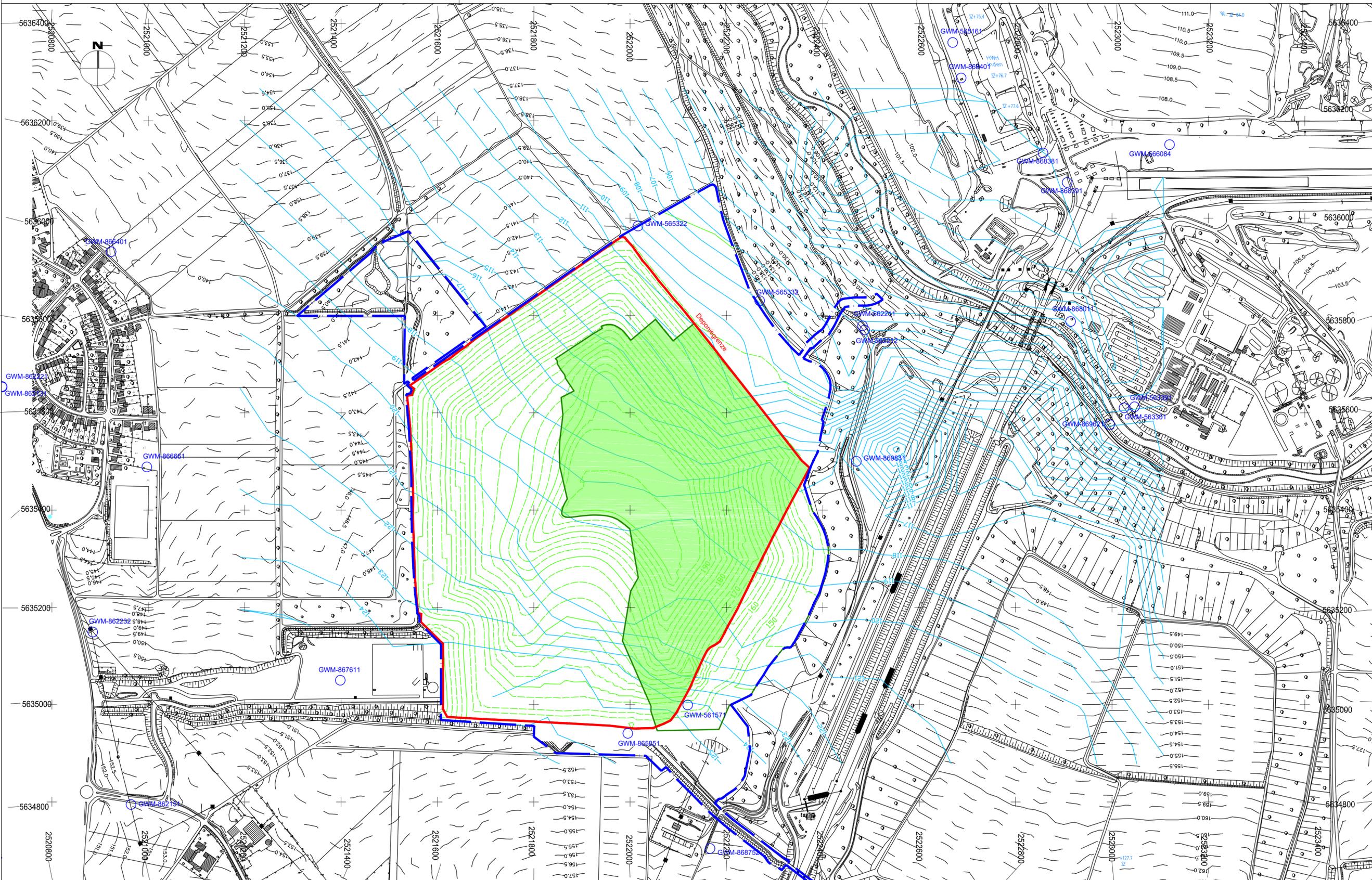
Datengrundlage:
RWE Power AG, Bestand Januar 2019
alle Höhenangaben in mNHN



A	Änderung der Vorhabenfläche	28.10.2020	Bockstegers
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung				
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden	Bearb. - Nr.: 18.112			
TITEL	Grundwassergleichenplan Stand 2018 (gemessen)	Anlage - Nr.: 1.4 (A)			
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:5000	--

HB = 519,75 / 780 (0,41m²)



Legende:

- bisheriger Ablagerungsbereich
- - - Planfeststellungsgrenze (neu)
- Vorhabenfläche
- 869621 Grundwassermessstelle
- 100 Grundwassergleichen Oktober 2200
- 200 Haupthöhenlinien (geplante Oberflächenerweiterung)
- - - Nebenhöhenlinien (geplante Oberflächenerweiterung)

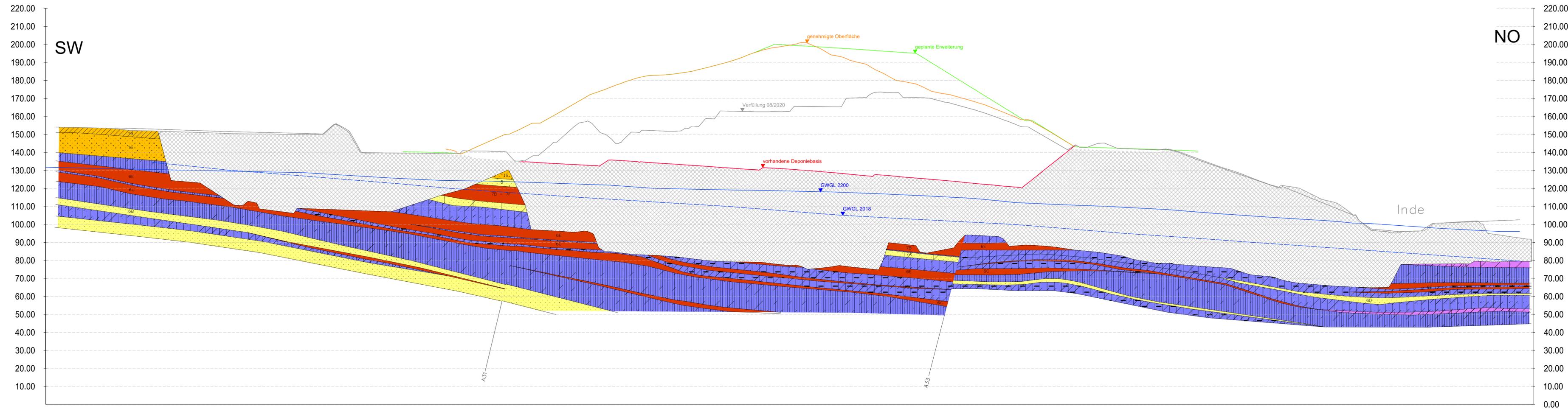
Datengrundlage:
 RWE Power AG, Bestand Januar 2019
 alle Höhenangaben in mNHN



Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name
A	Änderung der Vorhabenfläche	28.10.2020	Bockstegers

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
 Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0

AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung				
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden		Bearb. - Nr.: 18.112		
TITEL	Grundwassergleichen Stand Oktober 2200 (Modellrechnung)	Anlage - Nr.: 1.5 (A)			
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:5000	--



Achse:
1

Höhenplan:
HP 13

Station:
0+000.000 - 2+050.000

0.00

Zeichenerklärung

Signatur für den Aschegehalt der bergfeuchten Kohle

	Kohle und Sand
	Kohle sandig
	Kohle

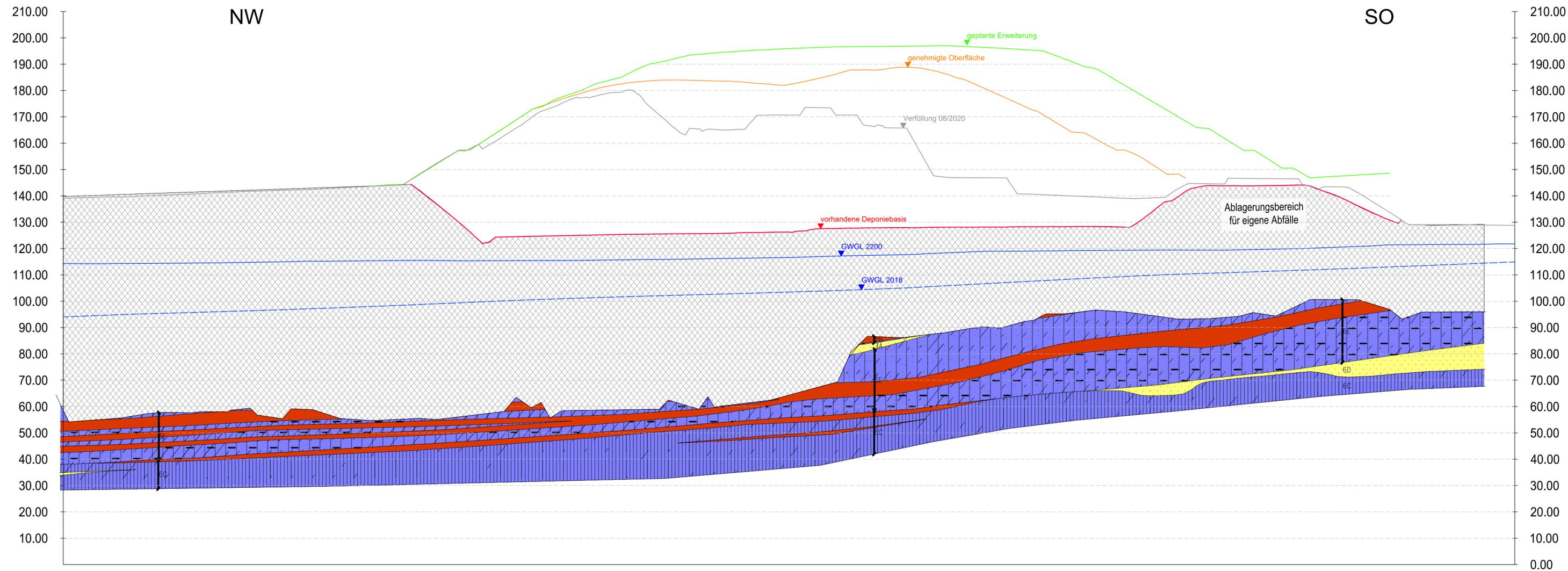
	Löss und Lößlehm		Sand tonig schluffig		Ton schluffig
	Kies sandig		Sand kohlig/humos		Ton sandig schluffig
	Kies sandig tonig		Sand kiesig kohlig/humos		Ton sandig schluffig kohlig/humos
	Kies sandig kohlig/humos		Sand tonig schluffig kohlig/humos		Ton schluffig kohlig/humos
	Kies sandig tonig kohlig/humos		Schluff tonig		Kohle
	Sand		Schluff tonig sandig		Abgebaut
	Sand kiesig		Schluff tonig sandig kohlig/humos		Verkippt
	Sand kiesig tonig		Schluff tonig kohlig/humos		Sonstiges

Schnittführung s. Anl. 1.1
Datengrundlage RWE Power AG
alle Höhenangaben in mNHN

A	Änderung der Erweiterungsplanung	28.10.2020	Bockstegers
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER		RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung			
PROJEKT		Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden		Bearb. - Nr.: 18.112	
TITEL		Schnitt 1-1		Anlage - Nr.: 1.6 (A)	
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:2500	1:1000

HB = 297 / 400 (0,12m²)



Achse:
2
Höhenplan:
HP 2.2
Station:
0+000.000 - 1+370.799
0.00

Zeichenerklärung

Signatur für den Aschegehalt der bergfeuchten Kohle

- Kohle und Sand
- Kohle sandig
- Kohle

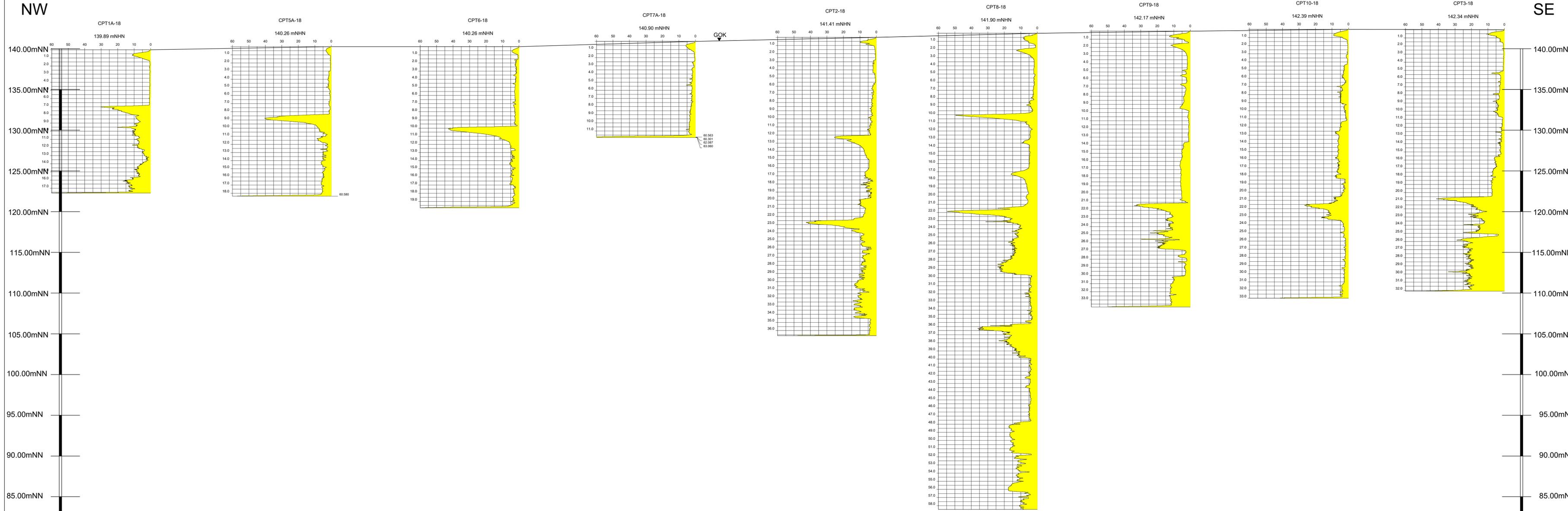
- | | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Schnittführung s. Anl. 1.1
Datengrundlage RWE Power AG
alle Höhenangaben in mNHN

A	Änderung der Erweiterungsplanung	28.10.2020	Bockstegers
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.:0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER		RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung			
PROJEKT		Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden			Bearb. - Nr.: 18.112
TITEL		Schnitt 2-2			Anlage - Nr.: 1.7 (A)
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Schmidt	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:2500	1:1000

PROFIL A - A

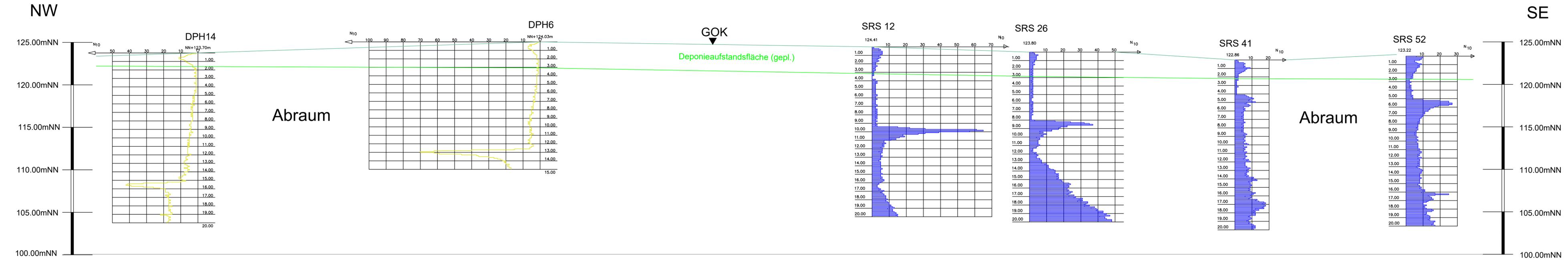


Schnittführung s. Anl. 1.2
alle Höhenangaben in mNHN

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH <small>Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0</small>					
AUFTRAGGEBER		RWE Power AG Zentrale Standort Köln <small>Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung</small>			
PROJEKT		Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden			Bearb. - Nr.: 18.112
TITEL		Profil A - A			Anlage - Nr.: 1.8
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Nendza	Karakus	Nendza	20.11.2019	1:500	1:200

PROFIL B - B



Legende:

DPH schwere Rammsondierung 2007
SRS schwere Rammsondierung 1993

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

BODENARTEN		NEBENANTEILE	
Auffüllung	A	schwach (< 15 %)	f
Braunkohle	Bk bk	stark (ca. 30-40 %)	stf
Kies	G g	sehr schwach	st
Mutterboden	Mu		stf
Sand	S s		stf
Schluff	U u		stf
Steine	X x		stf
Ton	T t		stf

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein	
m	mittel	
g	grob	

KONSISTENZ

wch	weich	stf	stif	stf	stif
hft	halbfest	stf	stif	stf	stif

FEUCHTIGKEIT

f	schwach feucht
stf	feucht
st	stark

RAMMDIAGRAMM (DPH / SRS)

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094	
Spitzendurchmesser	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	3.20 cm
Rambbärgewicht	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm

Schnittführung s. Anl. 1.2

alle Höhenangaben in mNN

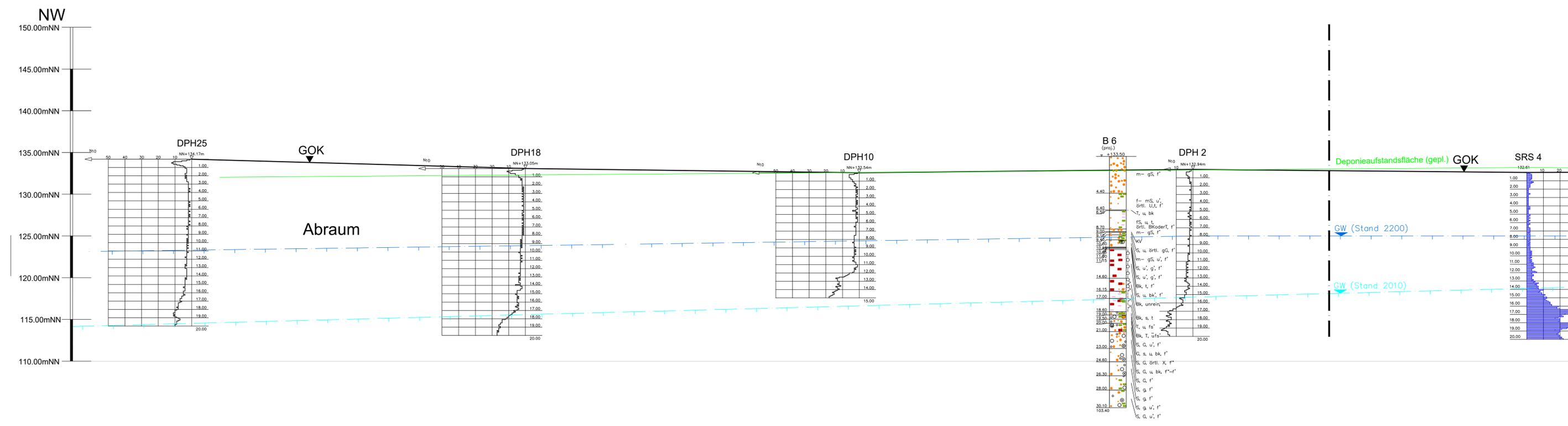
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH

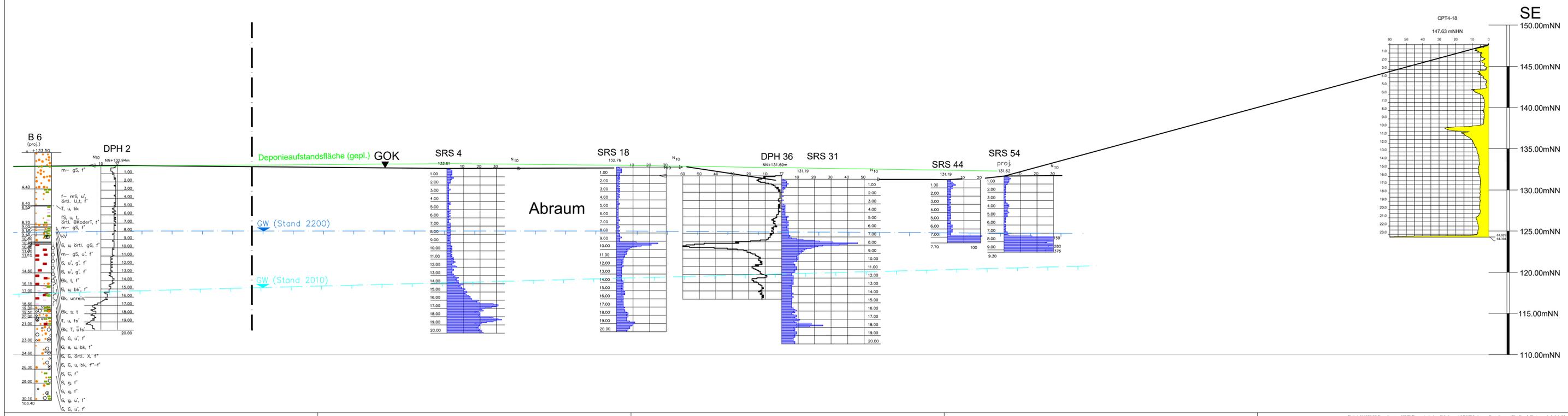
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0

AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung	RWE
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden	Bearb. - Nr.: 18.112
TITEL	Profil B - B	Anlage - Nr.: 1.9
Sachbearbeiter	gezeichnet: Karakus geprüft: Nendza	Aachen, den: 20.11.2019
Maßstab d. Länge: 1:500		Maßstab d. Höhe: 1:200

PROFIL D - D



PROFIL D - D



Legende:

DPH schwere Rammsondierung 2007
 SRS schwere Rammsondierung 1993

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

SOELENARTEN

Auffüllung	A	
Braunkohle mit Braunkohleschlüssen	Bk bk	
Kies	G g	
Müllderden	Mk	
Sand	S s	
Schluff	U u	
Steine	X x	
Ton	T t	

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein	schwach (< 15%)
m	mittel	stark (ca. 35-40%)
g	groß	sehr schwach

NEBENANTEILE

schwach (< 15%)	schwach
stark (ca. 35-40%)	stark
sehr schwach	sehr stark

KONSISTENZ

w	weich	st	stark	FEUCHTIGKEIT	f	flüssig
h	halbfest	st	fest		F	fest

RAMMDIAGRAMM (DPH / SRS)

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

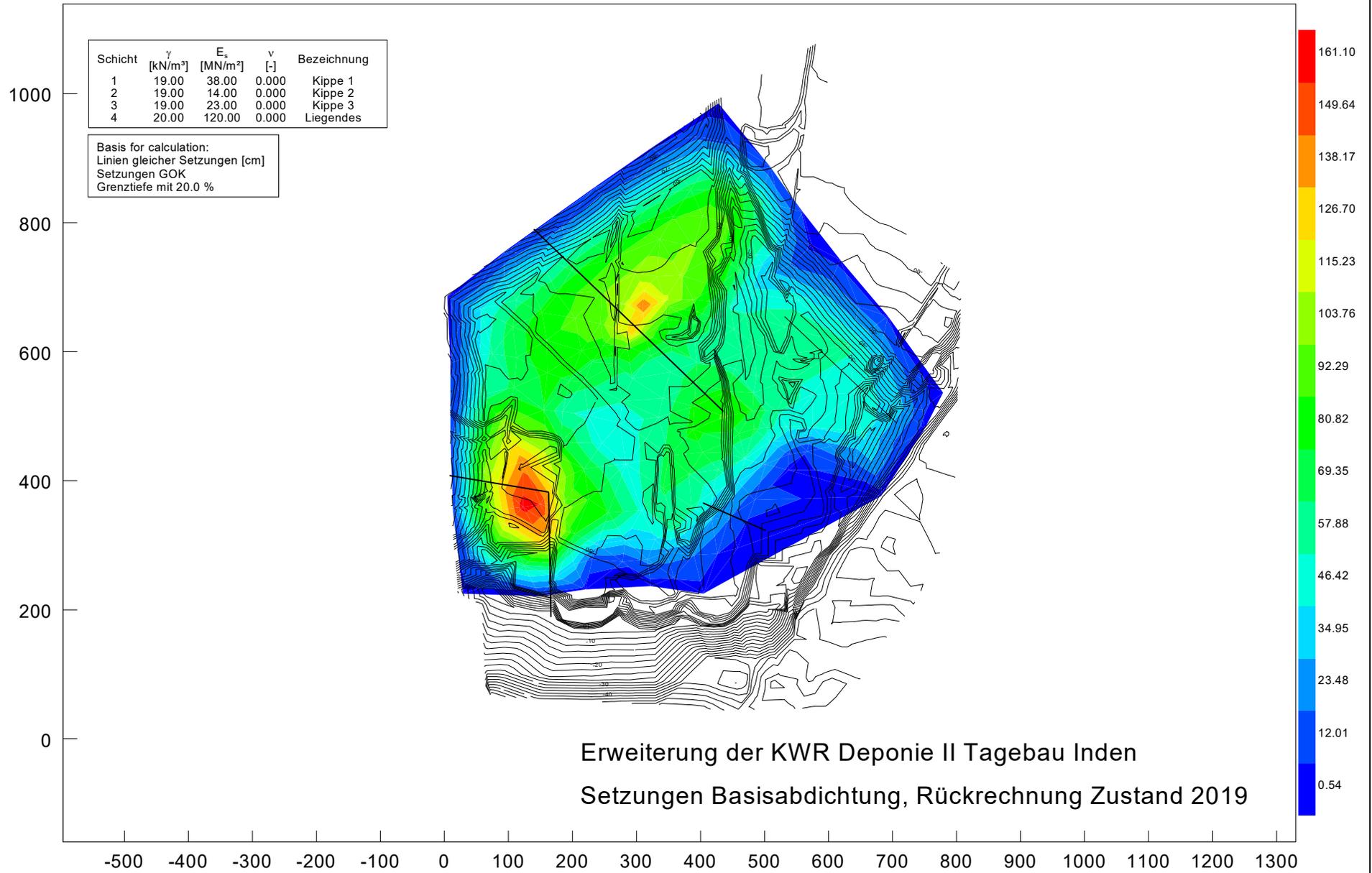
Spitzendurchmesser	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	15.00 cm ²
Gestängeldurchmesser	3.20 cm
Rammhämmergewicht	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm

Schnittführung s. Anl. 1.2
 alle Höhenangaben in mNN

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

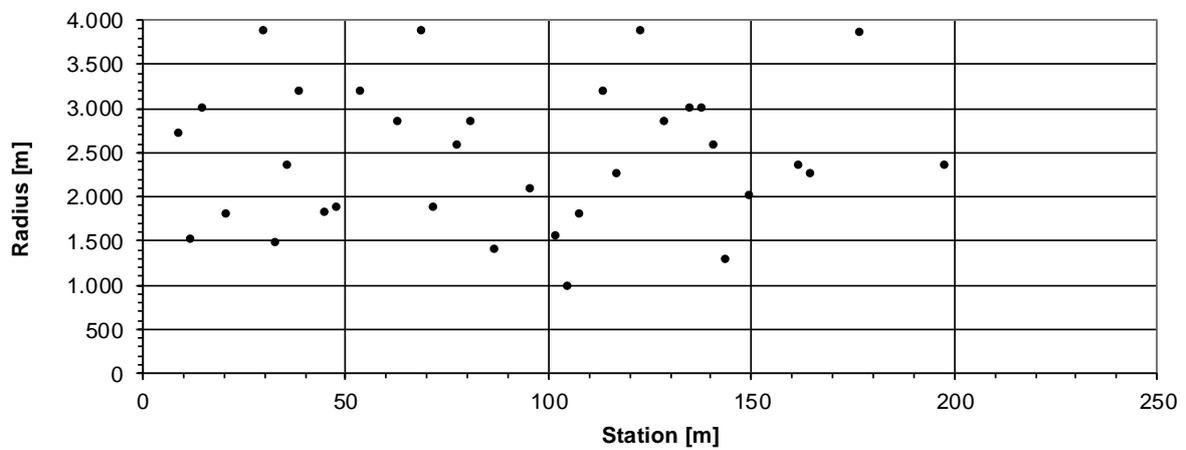
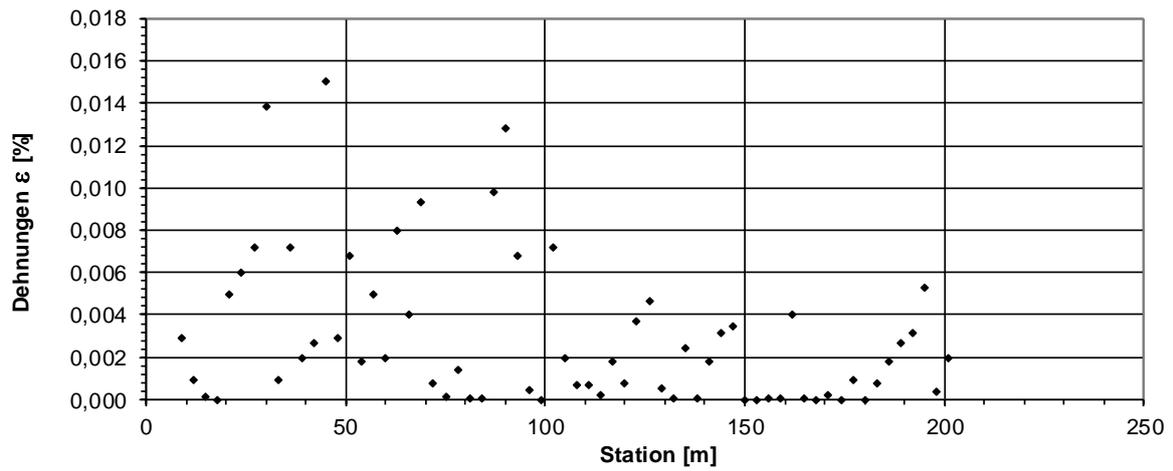
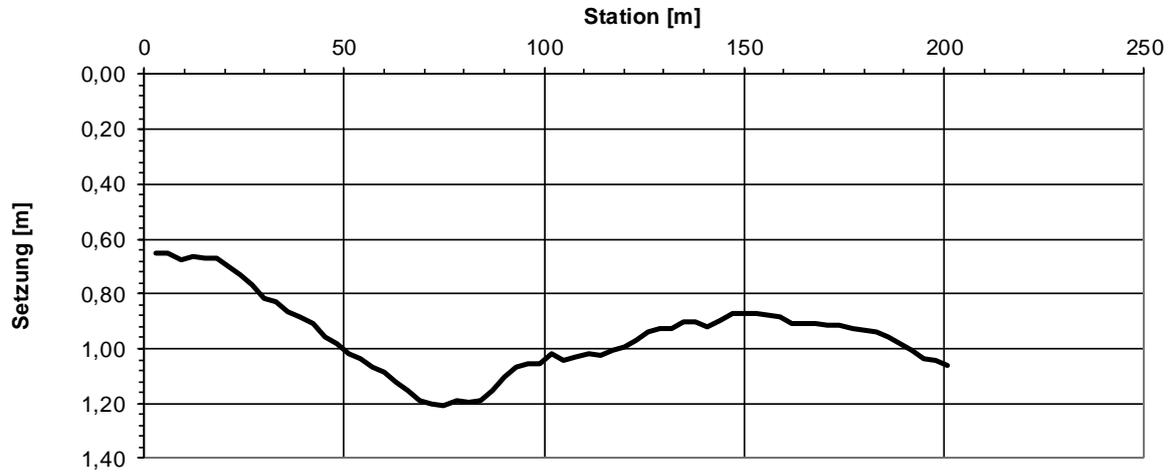
GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
 Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0

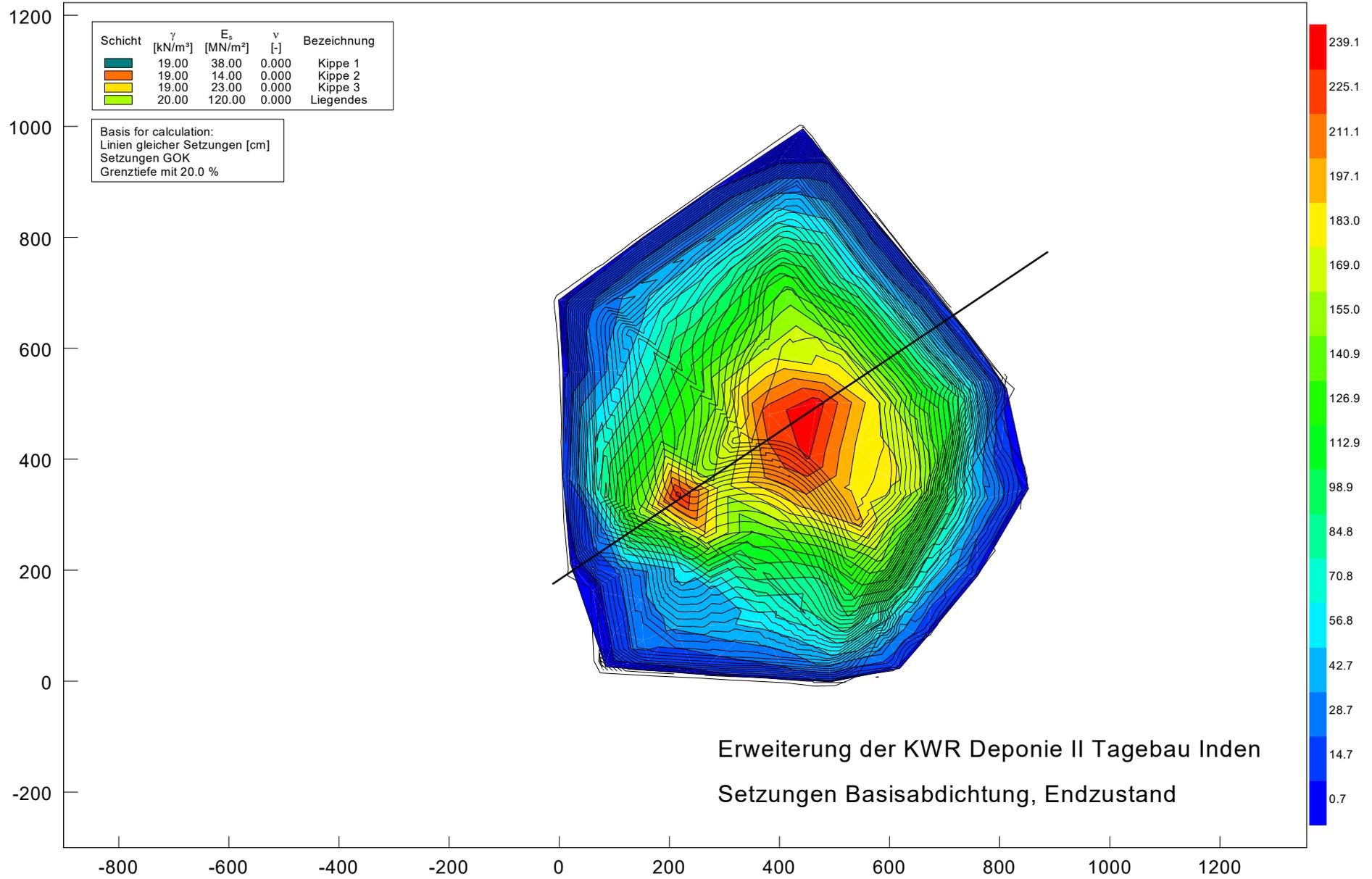
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zentrale Standort Köln Abteilung Tagebauplanung und -genehmigung	
PROJEKT	Erweiterung der Kraftwerksreststoffdeponie II Tagebau Inden	Bearb. - Nr.: 18.112
TITEL	Profil D - D	Anlage - Nr.: 1.11
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft
Nendza	Karakus	Nendza
Aachen, den	20.11.2019	Maßstab d. Länge
1:500	Maßstab d. Höhe	1:200



Anlage 2.1.2

Setzungen, Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis Belastungssituation 2019 MQ 1



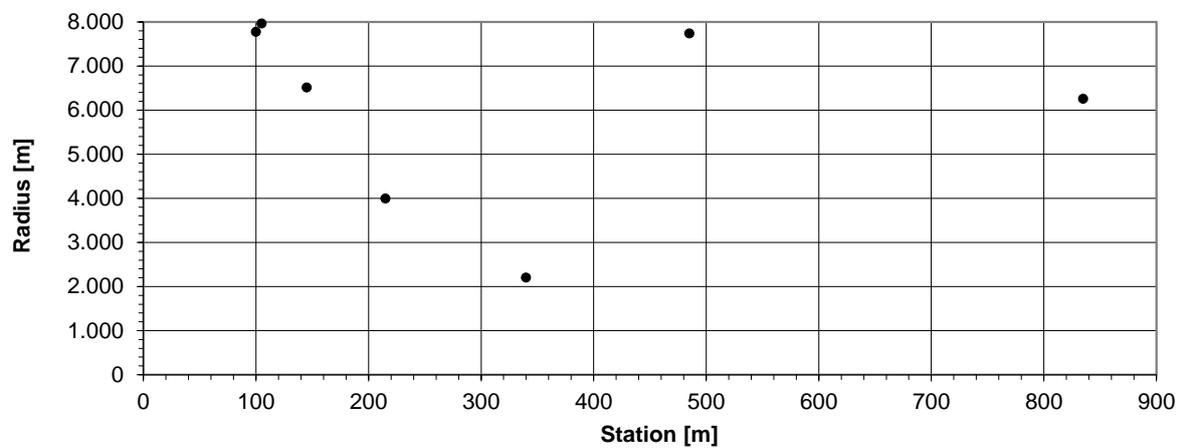
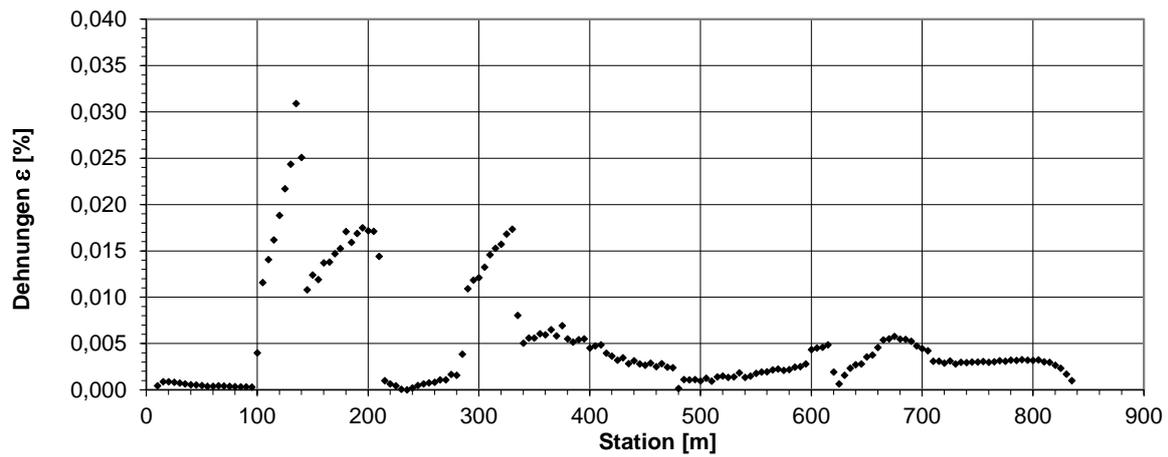
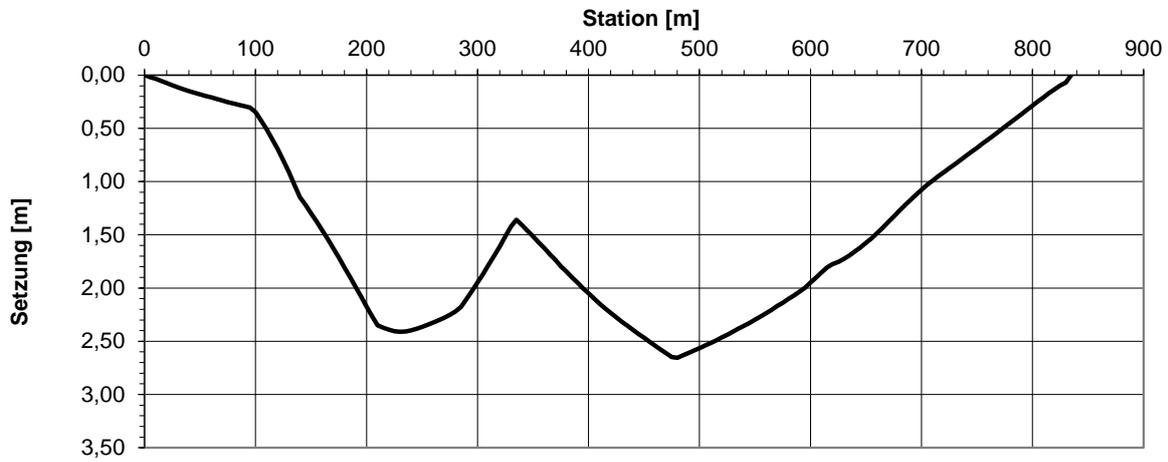


Anlage 2.1.4

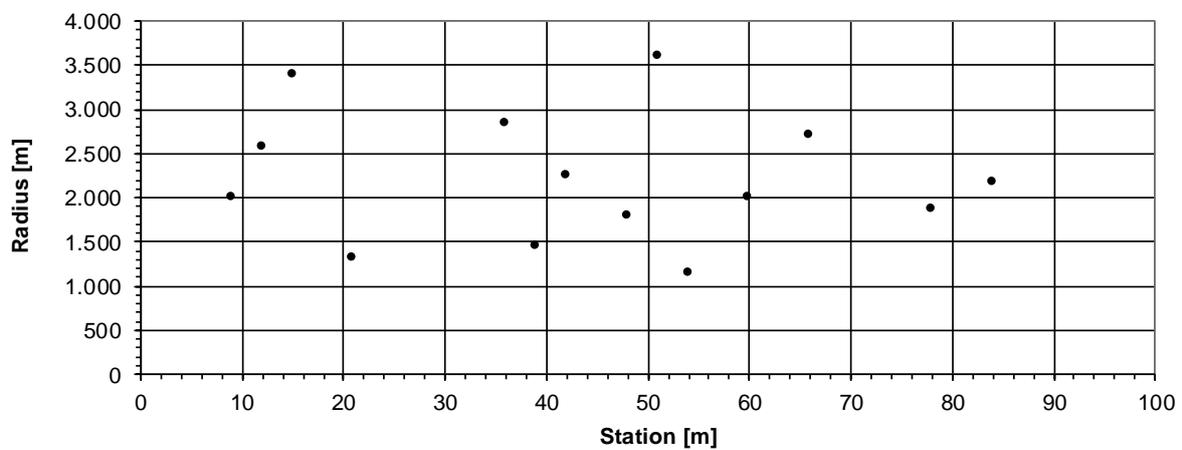
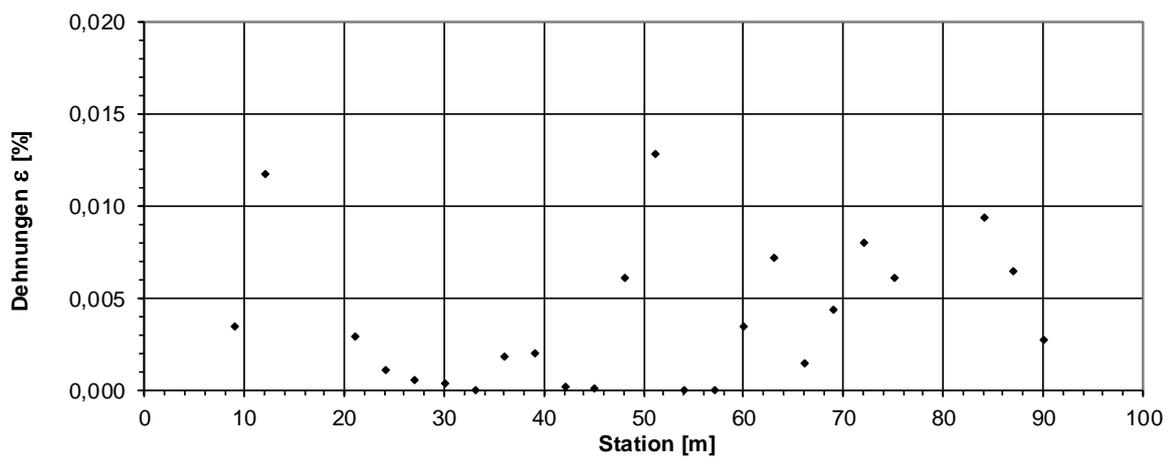
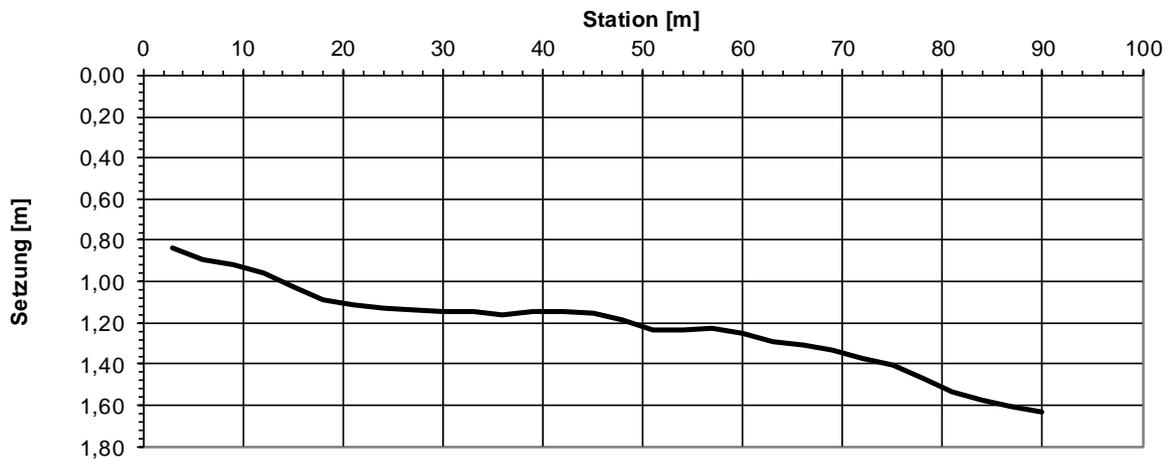
Setzungen, Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis

Belastung Endzustand

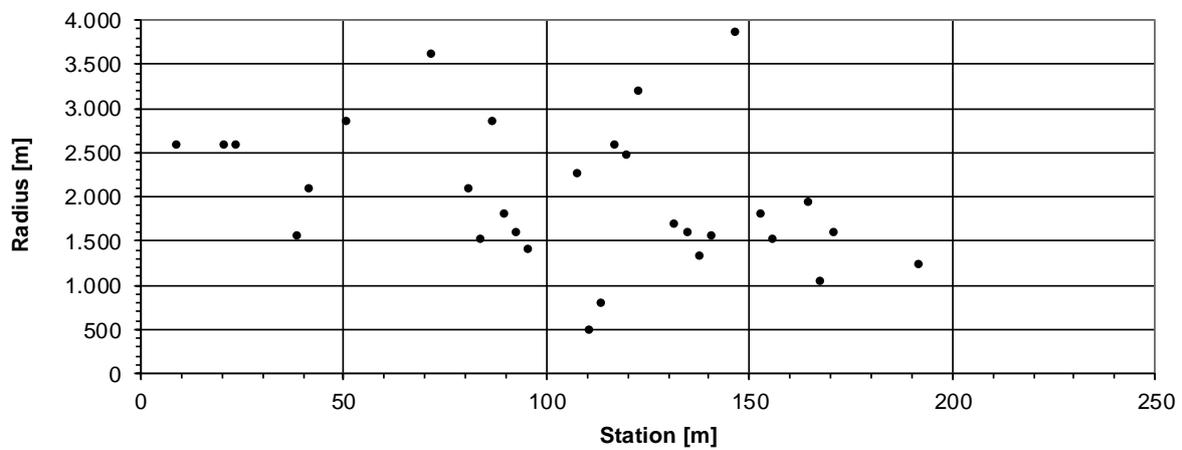
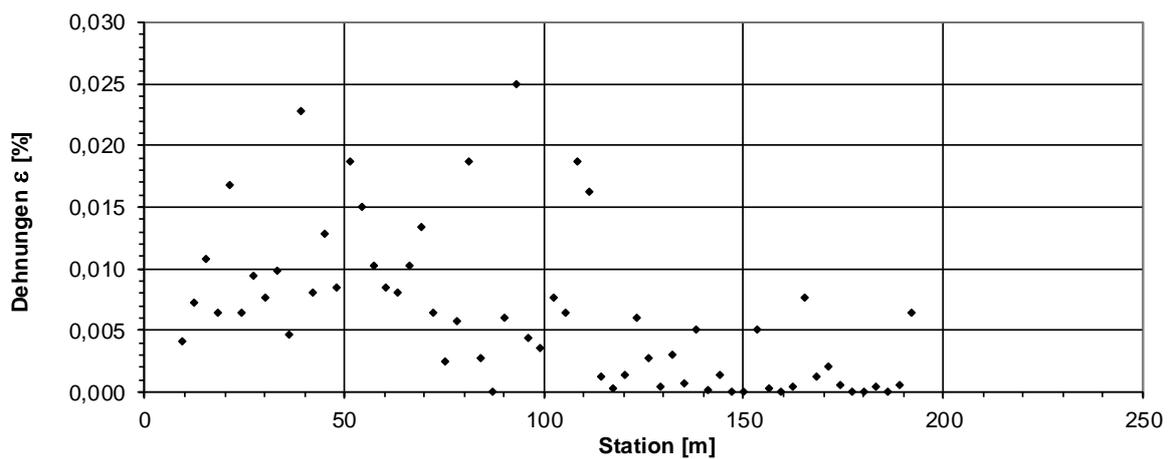
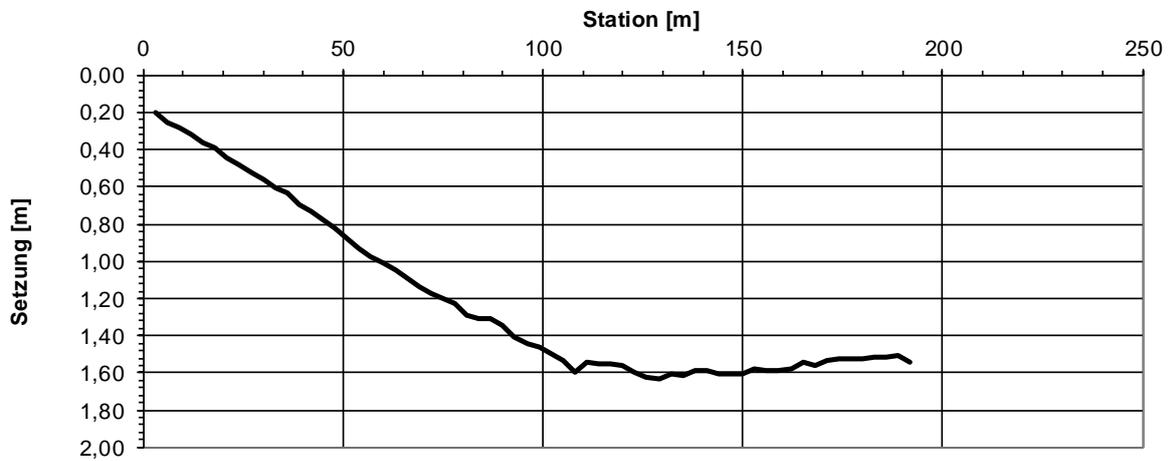
Schnitt 1-1



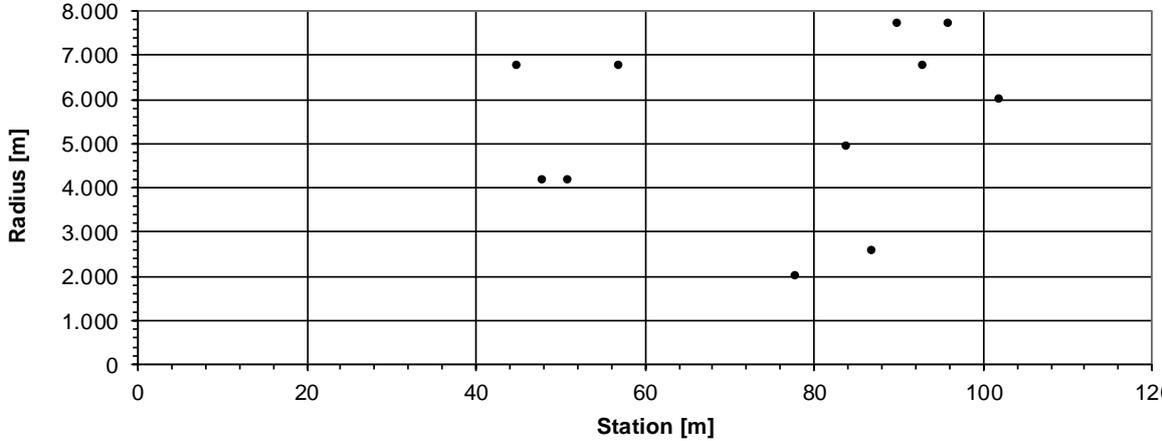
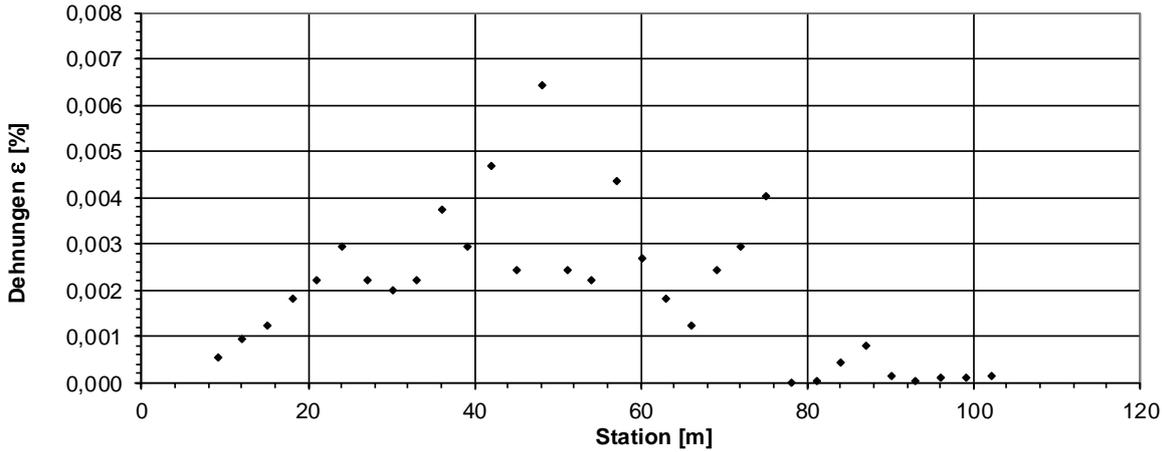
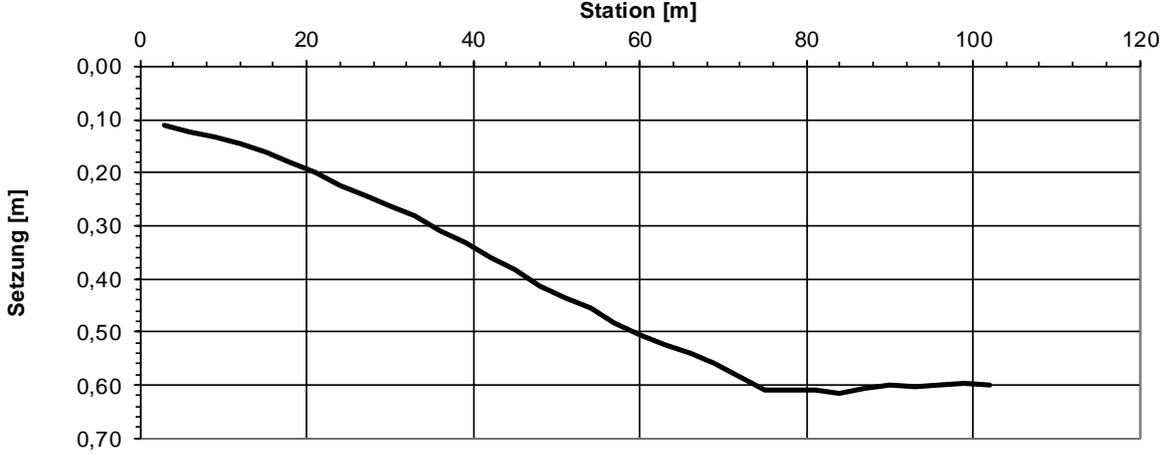
**Setzungen, Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis
Belastungssituation 2019
MQ 2**



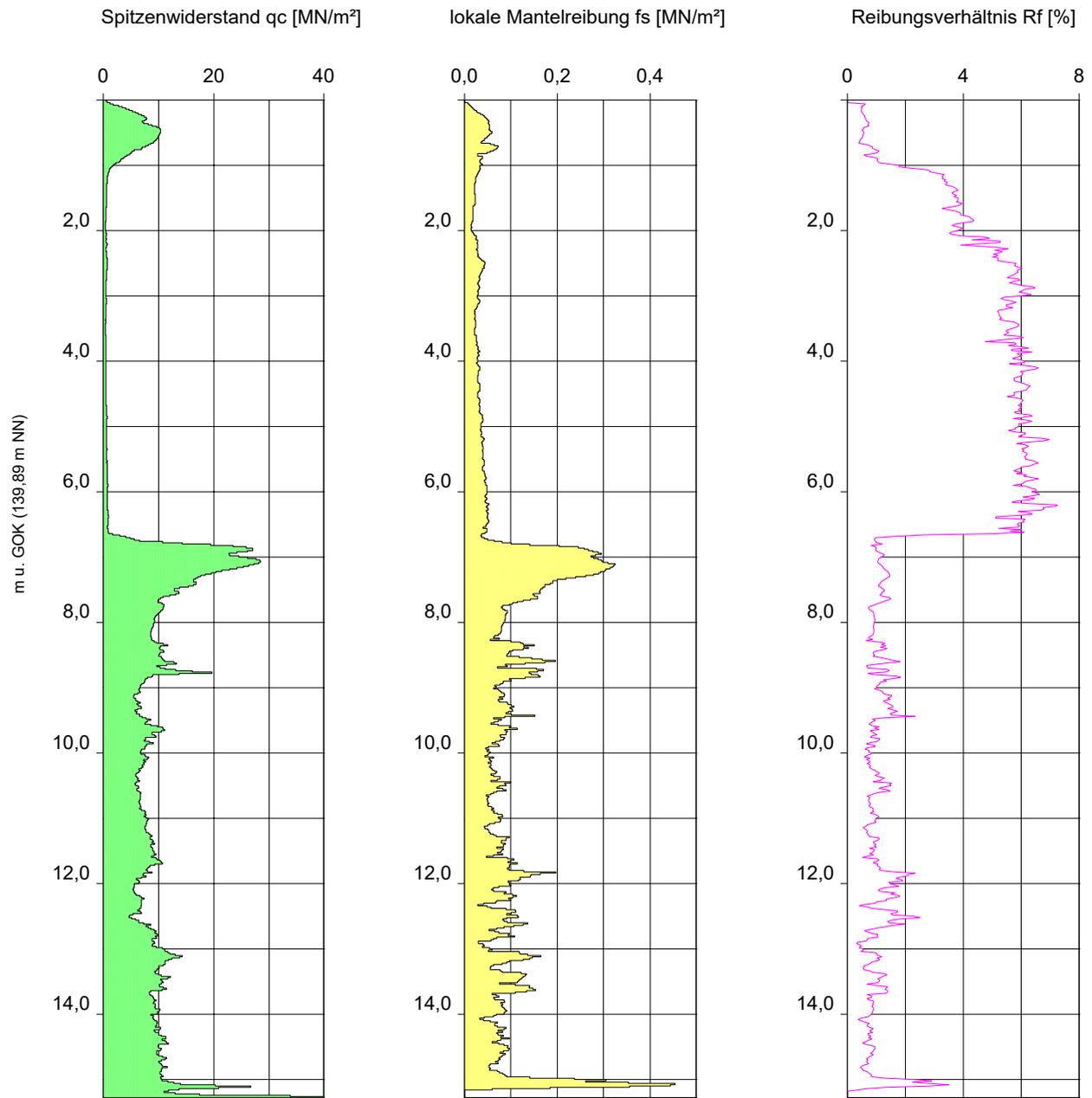
**Setzungen, Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis
Belastungssituation 2019
MQ 3a**



**Setzungen, Dehnungen und Krümmungsradien in der Deponiebasis
Belastungssituation 2019
MQ 4**



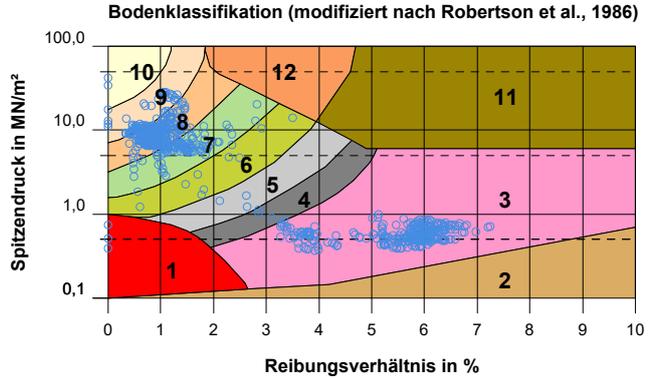
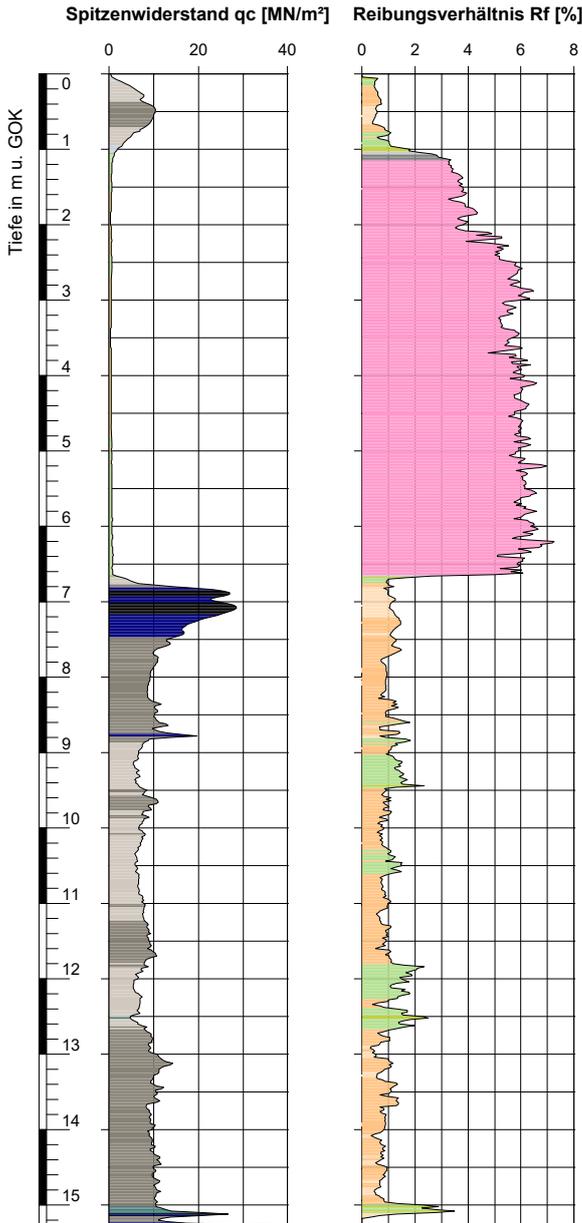
CPT 1-18



Datum: 02.11.2018 Hochwert: 56359630 Rechtswert: 2522112 Ansatzhöhe: 139,89 m NHN Endtiefe: 15,28 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT 1-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:100	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

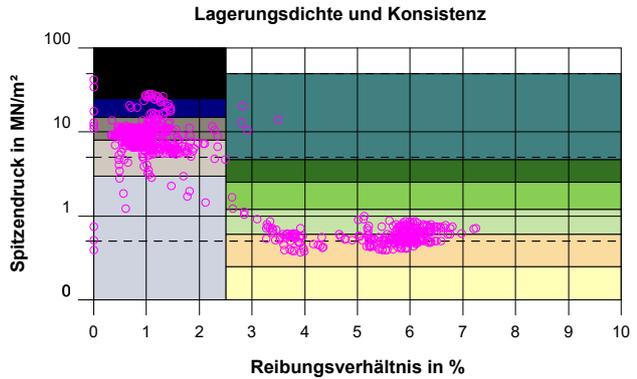
CPT 1-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden
- 2 Organischer Ton, Torf
- 3 Ton
- 4 Ton, schluffig bis Ton
- 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig
- 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig
- 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig
- 8 Sand bis Sand, schluffig
- 9 Kies, sandig bis Sand kiesig
- 10 Ton, steif bis sehr steif
- 11 Ton, steif bis sehr steif
- 12 Sand bis Sand, tonig

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

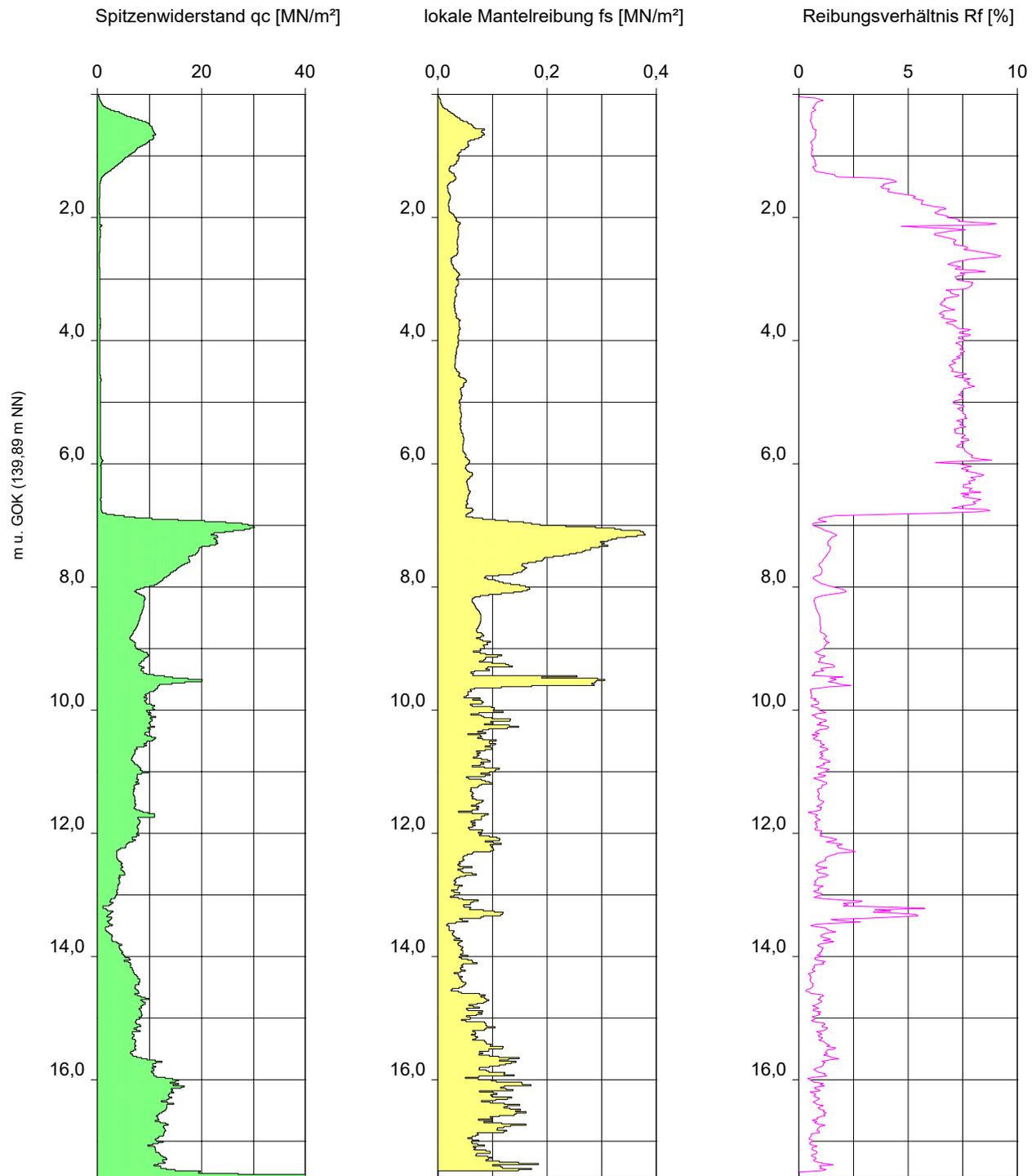


Farblegende :

- sehr locker
- dicht
- sehr weich
- halbfest
- locker
- sehr dicht
- weich
- fest
- mitteldicht
- breiig
- steif

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT 1-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522111,9	Hochwert:	56359630,1
Ansatzhöhe:	139,89 m NHN	Endtiefe:	15,28 m NHN
Datum:	02.11.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:100		

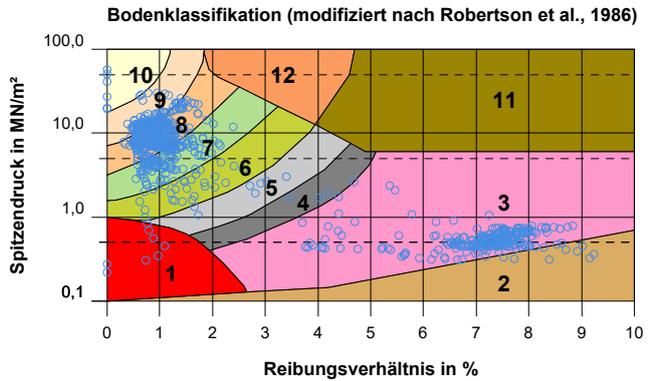
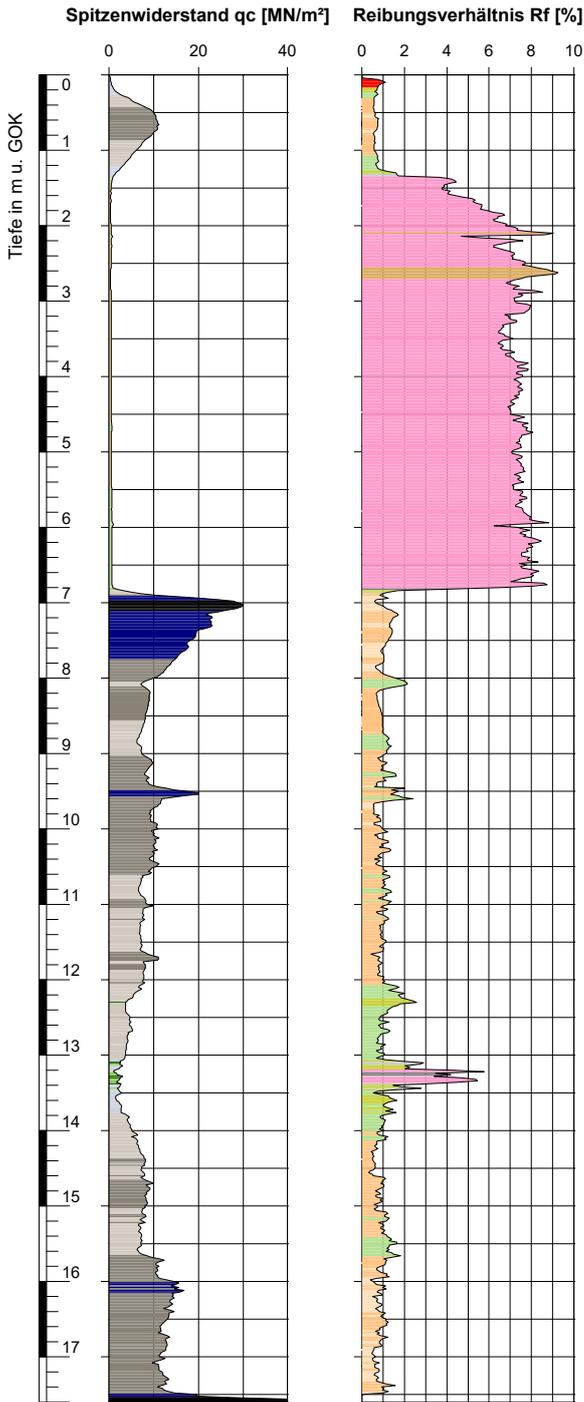
CPT1A-18



Datum: 02.11.2018 Hochwert: 56359630 Rechtswert: 2522112 Ansatzhöhe: 139,89 m NHN Endtiefe: 17,47 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT1A-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:100	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

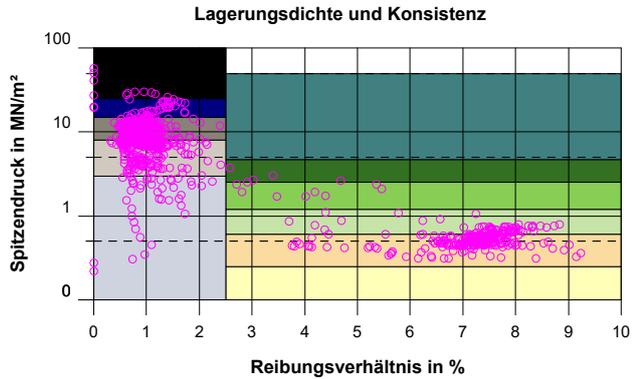
CPT1A-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

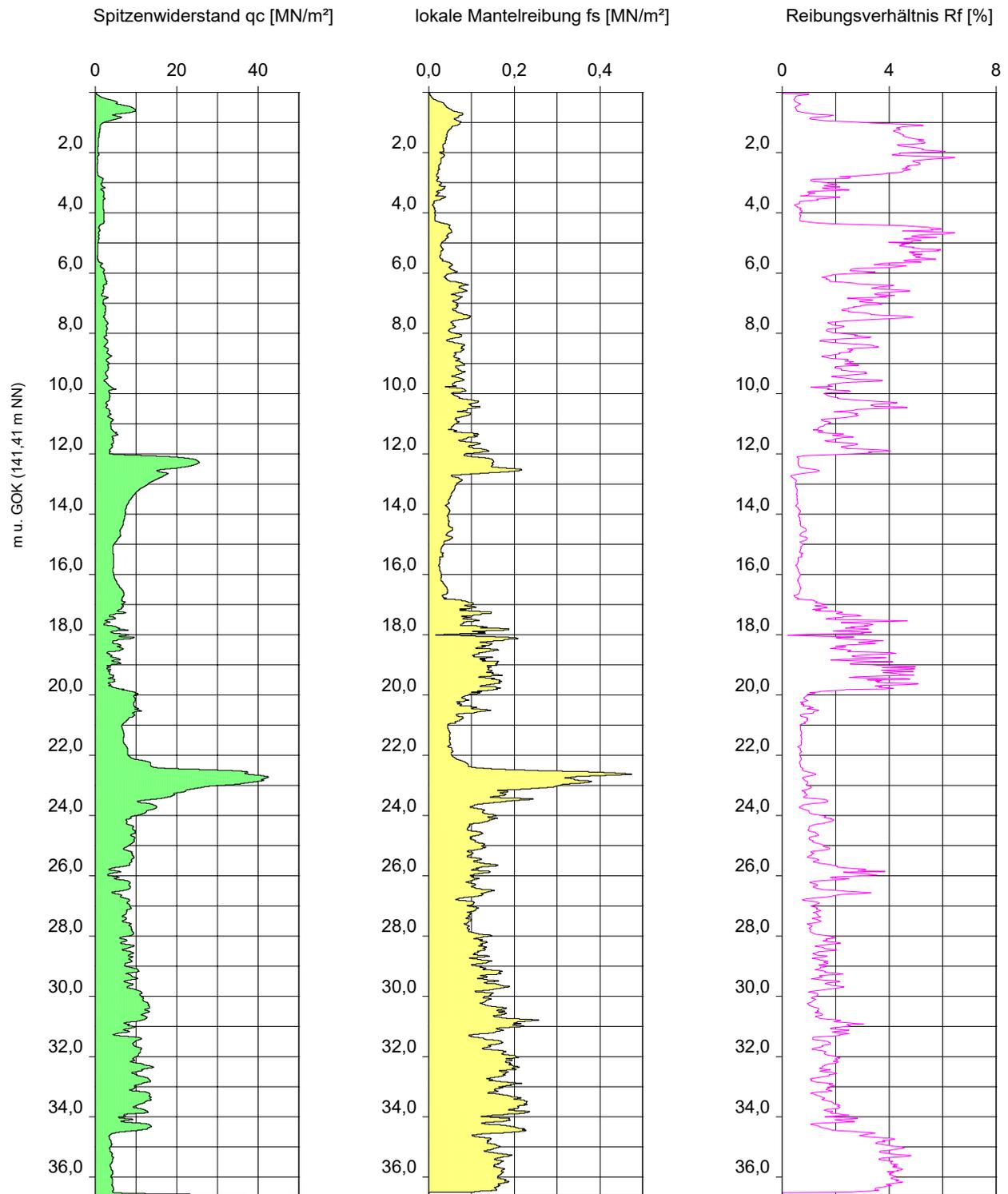


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT1A-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522111,9	Hochwert:	56359630,1
Ansatzhöhe:	139,89 m NHN	Endtiefe:	17,47 m NHN
Datum:	02.11.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:100		

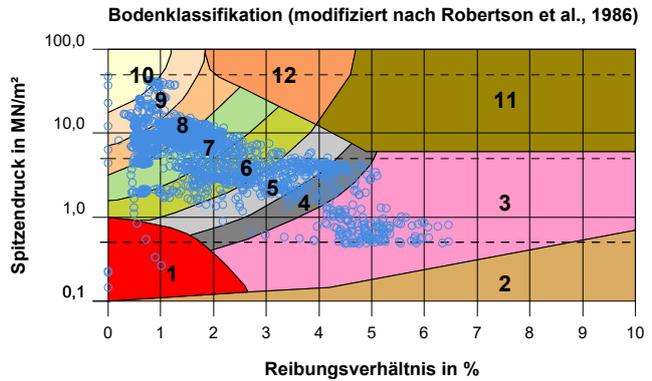
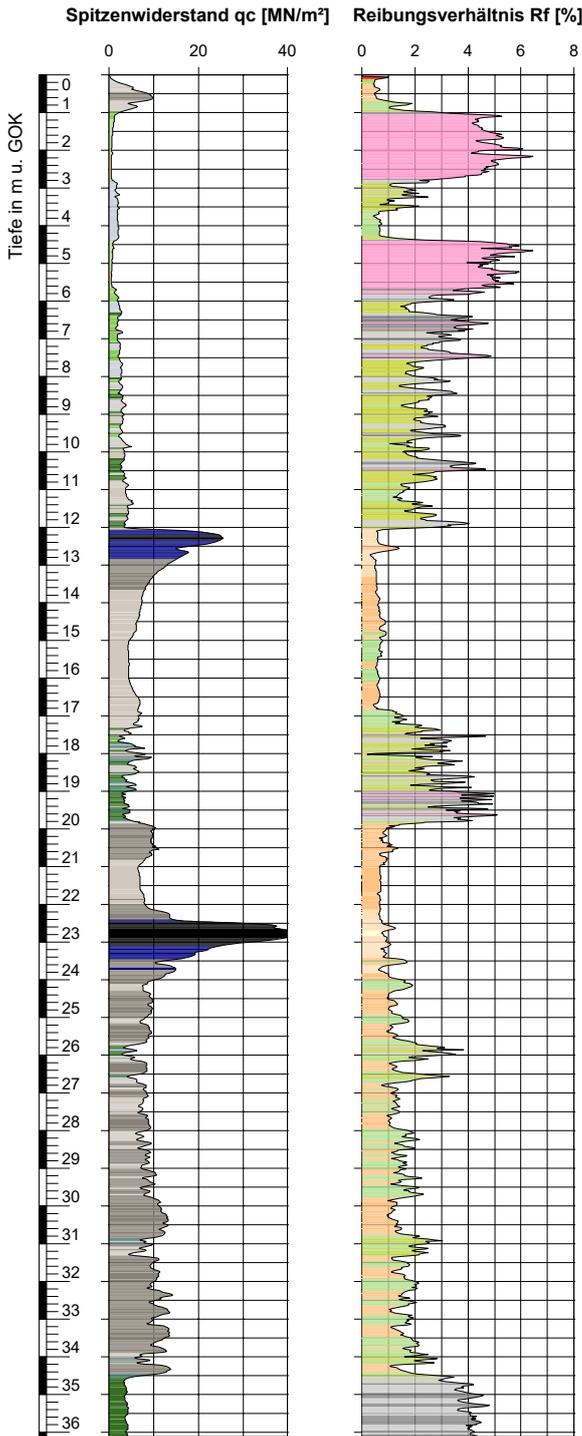
CPT2-18



Datum: 01.11.2018 Hochwert: 5635787 Rechtswert: 2522244 Ansatzhöhe: 141,41 m NHN Endtiefe: 36,62 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT2-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:200	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

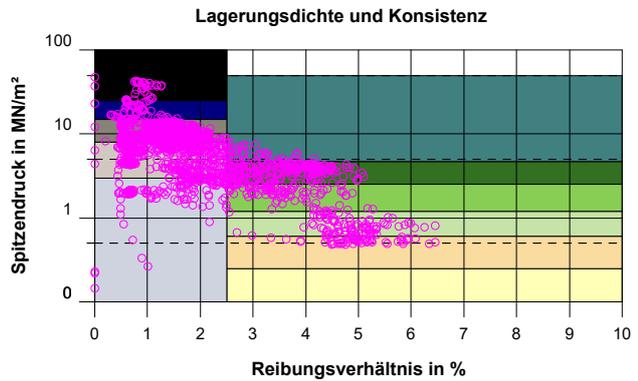
CPT2-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert



Farblegende :

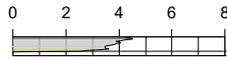
- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT2-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522244,0	Hochwert:	5635787,0
Ansatzhöhe:	141,41 m NHN	Endtiefe:	36,62 m NHN
Datum:	01.11.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:200		

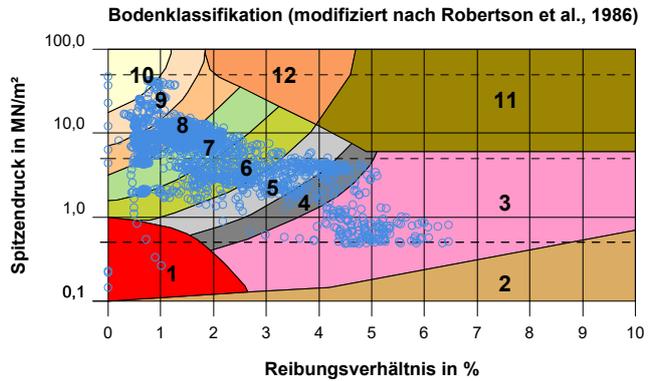
CPT2-18

Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]

Reibungsverhältnis R_f [%]



Tiefe in m u. GOK

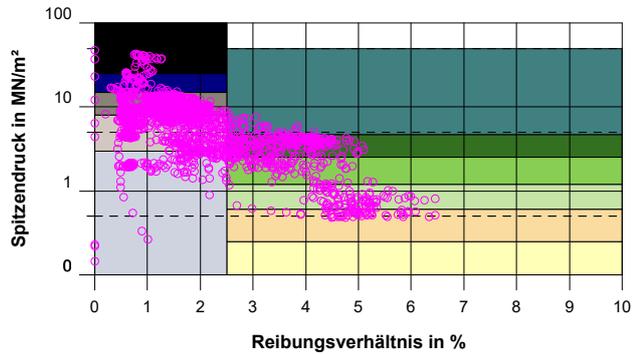


Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

Lagerungsdichte und Konsistenz

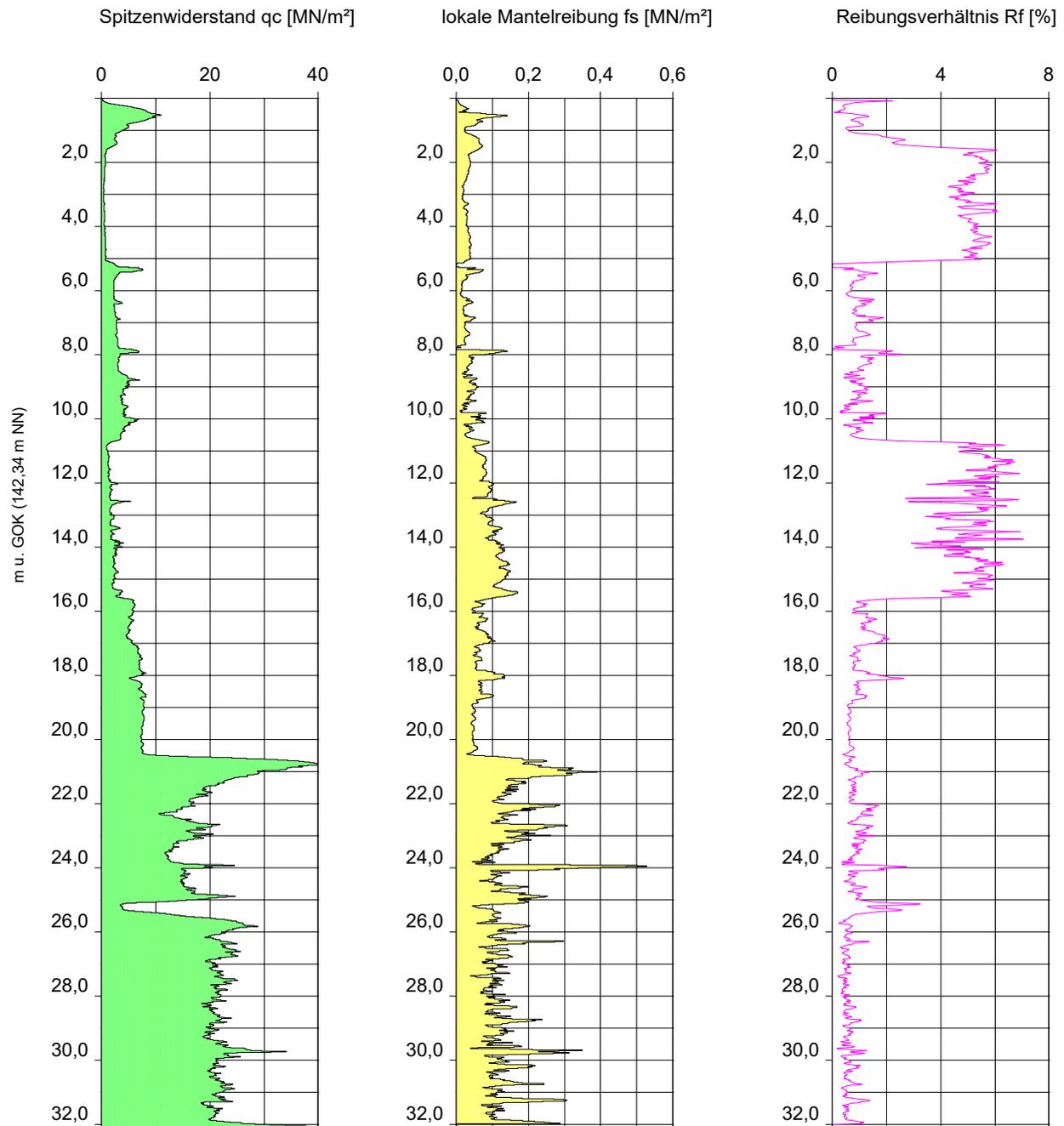


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT2-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522244,0	Hochwert:	5635787,0
Ansatzhöhe:	141,41 m NHN	Endtiefe:	36,62 m NHN
Datum:	01.11.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:200		

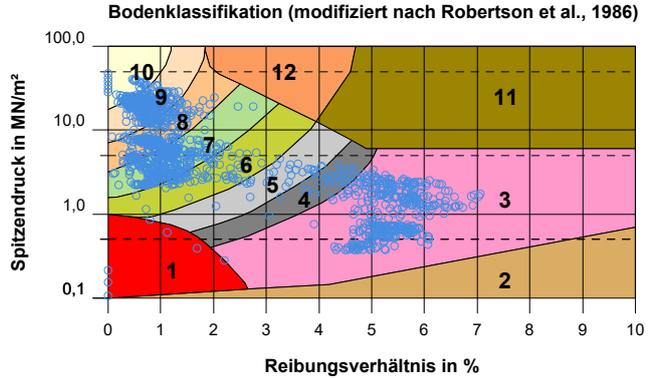
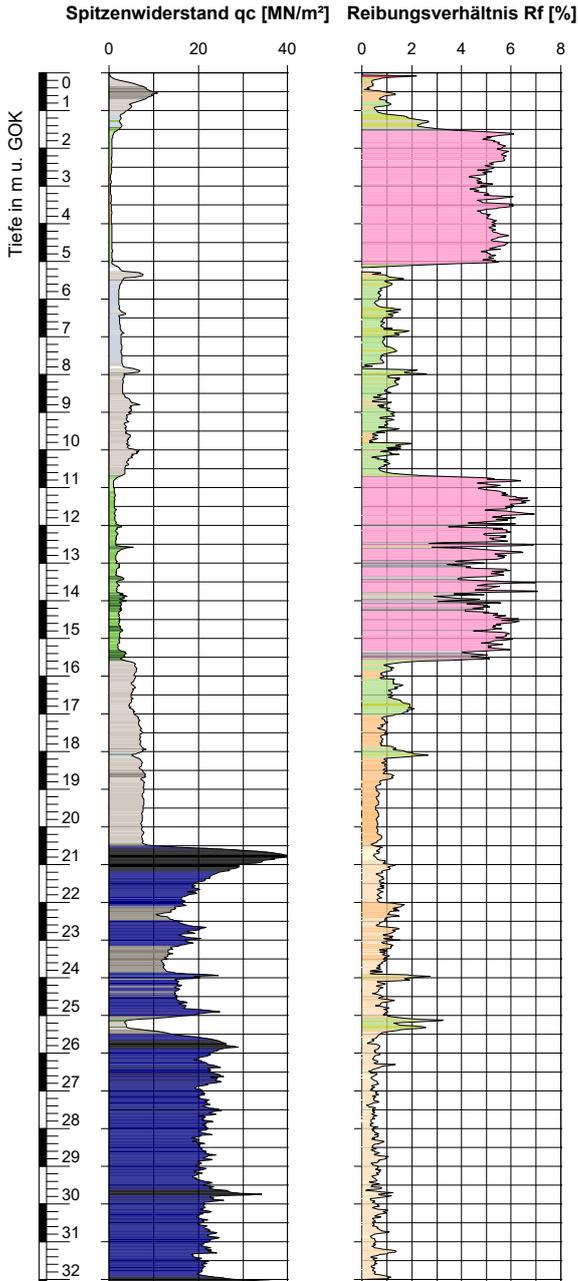
CPT3-18



Datum: 01.11.2018 Hochwert: 5635633 Rechtswert: 2522356 Ansatzhöhe: 142,34 m NHN Endtiefe: 32,10 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT3-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:200	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

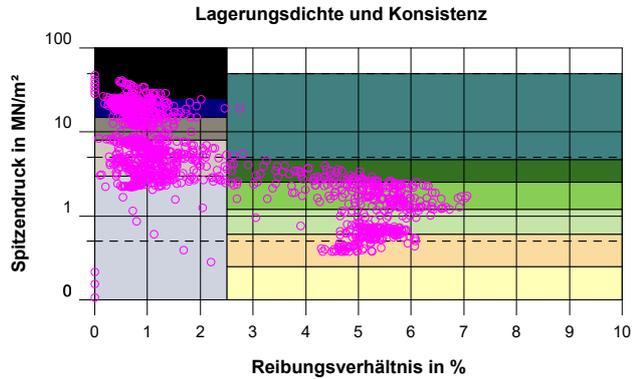
CPT3-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

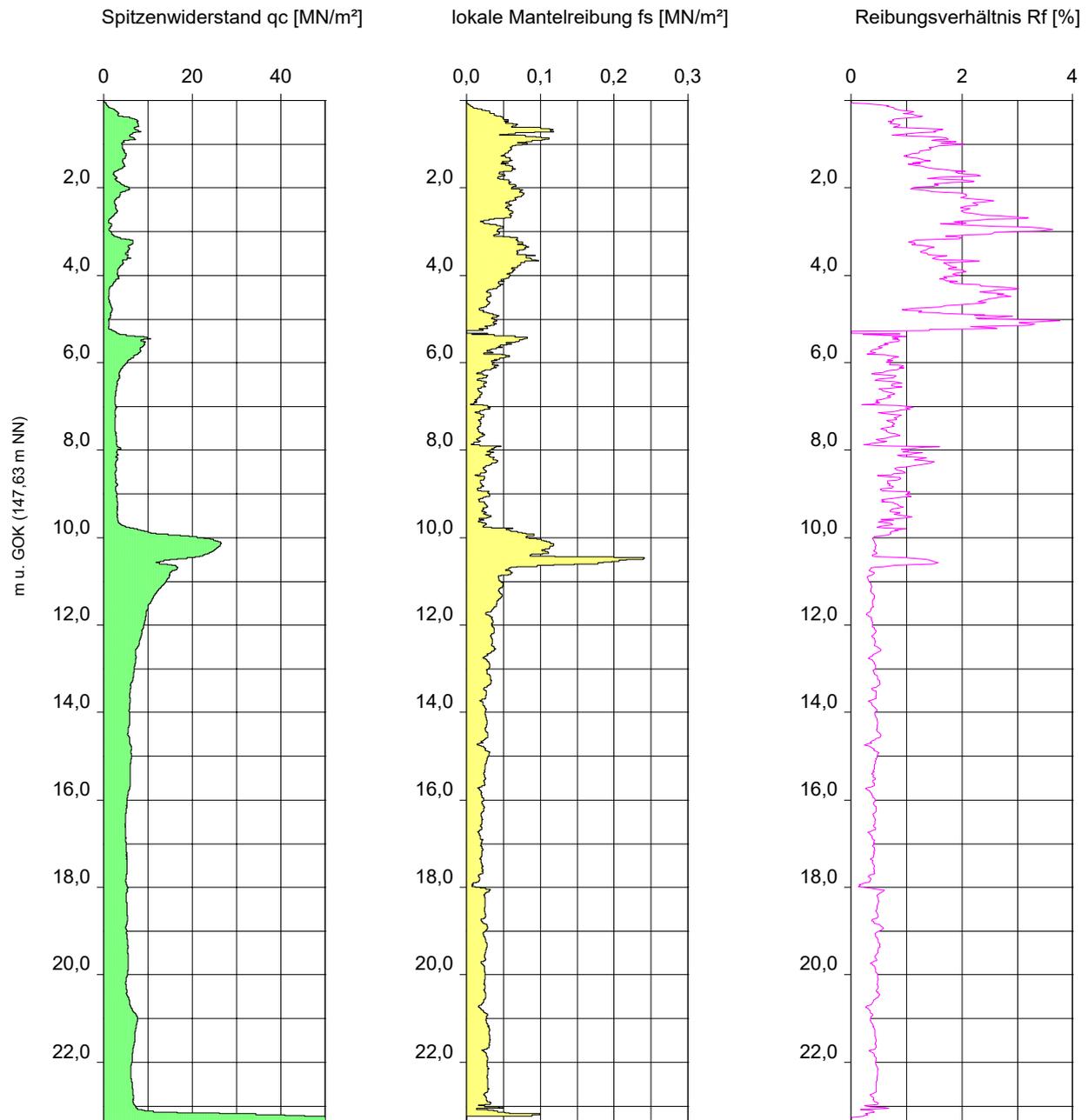


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT3-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522356,4	Hochwert:	5635633,2
Ansatzhöhe:	142,34 m NHN	Endtiefe:	32,10 m NHN
Datum:	01.11.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:200		

CPT4-18

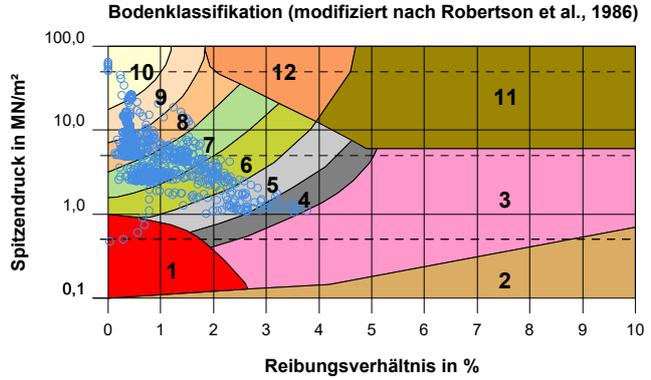
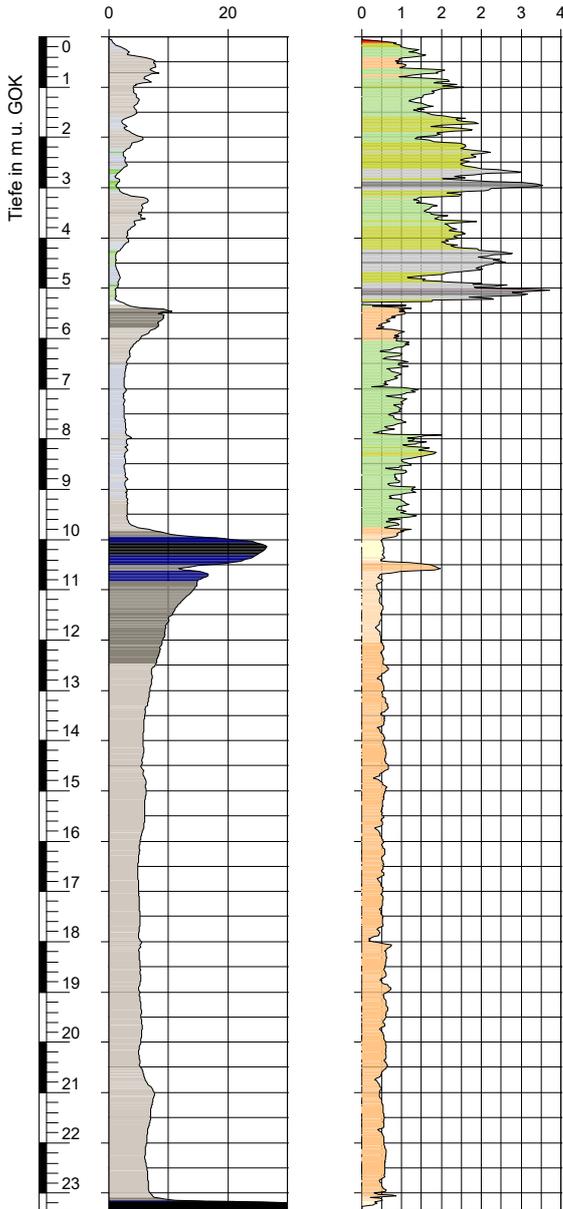


Datum: 01.11.2018 Hochwert: 5635078 Rechtswert: 2522197 Ansatzhöhe: 147,63 m NHH Endtiefe: 23,36 m NHH

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT4-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:150	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

CPT4-18

Spitzenwiderstand q_c [MN/m²] Reibungsverhältnis R_f [%]

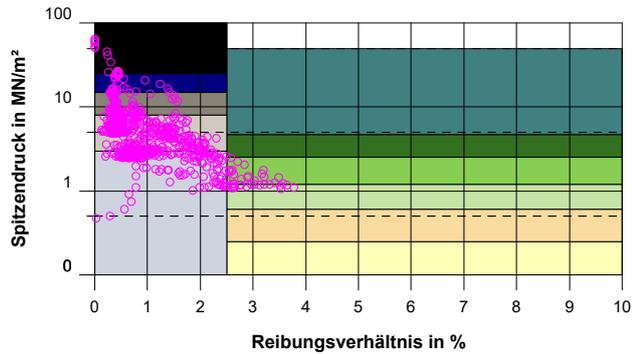


Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

Lagerungsdichte und Konsistenz

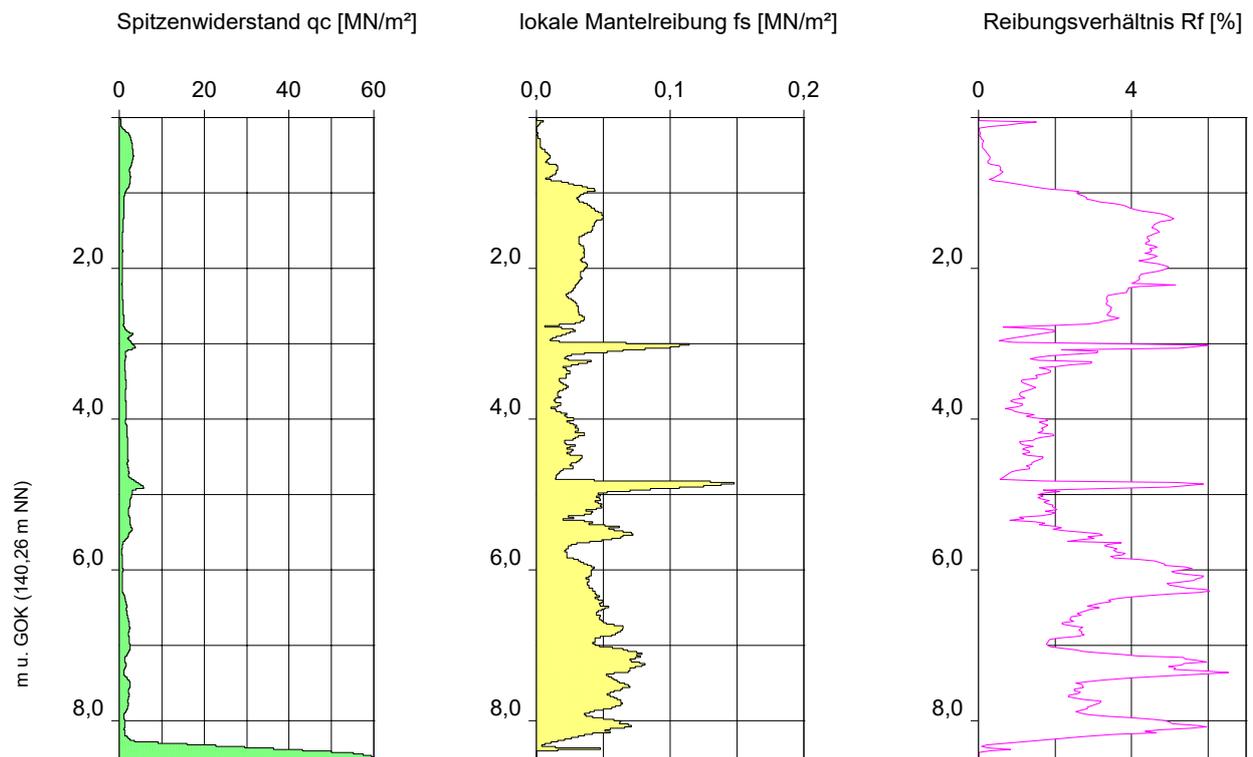


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT4-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522196,8	Hochwert:	5635078,0
Ansatzhöhe:	147,63 m NHN	Endtiefe:	23,36 m NHN
Datum:	01.11.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:150		

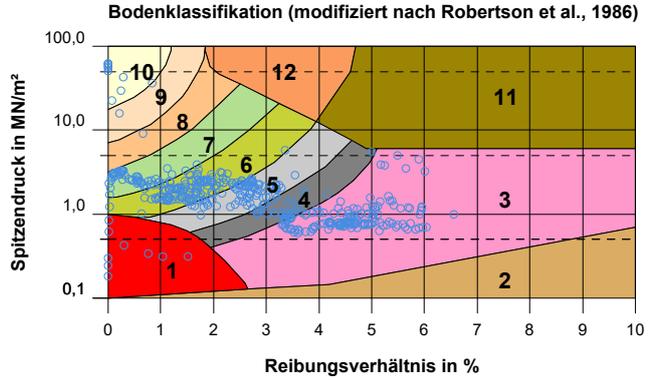
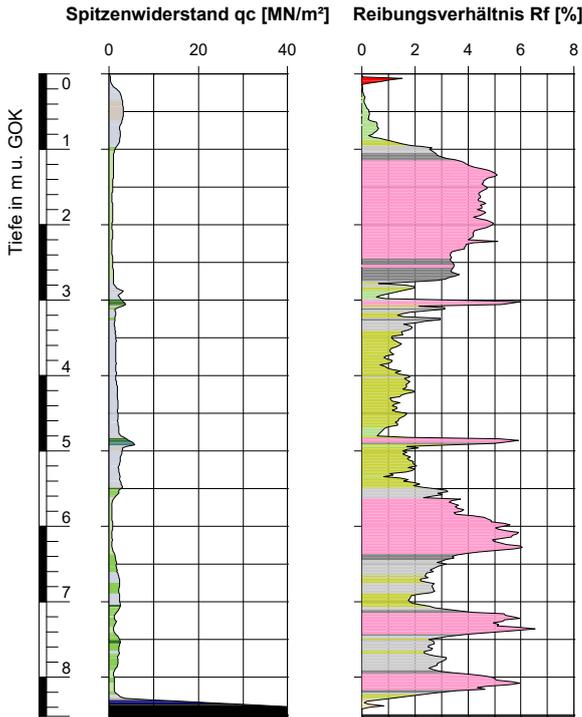
CPT 5-18



Datum: 14.12.2018 Hochwert: 5635938 Rechtswert: 2522170 Ansatzhöhe: 140,26 m NNH Endtiefe: 8,51 m NNH

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung:	CPT 5-18		
Auftraggeber:	RWE Power AG		
Bohrfirma:	-	Höhenmaßstab: 1:100	
Bearbeiter:	Nendza	Anlage: 2.4	

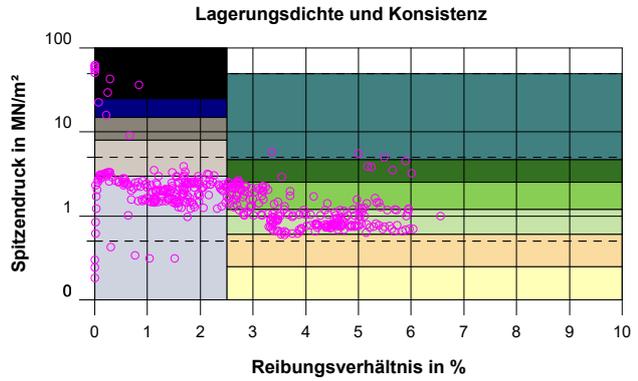
CPT 5-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

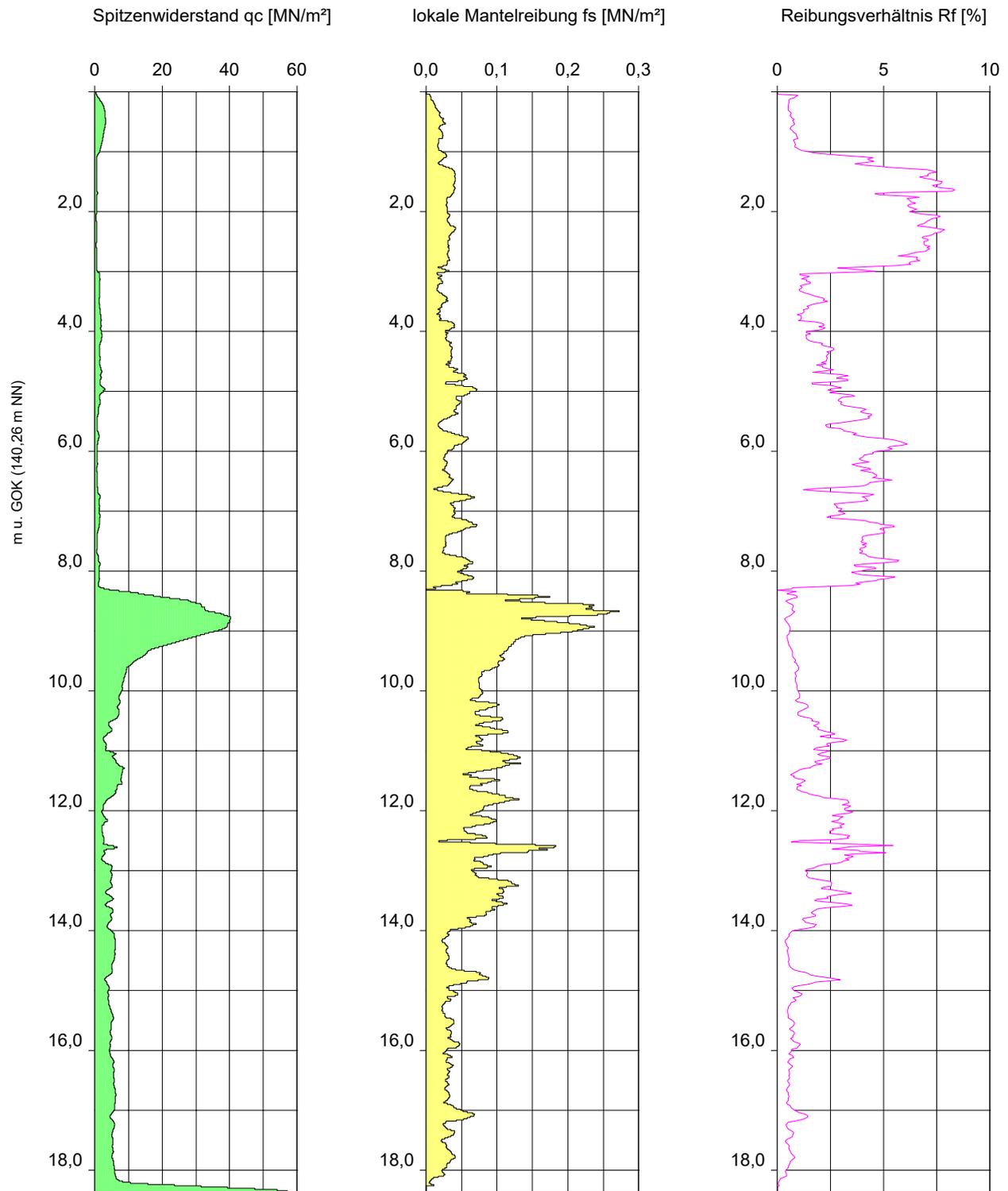


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT 5-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522170,0	Hochwert:	5635938,0
Ansatzhöhe:	140,26 m NHN	Endtiefe:	8,51 m NHN
Datum:	14.12.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:100		

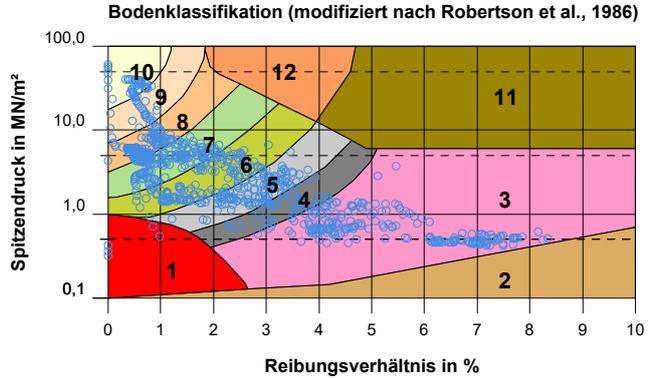
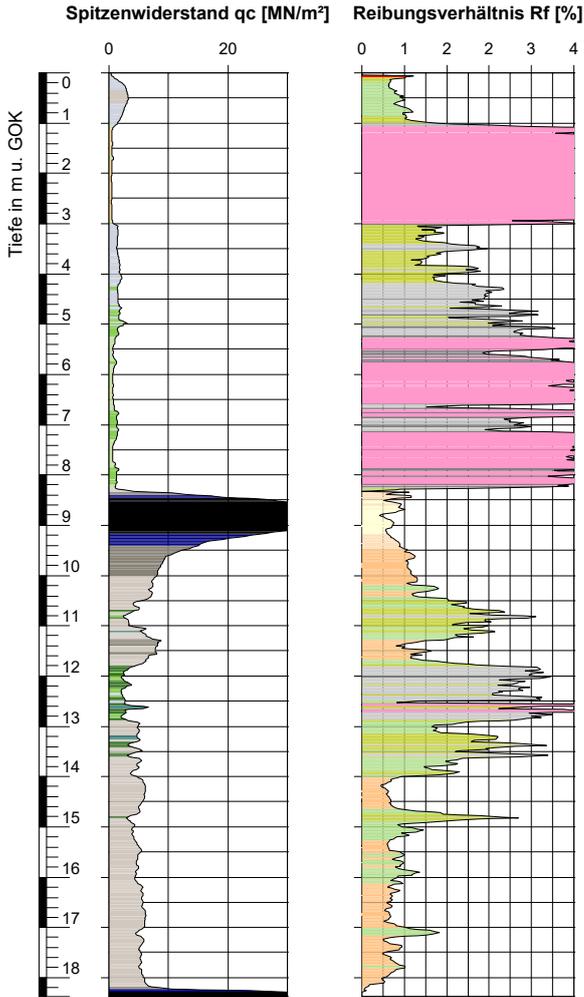
CPT5A-18



Datum: 14.12.2018 Hochwert: 5635938 Rechtswert: 2522170 Ansatzhöhe: 140,26 m NHN Endtiefe: 18,37 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT5A-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:100	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

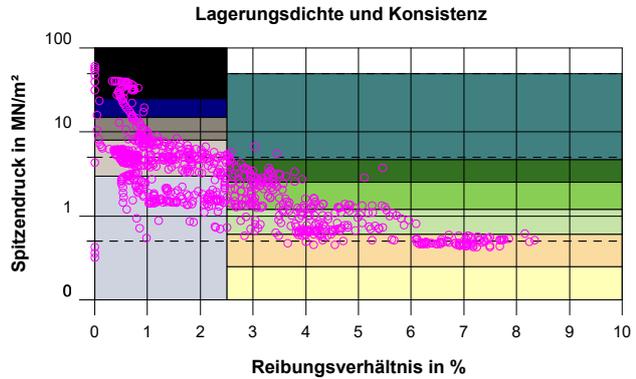
CPT5A-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|---|---|
| ■ 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | ■ 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| ■ 2 Organischer Ton, Torf | ■ 8 Sand bis Sand, schluffig |
| ■ 3 Ton | ■ 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| ■ 4 Ton, schluffig bis Ton | ■ 10 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | ■ 11 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | ■ 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

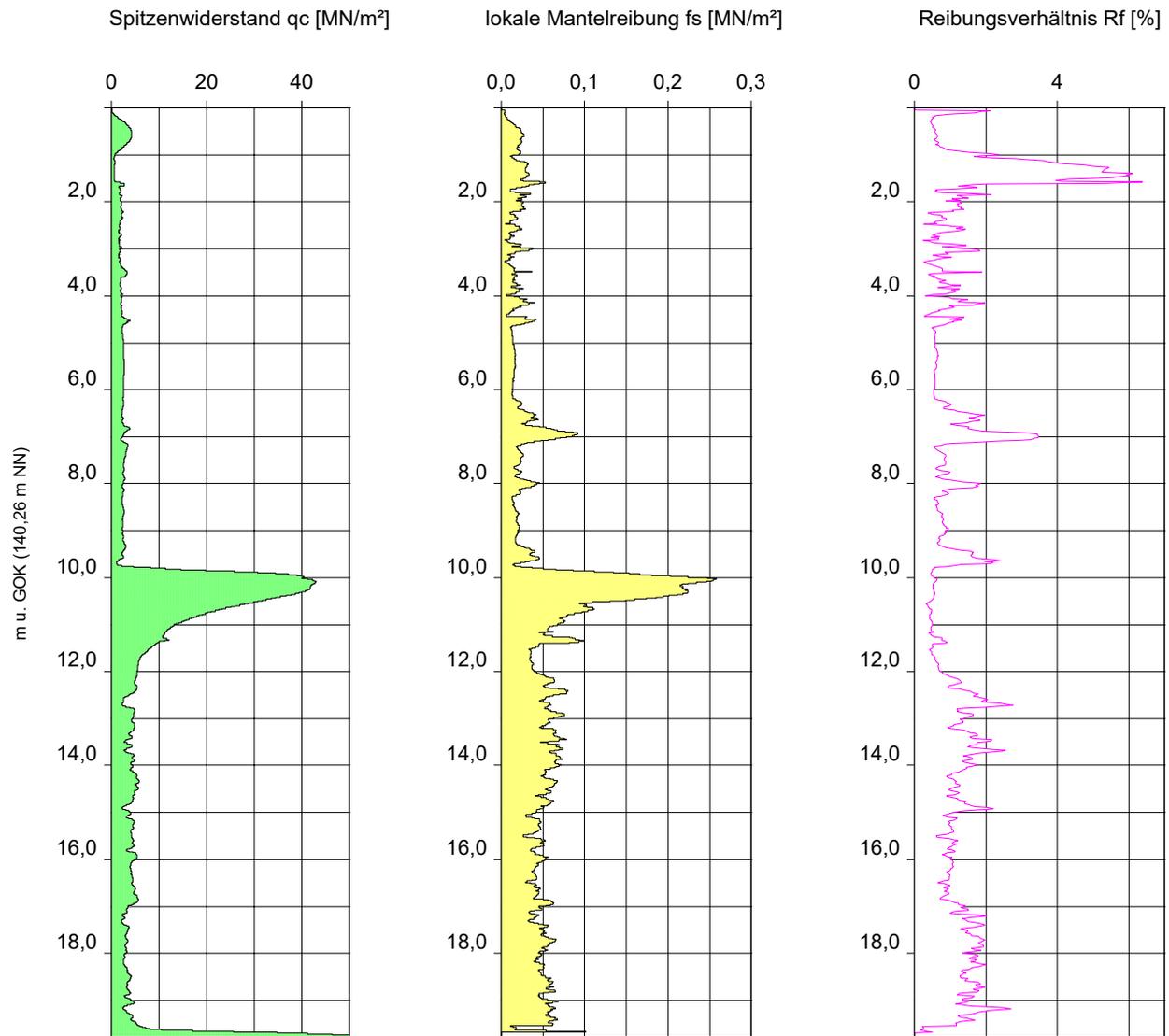


Farblegende :

- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ sehr locker | ■ dicht | ■ sehr weich | ■ halbfest |
| ■ locker | ■ sehr dicht | ■ weich | ■ fest |
| ■ mitteldicht | ■ breiig | ■ steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT5A-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522170,0	Hochwert:	5635938,0
Ansatzhöhe:	140,26 m NHN	Endtiefe:	18,37 m NHN
Datum:	14.12.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:150		

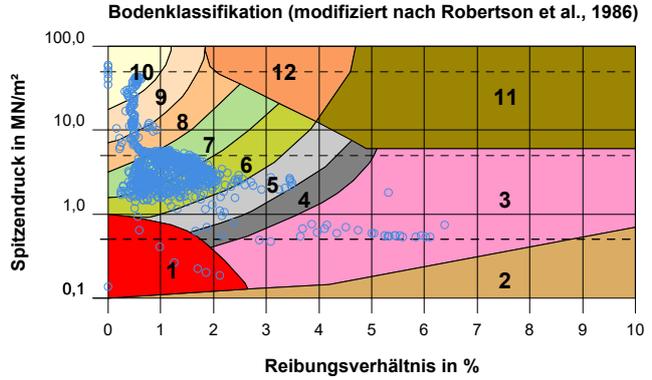
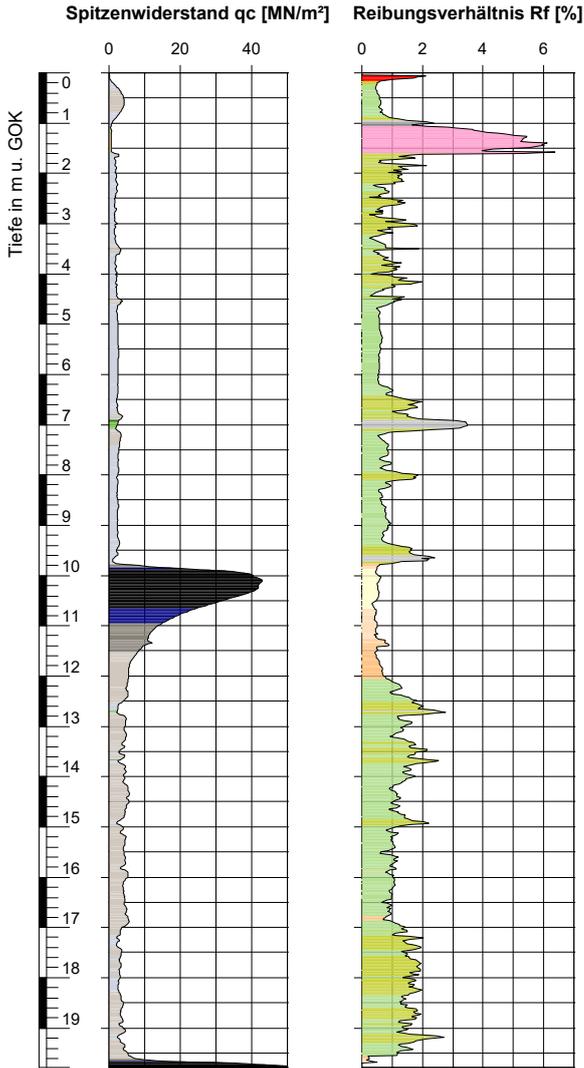
CPT6-18



Datum: 14.12.2018 Hochwert: 5635896 Rechtswert: 2522209 Ansatzhöhe: 140,26 m NHN Endtiefe: 19,79 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT6-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:150	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

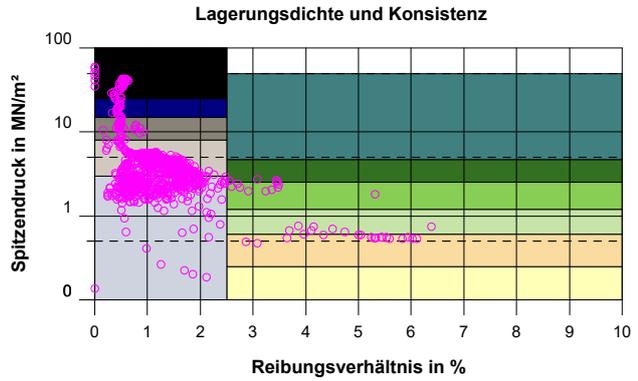
CPT6-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

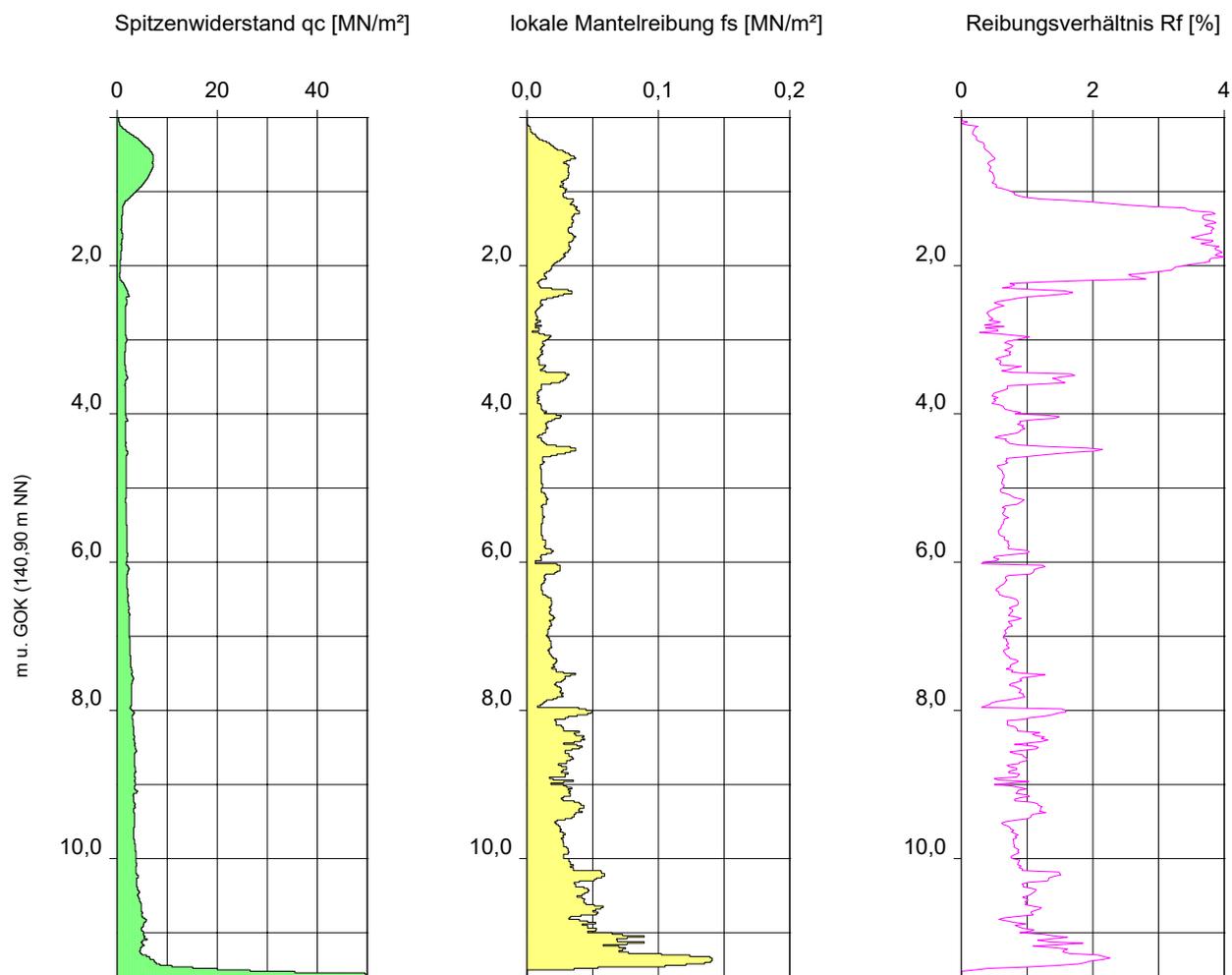


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT6-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522209,0	Hochwert:	5635896,0
Ansatzhöhe:	140,26 m NHN	Endtiefe:	19,79 m NHN
Datum:	14.12.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:150		

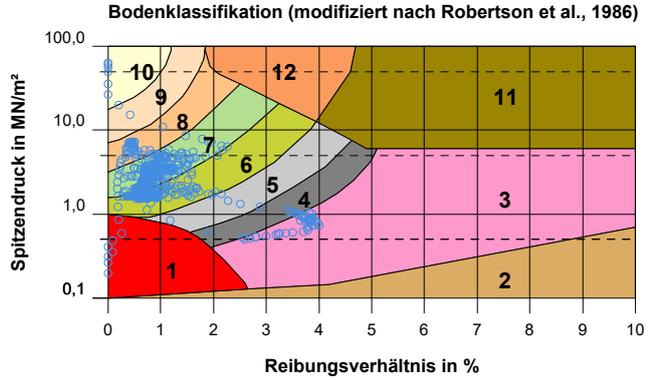
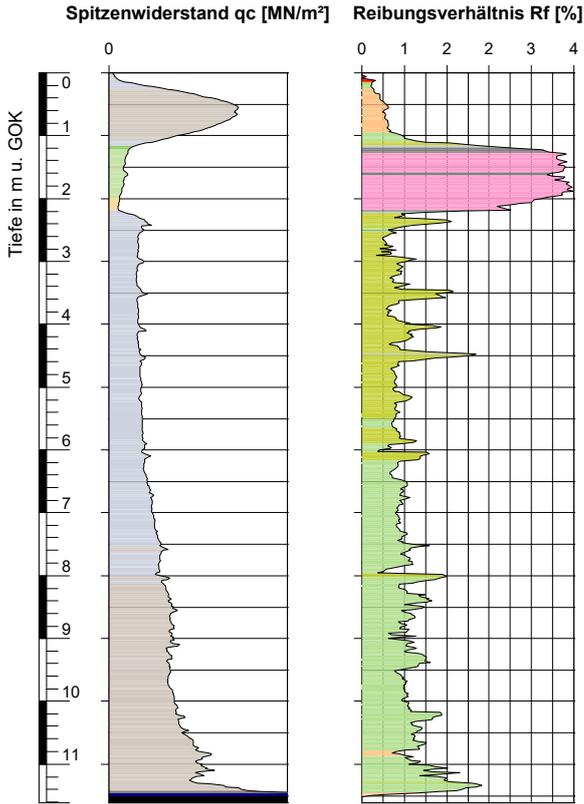
CPT7-18



Datum: 17.12.2018 Hochwert: 5635842 Rechtswert: 2522226 Ansatzhöhe: 140,90 m NHN Endtiefe: 11,62 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT7-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:100	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

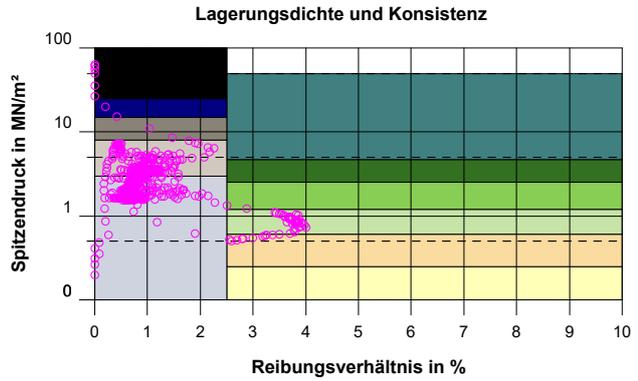
CPT7-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|---|---|
| ■ 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | ■ 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| ■ 2 Organischer Ton, Torf | ■ 8 Sand bis Sand, schluffig |
| ■ 3 Ton | ■ 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| ■ 4 Ton, schluffig bis Ton | ■ 10 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | ■ 11 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | ■ 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

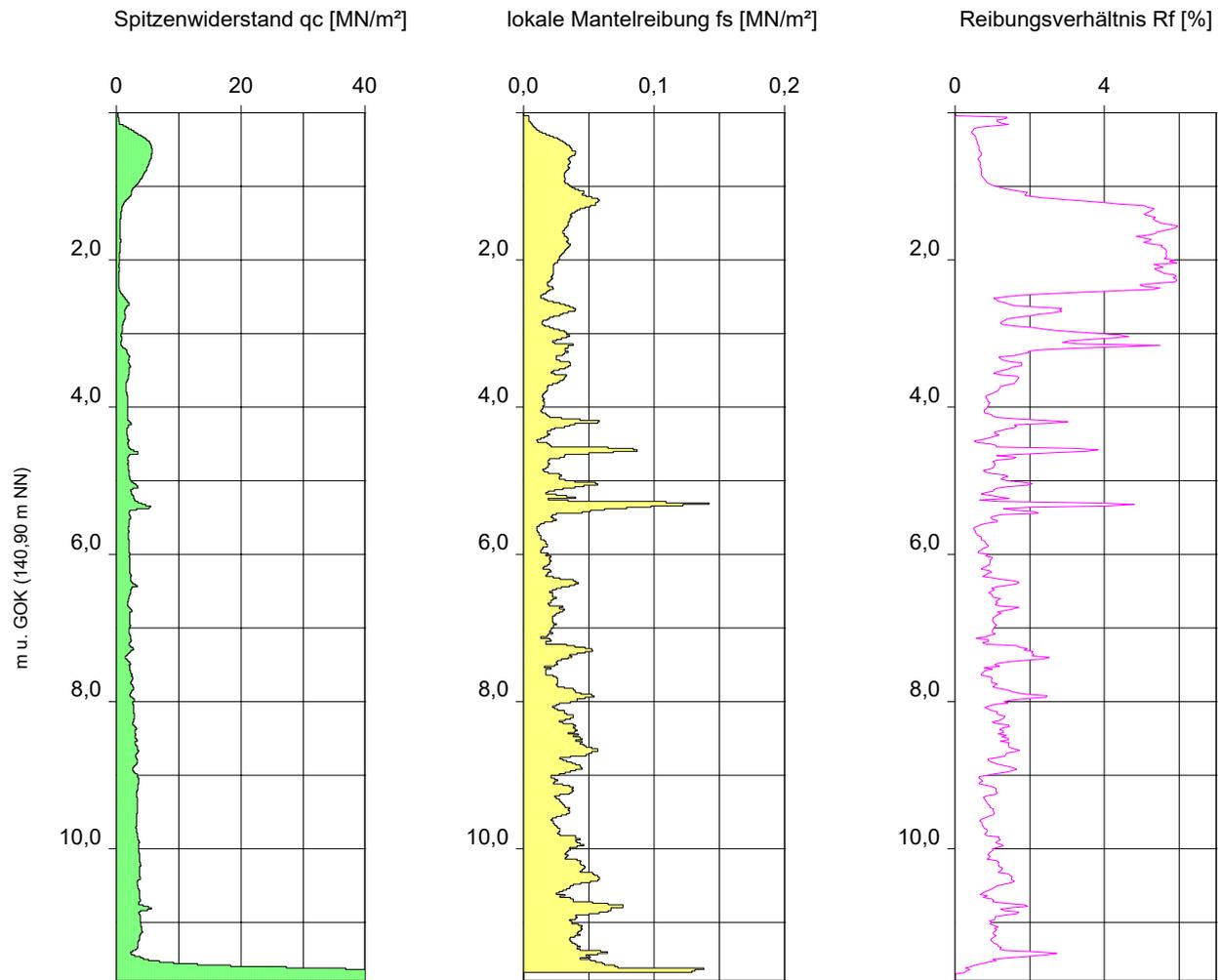


Farblegende :

- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ sehr locker | ■ dicht | ■ sehr weich | ■ halbfest |
| ■ locker | ■ sehr dicht | ■ weich | ■ fest |
| ■ mitteldicht | ■ breiig | ■ steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT7-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522226,0	Hochwert:	5635842,0
Ansatzhöhe:	140,90 m NHN	Endtiefe:	11,62 m NHN
Datum:	17.12.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:120		

CPT7A-18



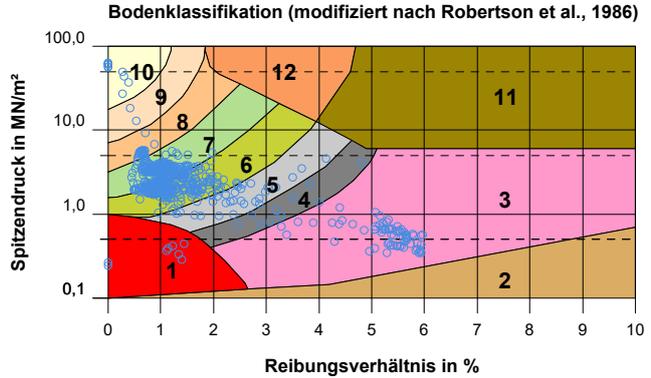
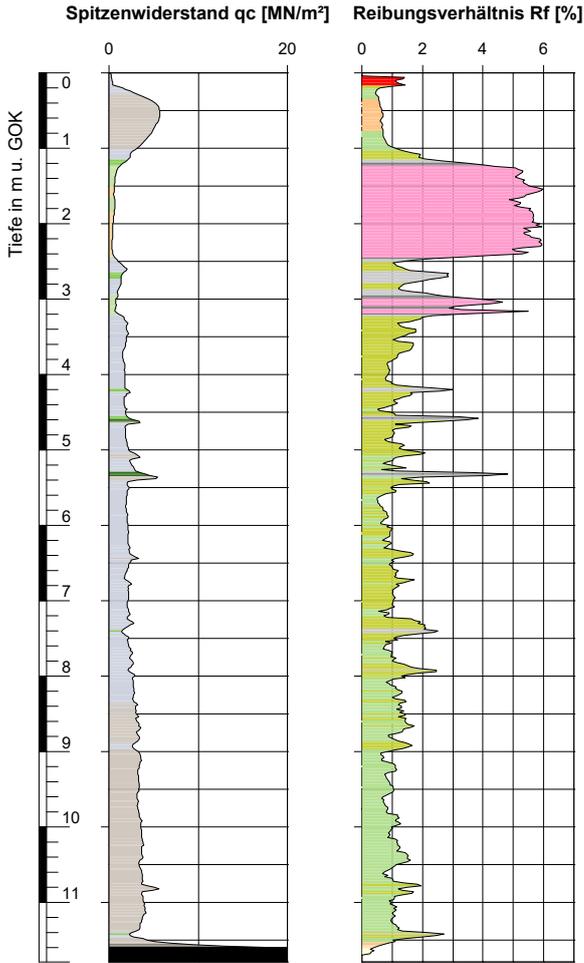
Datum: 17.12.2018 Hochwert: 5635842 Rechtswert: 2522226 Ansatzhöhe: 140,90 m NHN Endtiefe: 11,79 m NHN

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	
Bohrung:	CPT7A-18	
Auftraggeber:	RWE Power AG	
Bohrfirma:	-	Höhenmaßstab: 1:100
Bearbeiter:	Nendza	Anlage:2.4



Geotechnisches Büro
 Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
 Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen
 Tel: 0241/92839-0
 info@gbduellmann.de

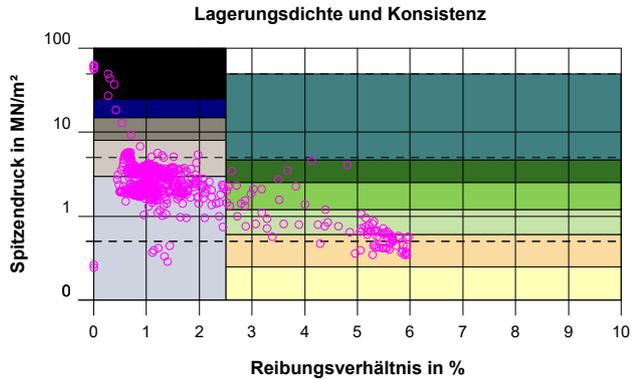
CPT7A-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|---|---|
| ■ 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | ■ 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| ■ 2 Organischer Ton, Torf | ■ 8 Sand bis Sand, schluffig |
| ■ 3 Ton | ■ 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| ■ 4 Ton, schluffig bis Ton | ■ 10 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | ■ 11 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | ■ 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

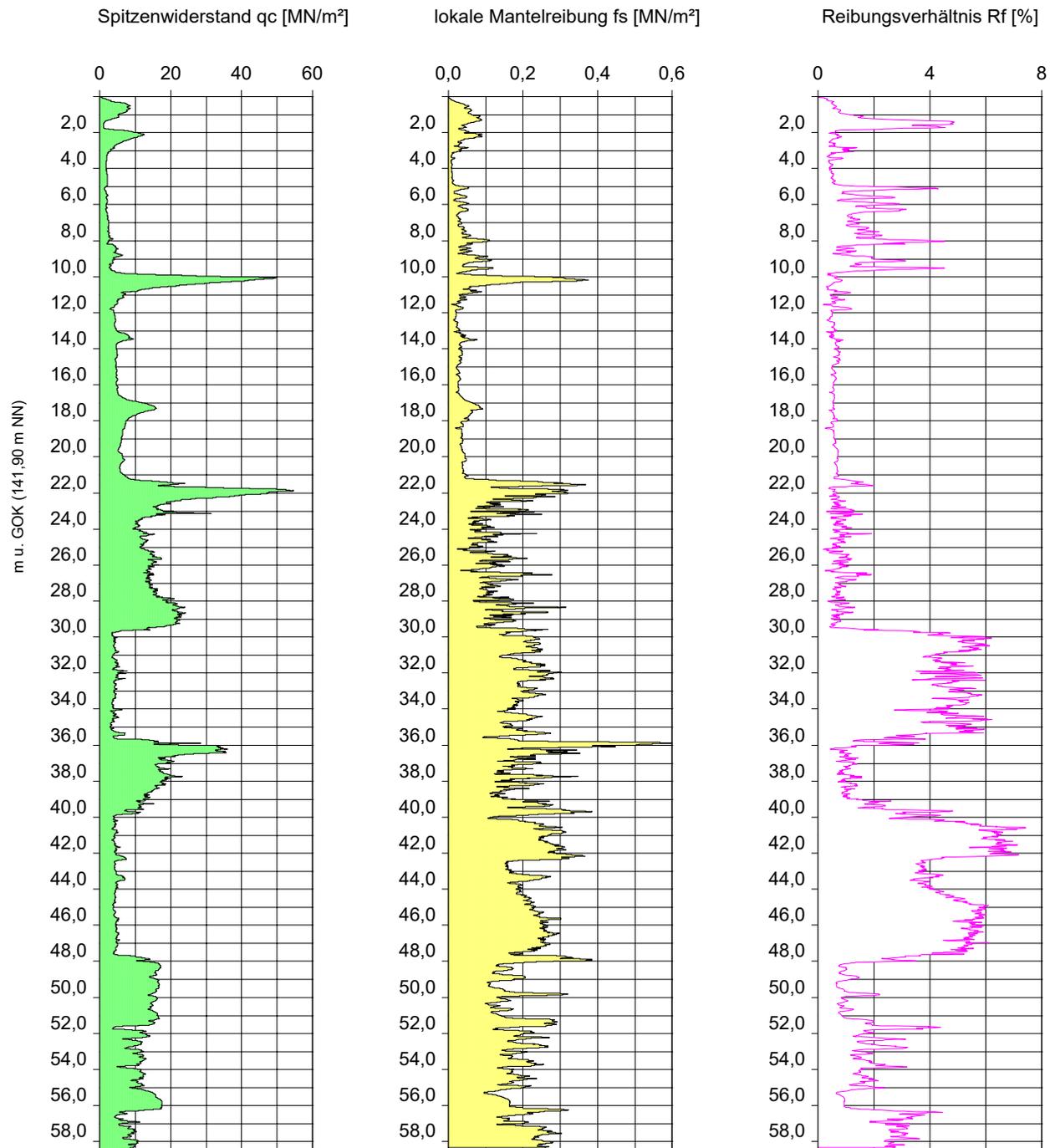


Farblegende :

- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ sehr locker | ■ dicht | ■ sehr weich | ■ halbfest |
| ■ locker | ■ sehr dicht | ■ weich | ■ fest |
| ■ mitteldicht | ■ breiig | ■ steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT7A-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522226,0	Hochwert:	5635842,0
Ansatzhöhe:	140,90 m NHN	Endtiefe:	11,79 m NHN
Datum:	17.12.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:100		

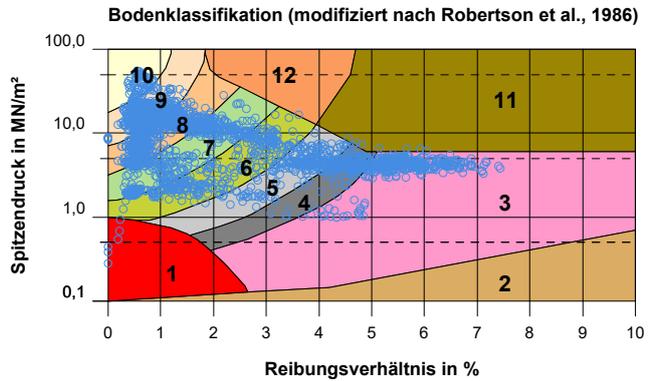
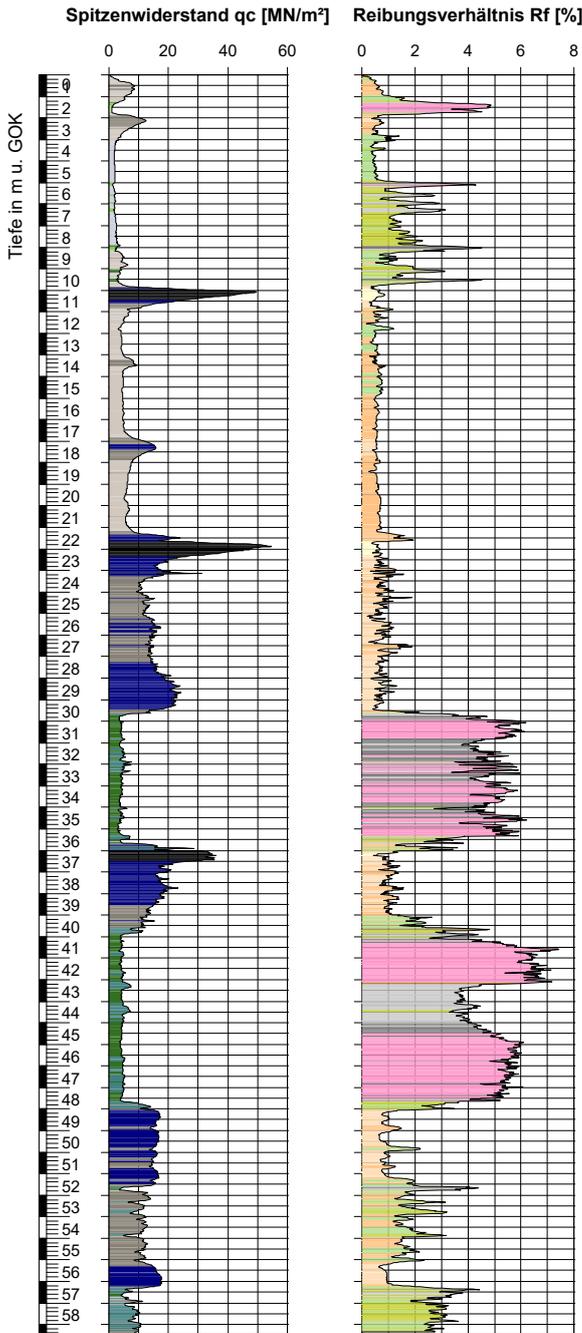
CPT8-18



Datum: 17.12.2018 Hochwert: 5635747 Rechtswert: 2522272 Ansatzhöhe: 141,90 m NHN Endtiefe: 58,46 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT8-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:350	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

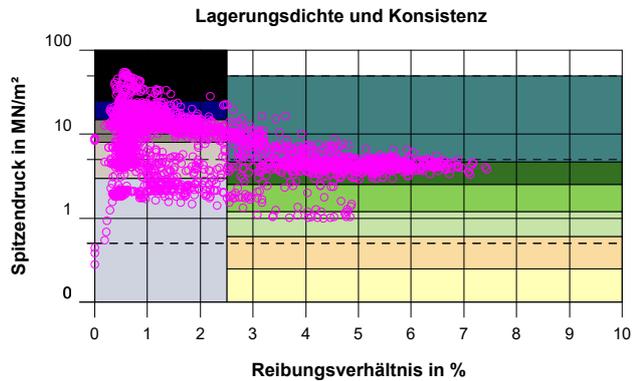
CPT8-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

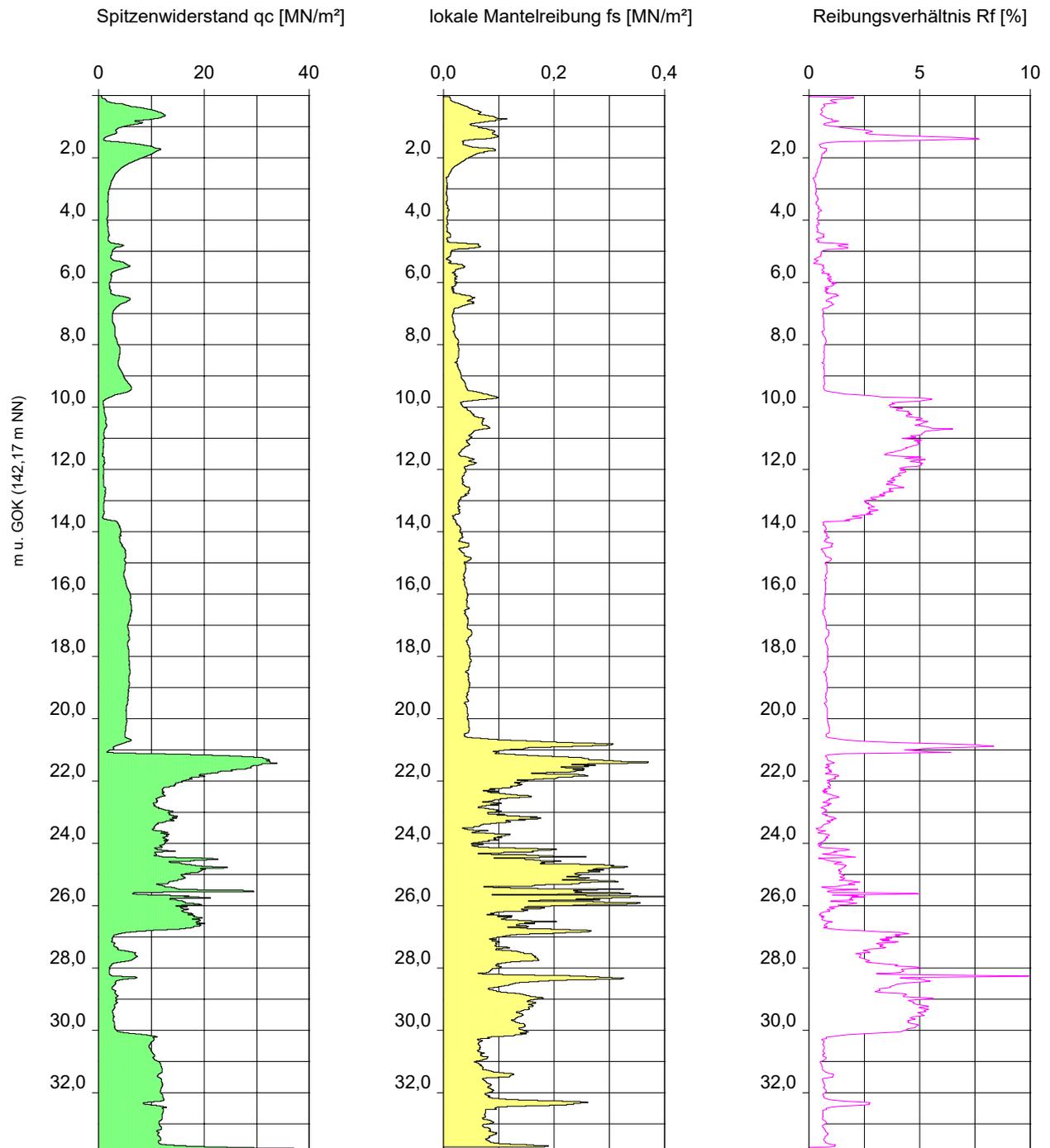


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT8-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522272,0	Hochwert:	5635747,0
Ansatzhöhe:	141,90 m NHN	Endtiefe:	58,46 m NHN
Datum:	17.12.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:350		

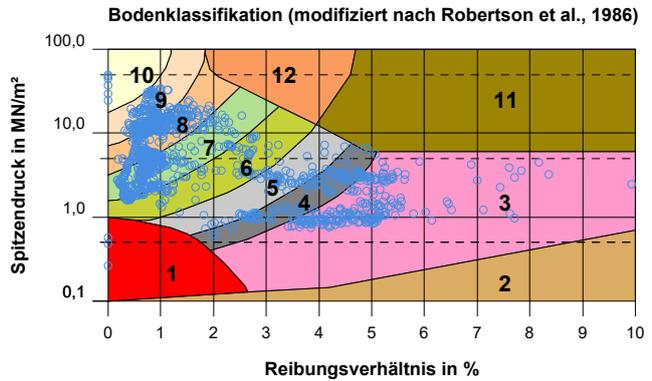
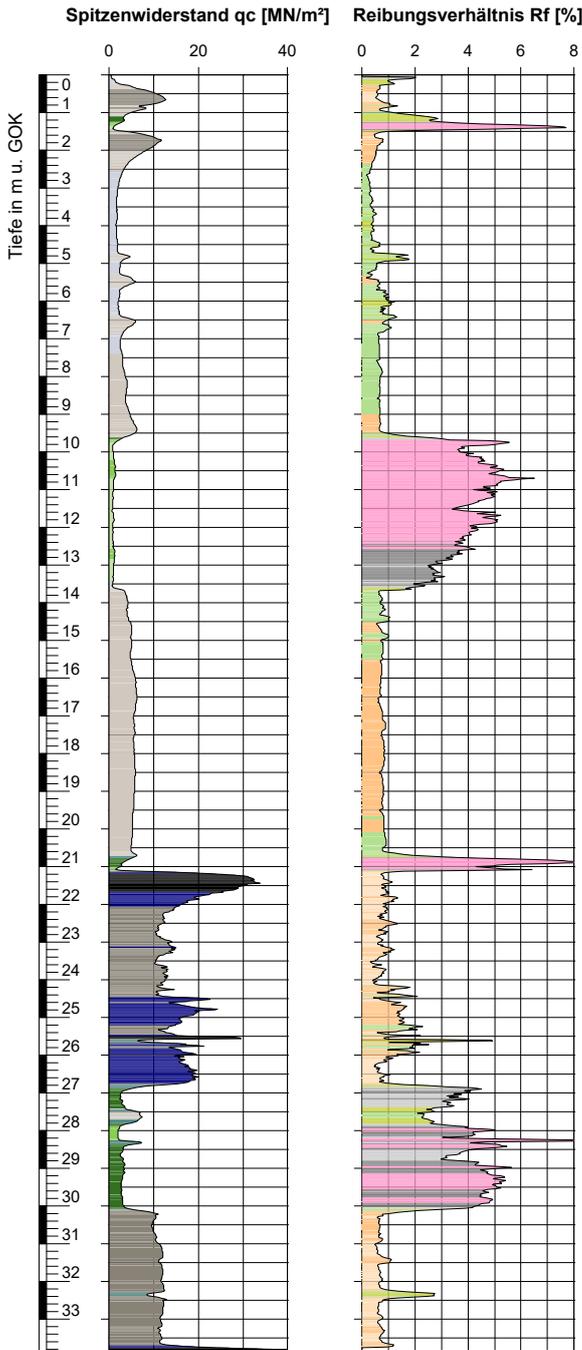
CPT9-18



Datum: 18.12.2018 Hochwert: 5635710 Rechtswert: 2522300 Ansatzhöhe: 142,17 m NHN Endtiefe: 33,86 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT9-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:200	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

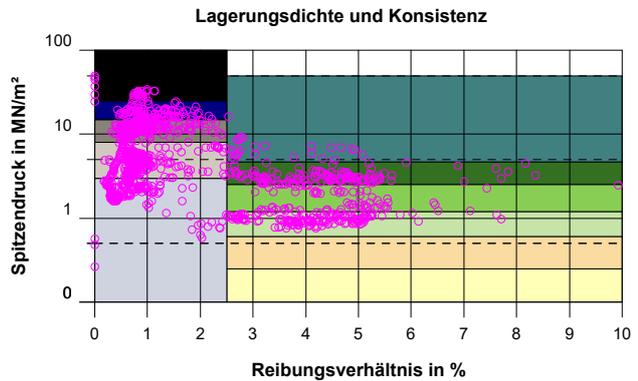
CPT9-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| 2 Organischer Ton, Torf | 8 Sand bis Sand, schluffig |
| 3 Ton | 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| 4 Ton, schluffig bis Ton | 10 Ton, steif bis sehr steif |
| 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | 11 Ton, steif bis sehr steif |
| 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

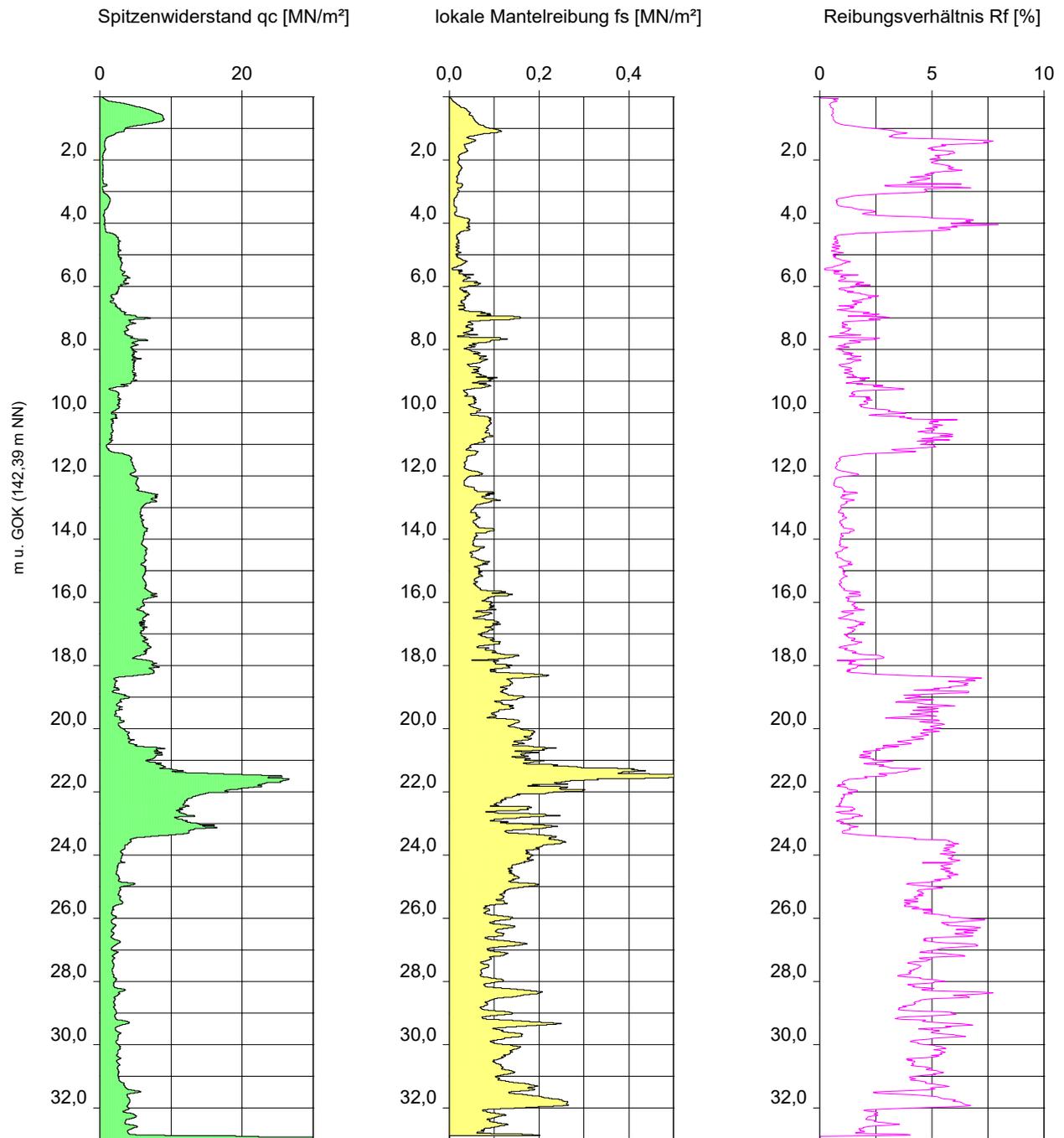


Farblegende :

- | | | | |
|-------------|------------|------------|----------|
| sehr locker | dicht | sehr weich | halbfest |
| locker | sehr dicht | weich | fest |
| mitteldicht | breiig | steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT9-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522300,0	Hochwert:	5635710,0
Ansatzhöhe:	142,17 m NHN	Endtiefe:	33,86 m NHN
Datum:	18.12.2018	 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>	
Höhenmaßstab:	1:200		

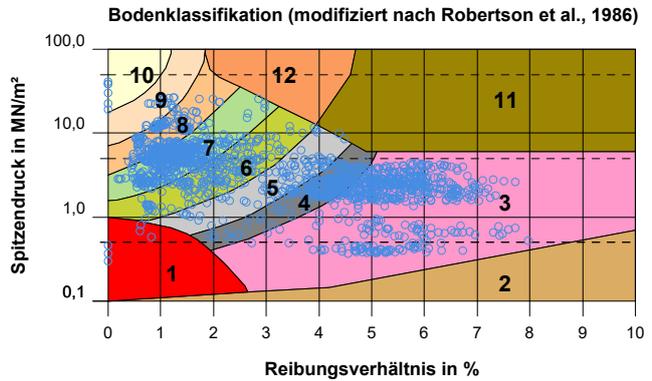
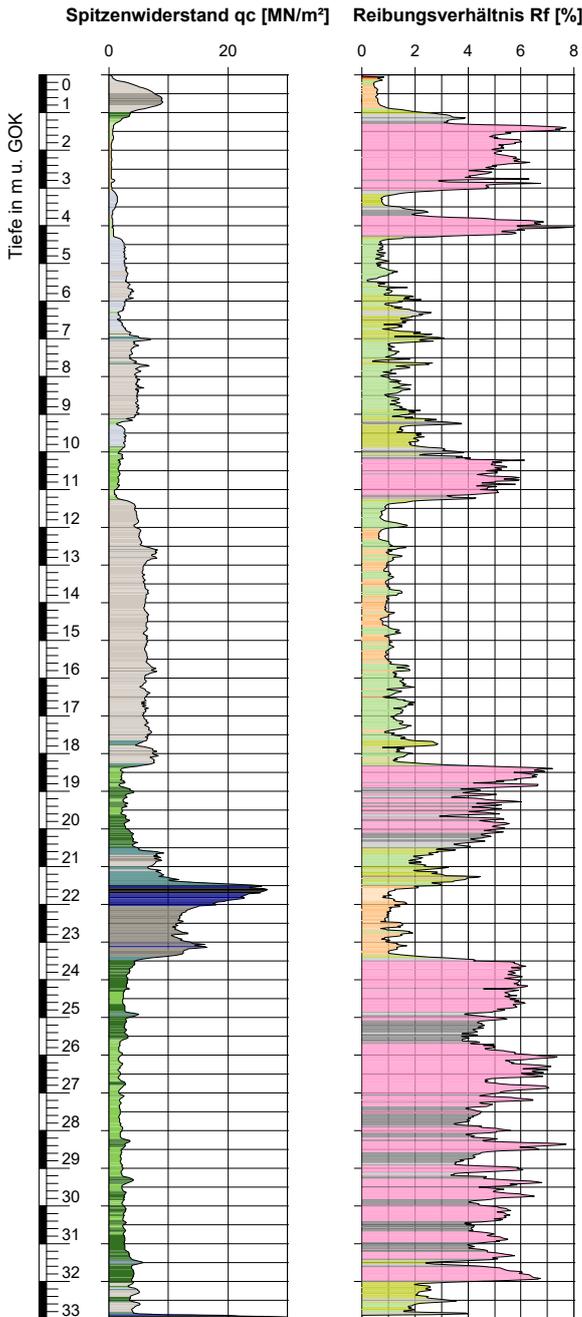
CPT10-18



Datum: 18.12.2018 Hochwert: 5635671 Rechtswert: 2522328 Ansatzhöhe: 142,39 m NHN Endtiefe: 32,99 m NHN

Projekt: Erweiterung KWR Deponie Inden II		 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de</p>
Bohrung: CPT10-18		
Auftraggeber: RWE Power AG		
Bohrfirma: -	Höhenmaßstab: 1:200	
Bearbeiter: Nendza	Anlage: 2.4	

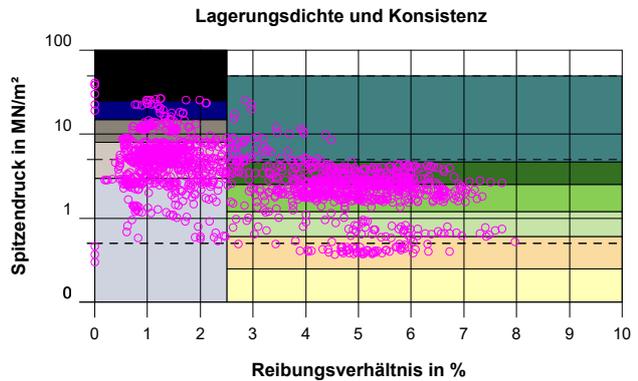
CPT10-18



Farblegende Spitzendruck-Profil:

- | | |
|---|---|
| ■ 1 Sehr locker gelagerter, feinkörniger Boden | ■ 7 Sand, schluffig bis Schluff, sandig |
| ■ 2 Organischer Ton, Torf | ■ 8 Sand bis Sand, schluffig |
| ■ 3 Ton | ■ 9 Kies, sandig bis Sand kiesig |
| ■ 4 Ton, schluffig bis Ton | ■ 10 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 6 Schluff, sandig bis Schluff, tonig | ■ 11 Ton, steif bis sehr steif |
| ■ 5 Schluff, tonig bis Ton, schluffig | ■ 12 Sand bis Sand, tonig |

Bodenarten 11 und 12 sind überkonsolidiert oder zementiert

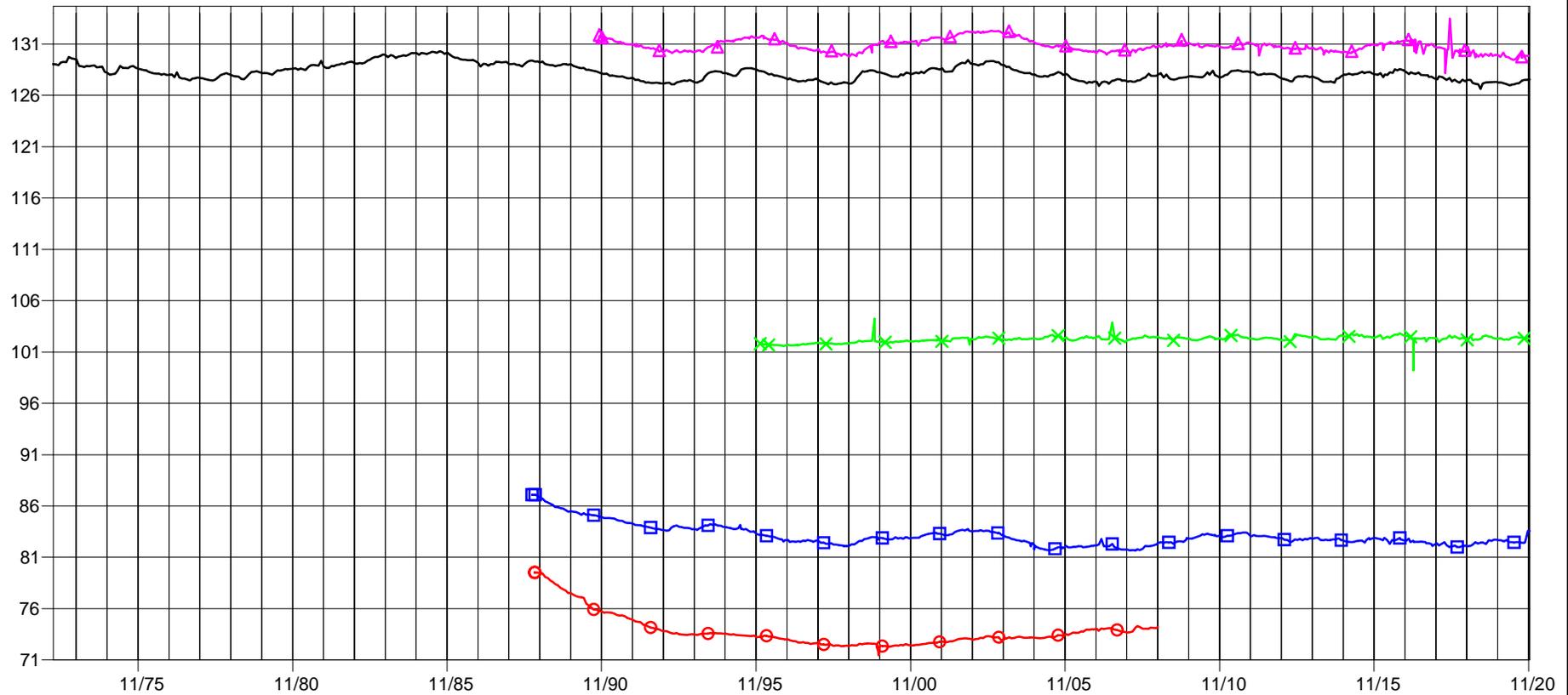


Farblegende :

- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ sehr locker | ■ dicht | ■ sehr weich | ■ halbfest |
| ■ locker | ■ sehr dicht | ■ weich | ■ fest |
| ■ mitteldicht | ■ breiig | ■ steif | |

Projekt:	Erweiterung KWR Deponie Inden II	Objektname:	CPT10-18
Projektnummer:	18.112	Auftraggeber:	RWE Power AG
Bearbeiter:	Nendza	Bohrfirma:	-
Rechtswert:	2522328,0	Hochwert:	5635671,0
Ansatzhöhe:	142,39 m NHN	Endtiefe:	32,99 m NHN
Datum:	18.12.2018	 Geotechnisches Büro Prof. Dr.- Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 info@gbduellmann.de	
Höhenmaßstab:	1:200		

[m NN]



Legende:

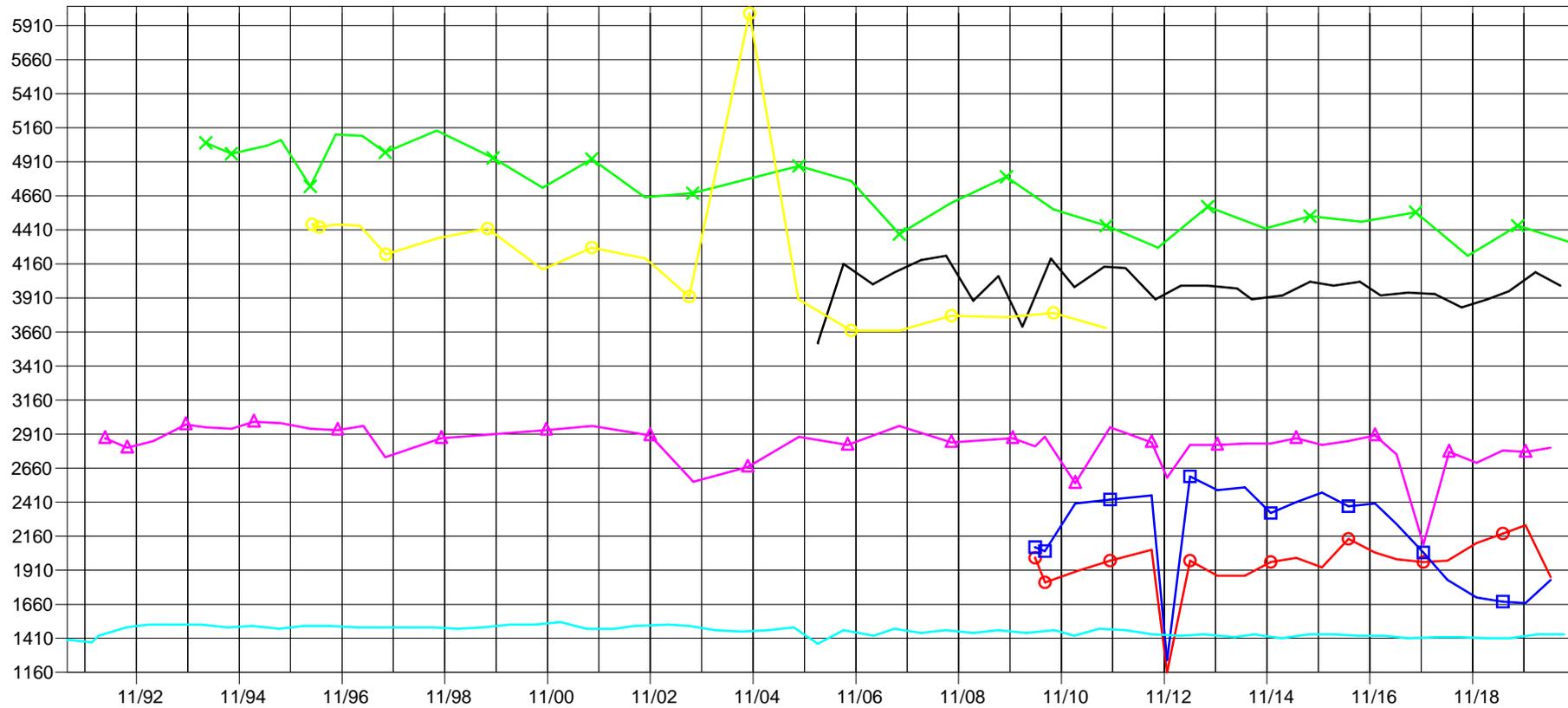
- | | | |
|-----|----------------------------|---|
| — | 21 865171 Tgb. Inden | GW-Horizont: 20 Geländehöhe: 156 UKF: 109,09 |
| —○— | 21 868001 lk.Tgb.Inden | GW-Horizont: 20 Geländehöhe: 89,68 UKF: 69,56 |
| —□— | 21 868011 lk. Tgb. Inden | GW-Horizont: 20 Geländehöhe: 101,4 UKF: 78,47 |
| —△— | 21 868421 Innenkippe Inden | GW-Horizont: 20 Geländehöhe: 158,86 UKF: 108,66 |
| —×— | 21 869831 l.Innenk. Inden | GW-Horizont: 20 Geländehöhe: 126,69 UKF: 93,62 |

RWE Power

Grundwasserstand

Anlage 3

[$\mu\text{S}/\text{cm}$]



Legende:

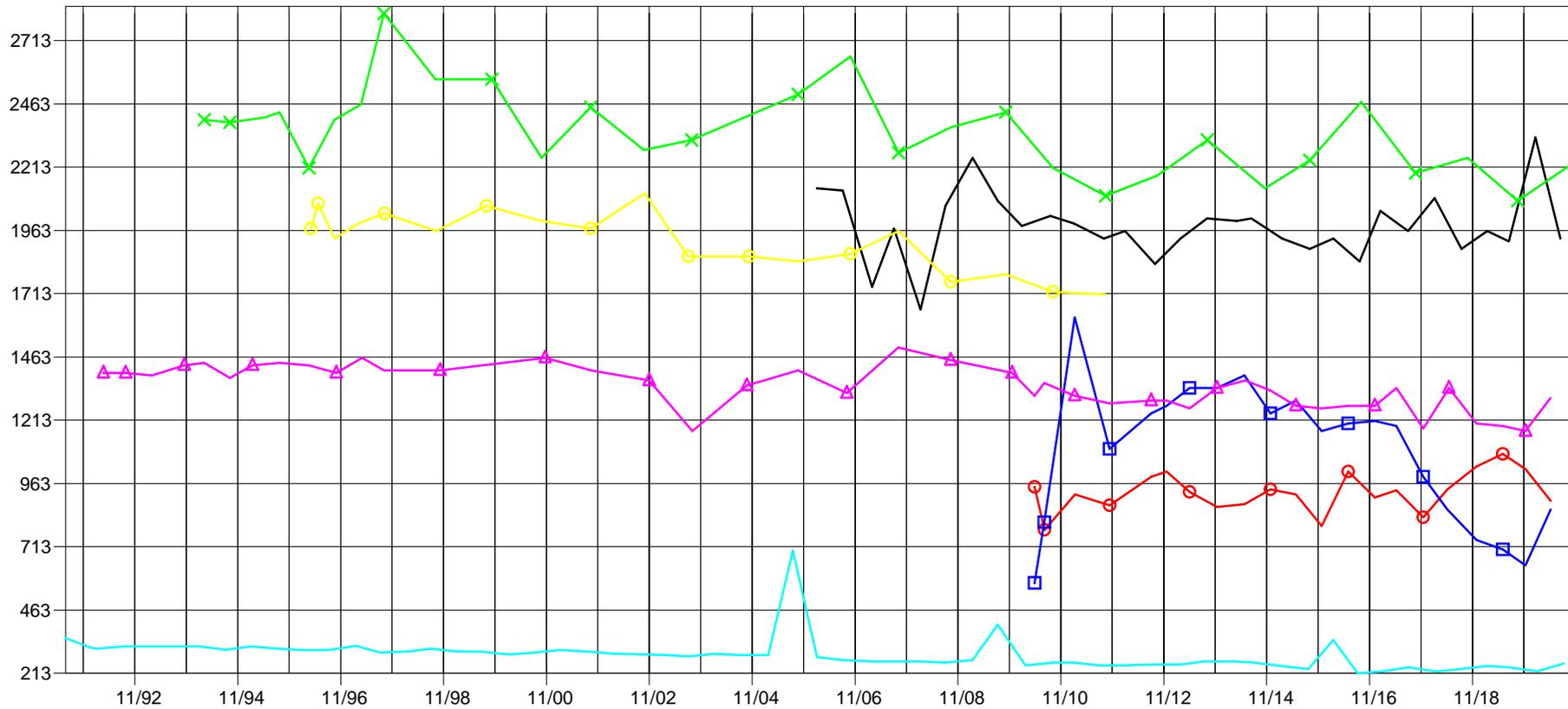
- | | | |
|-----|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 21 563391 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,72 UKF: 75,57 |
| —○— | 21 565322 Kippe Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 140,92 UKF: 86,5 |
| —□— | 21 565332 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 141,22 UKF: 84,16 |
| —△— | 21 867591 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 127,32 UKF: 101,21 |
| —×— | 21 868011 lk. Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,4 UKF: 78,47 |
| — | 21 868421 Innenkippe Inden GW-Hor: 20 | Gel: 158,86 UKF: 108,66 |
| —○— | 21 869831 l.Innenk. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 126,69 UKF: 93,62 |

RWE Power

Leitfähigkeit

Anlage 4.1

[mg/l]



Legende:

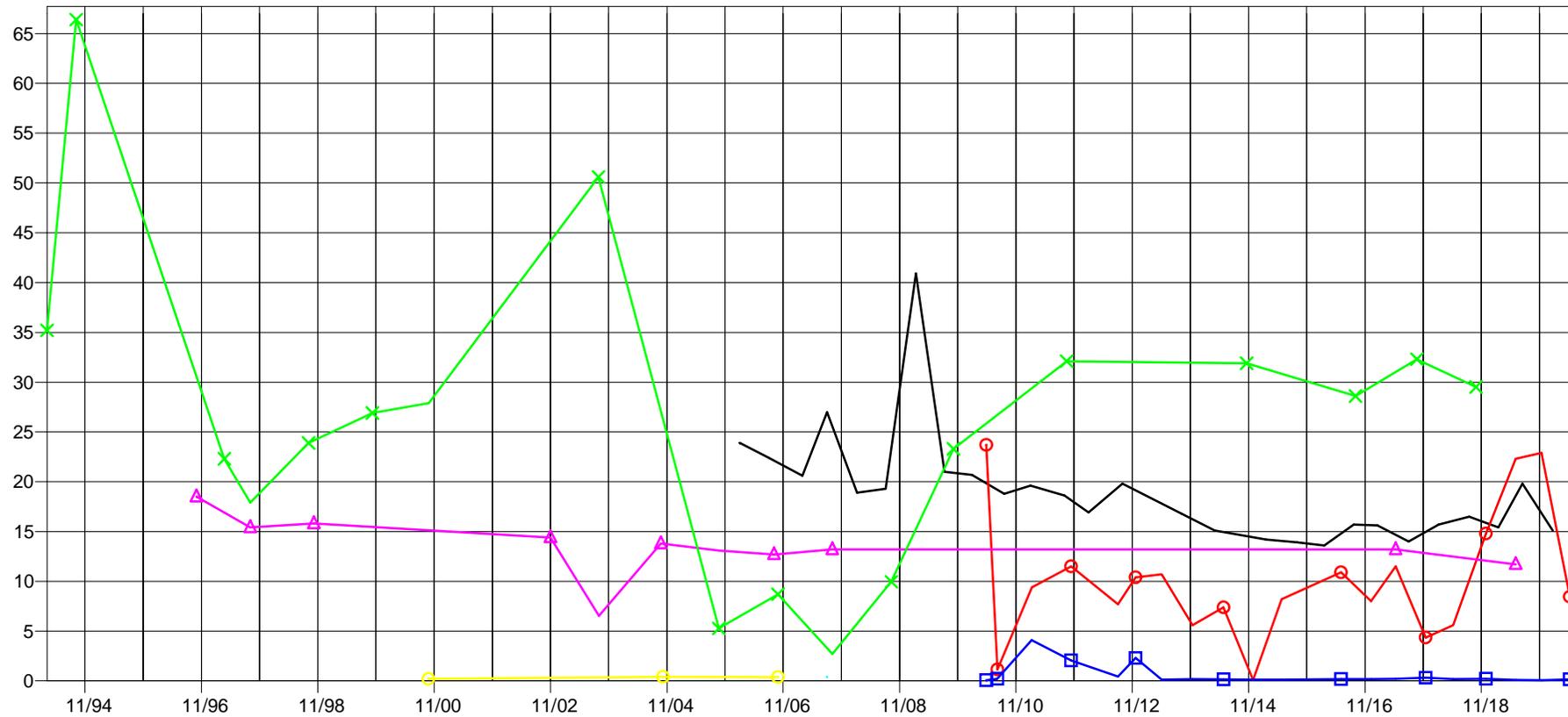
- | | | |
|-----|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 21 563391 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,72 UKF: 75,57 |
| —○— | 21 565322 Kippe Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 140,92 UKF: 86,5 |
| —□— | 21 565332 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 141,22 UKF: 84,16 |
| —△— | 21 867591 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 127,32 UKF: 101,21 |
| —×— | 21 868011 lk. Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,4 UKF: 78,47 |
| — | 21 868421 Innenkippe Inden GW-Hor: 20 | Gel: 158,86 UKF: 108,66 |
| —○— | 21 869831 l.Innenk. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 126,69 UKF: 93,62 |

RWE Power

Sulfat

Anlage 4.2

[mg/l]



Legende:

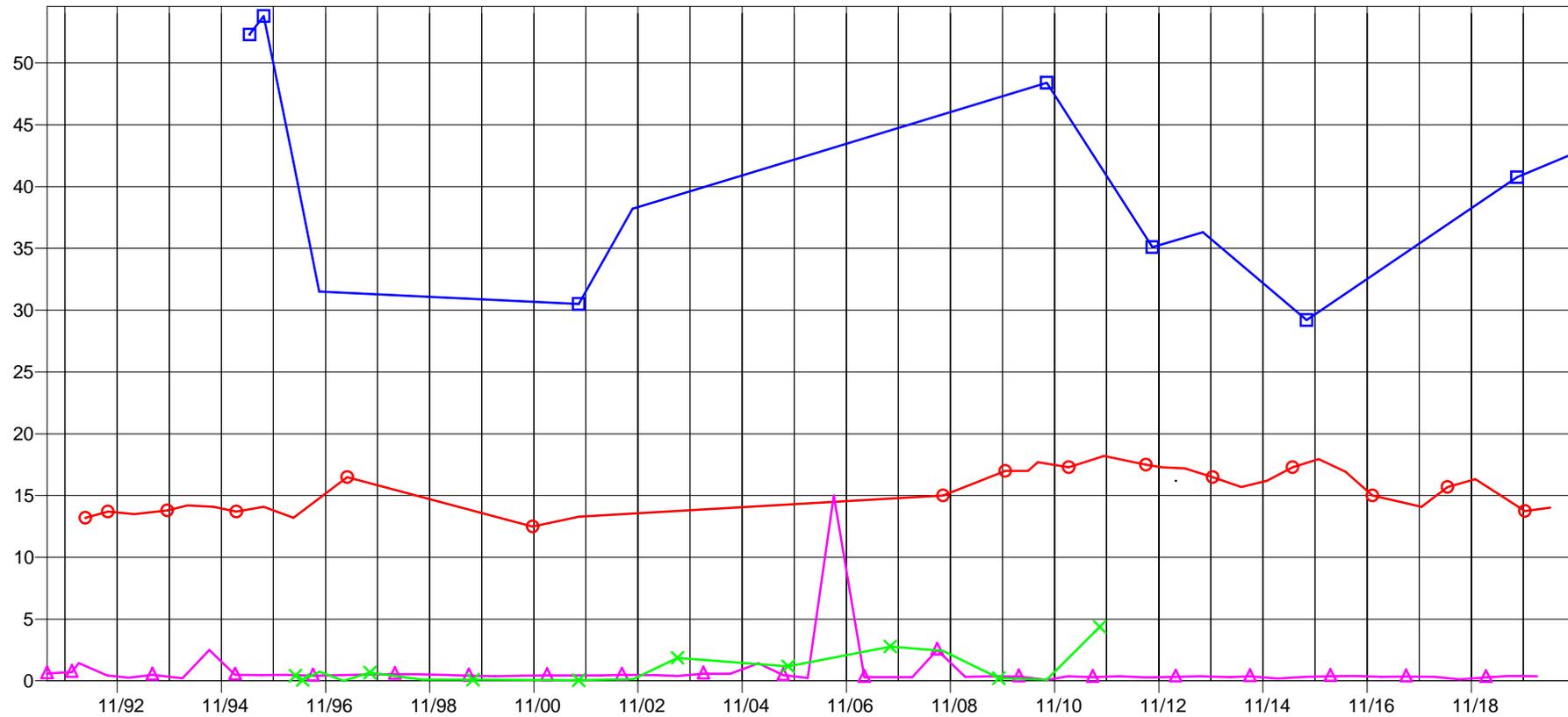
- | | | |
|----|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 21 563391 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,72 UKF: 75,57 |
| —○ | 21 565322 Kippe Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 140,92 UKF: 86,5 |
| —□ | 21 565332 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 141,22 UKF: 84,16 |
| —△ | 21 867591 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 127,32 UKF: 101,21 |
| —x | 21 868011 lk. Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,4 UKF: 78,47 |
| — | 21 868421 Innenkippe Inden GW-Hor: 20 | Gel: 158,86 UKF: 108,66 |
| —○ | 21 869831 l.Innenk. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 126,69 UKF: 93,62 |

RWE Power

Eisen im Filtrat

Anlage 4.3

[mg/l]



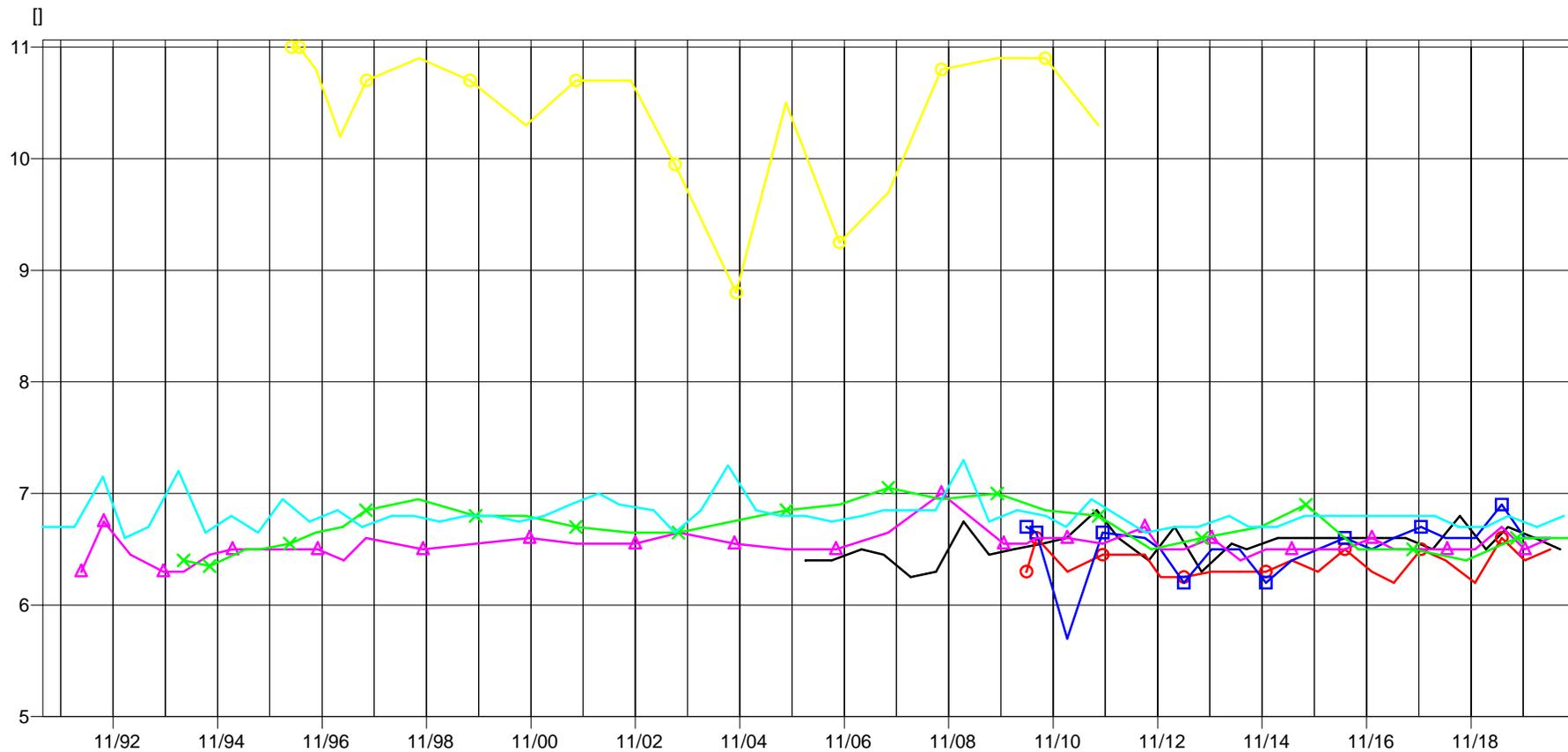
Legende:

- | | | |
|-----|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 21 563391 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,72 UKF: 75,57 |
| —○— | 21 867591 Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 127,32 UKF: 101,21 |
| —□— | 21 868011 lk. Tgb. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 101,4 UKF: 78,47 |
| —△— | 21 868421 Innenkippe Inden GW-Hor: 20 | Gel: 158,86 UKF: 108,66 |
| —×— | 21 869831 l.Innenk. Inden GW-Hor: 20 | Gel: 126,69 UKF: 93,62 |

RWE Power

Eisen, gesamt

Anlage 4.4



Legende:

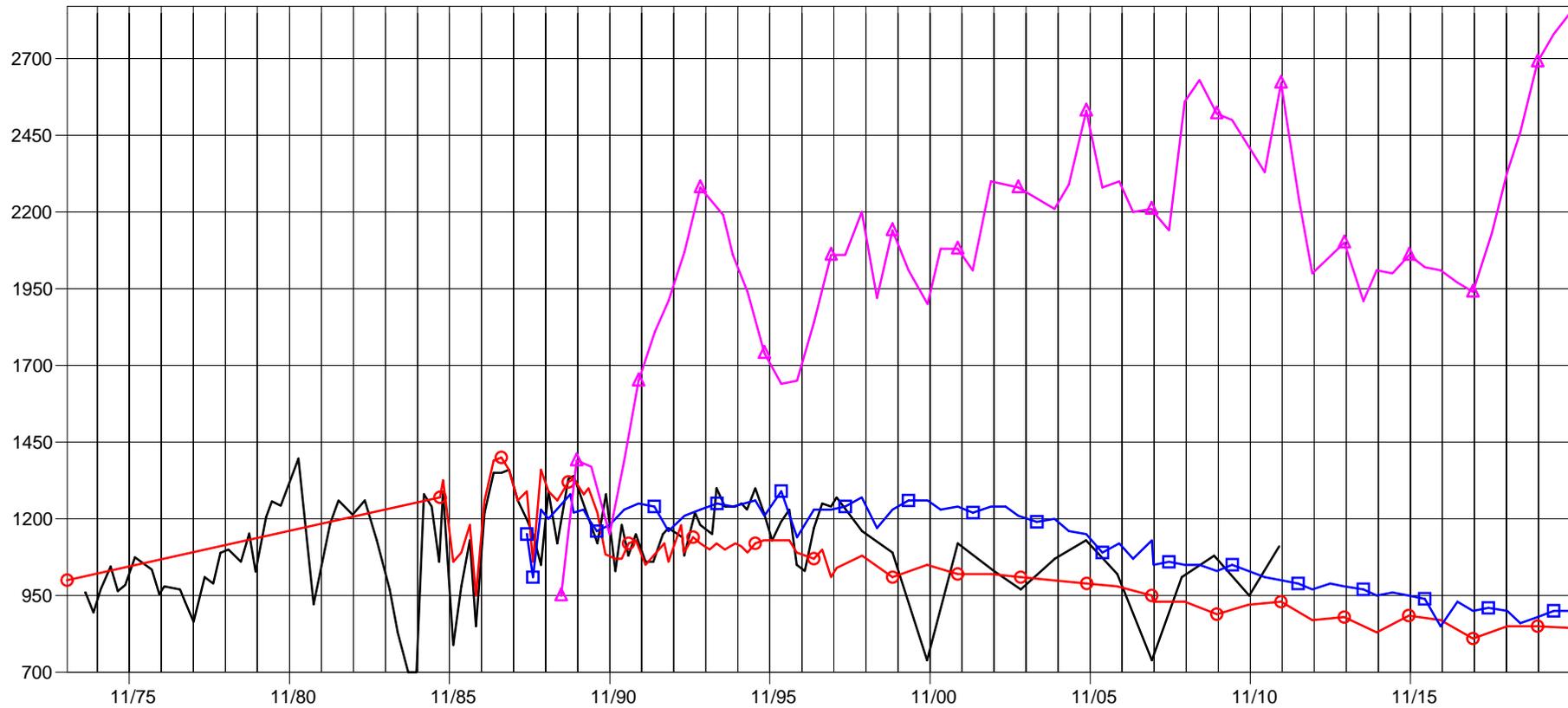
- 21 563391 Tgb. Inden GW-Hor: 20 Gel: 101,72 UKF: 75,57
- 21 565322 Kippe Tgb. Inden GW-Hor: 20 Gel: 140,92 UKF: 86,5
- 21 565332 Tgb. Inden GW-Hor: 20 Gel: 141,22 UKF: 84,16
- △ 21 867591 Tgb. Inden GW-Hor: 20 Gel: 127,32 UKF: 101,21
- × 21 868011 lk. Tgb. Inden GW-Hor: 20 Gel: 101,4 UKF: 78,47
- 21 868421 Innenkippe Inden GW-Hor: 20 Gel: 158,86 UKF: 108,66
- 21 869831 l.Innenk. Inden GW-Hor: 20 Gel: 126,69 UKF: 93,62

RWE Power

pH-Wert

Anlage 4.5

[$\mu\text{S}/\text{cm}$]



Legende:

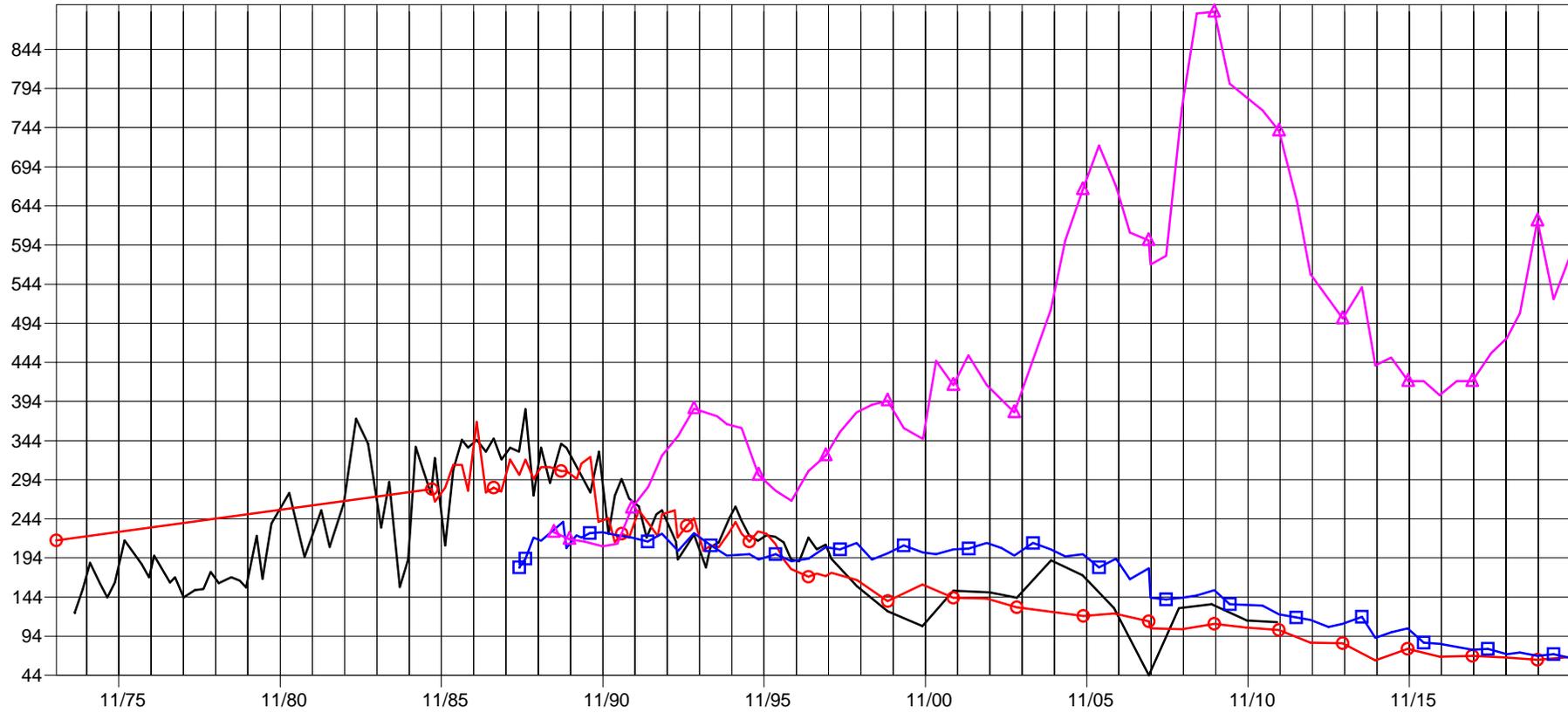
- 21 861311 Weisweiler GW-Hor: 16 Gel: 151,78 UKF: 137,56
- 21 864361 Tgb. Inden GW-Hor: 14 Gel: 151,81 UKF: 137,71
- 21 867731 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 138,3 UKF: 123,33
- △ 21 867741 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 131,55 UKF: 117,85

RWE Power

Leitfähigkeit

Anlage 4.6

[mg/l]



Legende:

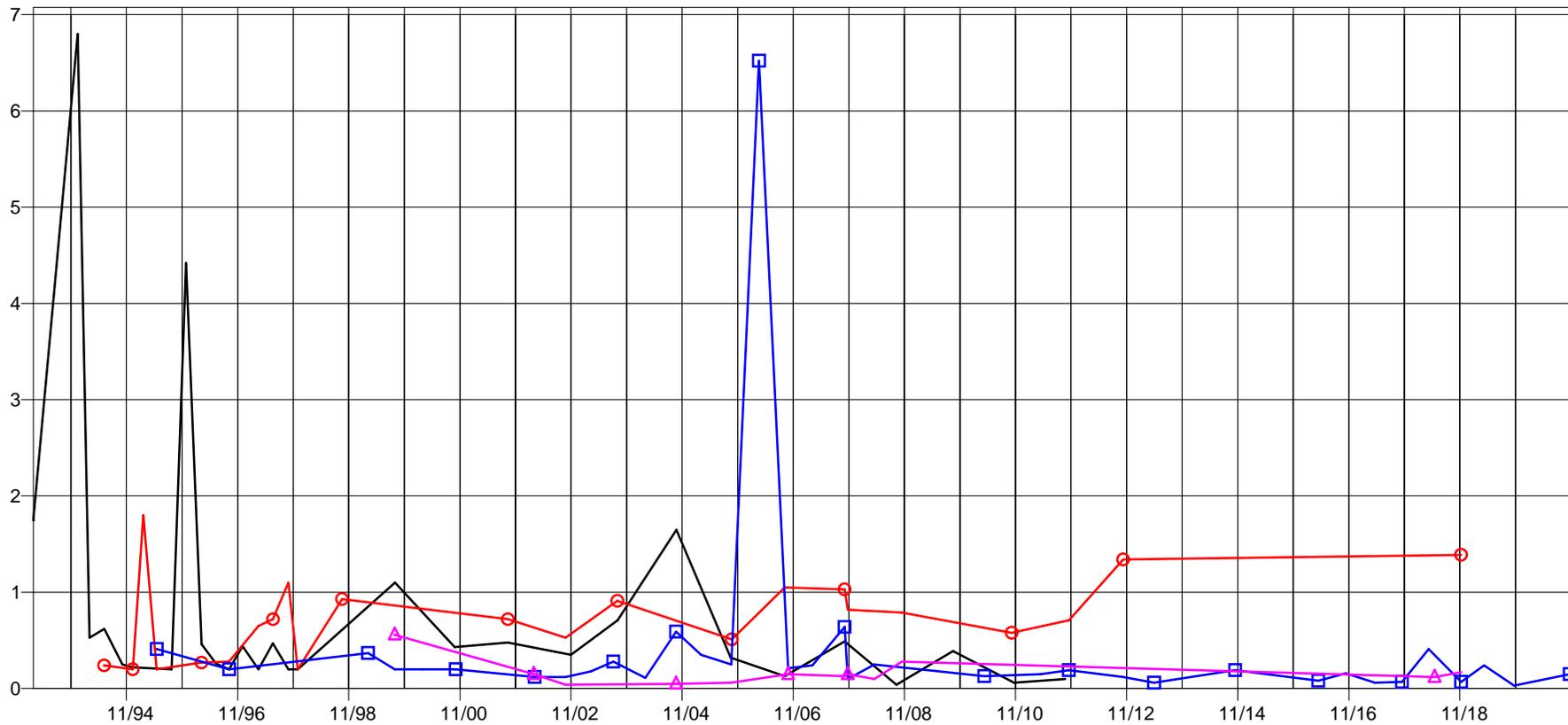
- 21 861311 Weisweiler GW-Hor: 16 Gel: 151,78 UKF: 137,56
- 21 864361 Tgb. Inden GW-Hor: 14 Gel: 151,81 UKF: 137,71
- 21 867731 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 138,3 UKF: 123,33
- △— 21 867741 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 131,55 UKF: 117,85

RWE Power

Sulfat

Anlage 4.7

[mg/l]



Legende:

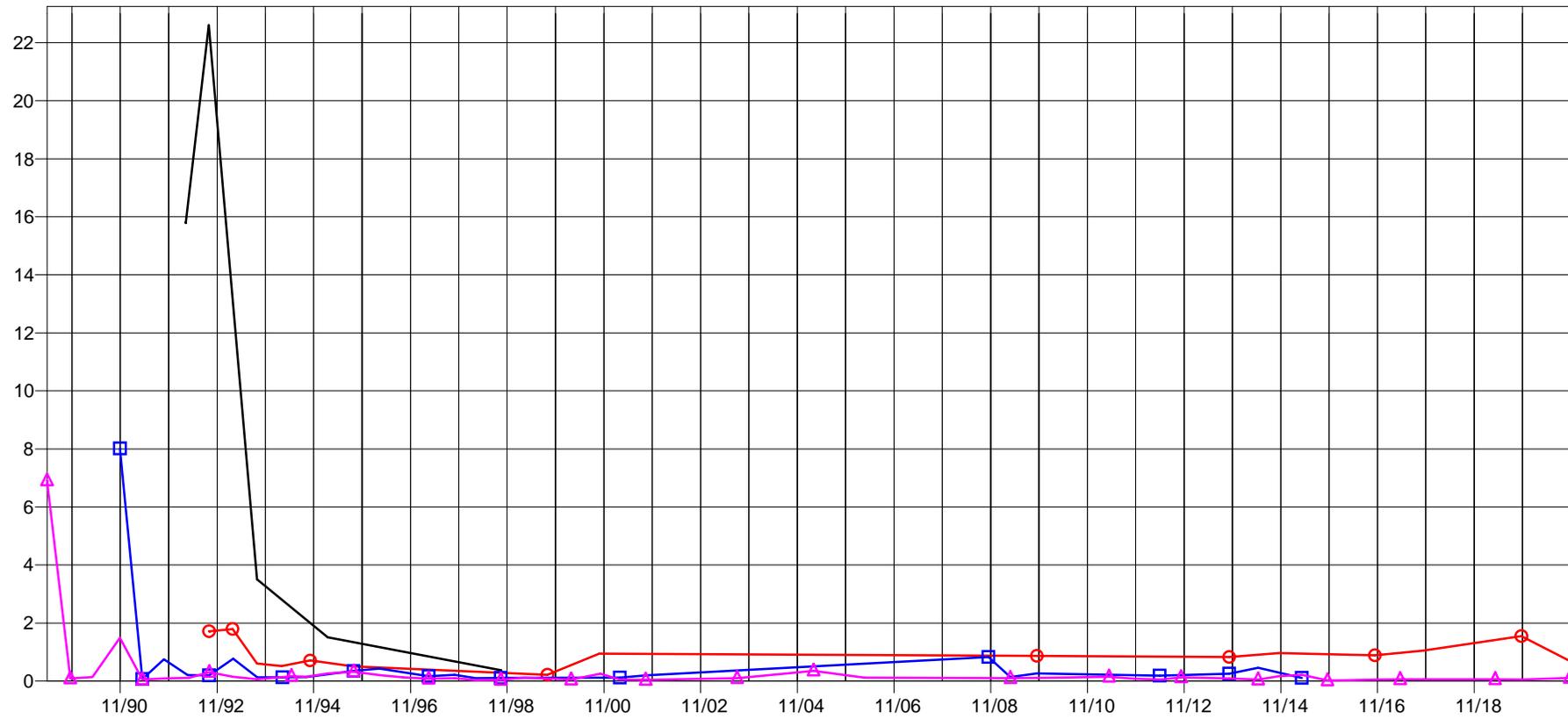
- 21 861311 Weisweiler GW-Hor: 16 Gel: 151,78 UKF: 137,56
- 21 864361 Tgb. Inden GW-Hor: 14 Gel: 151,81 UKF: 137,71
- 21 867731 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 138,3 UKF: 123,33
- △— 21 867741 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 131,55 UKF: 117,85

RWE

Eisen im Filtrat

Anlage 4.8

[mg/l]



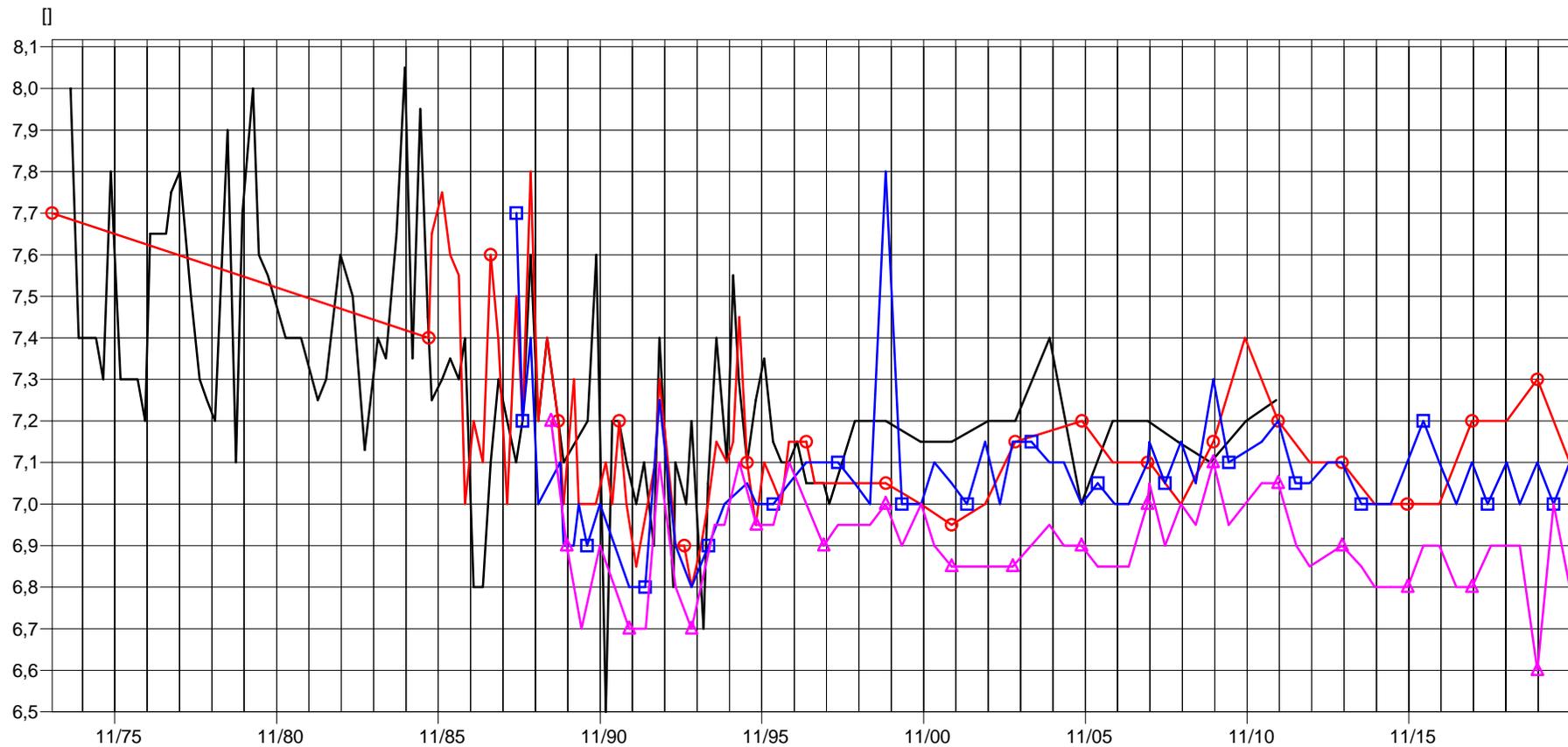
Legende:

- 21 861311 Weisweiler GW-Hor: 16 Gel: 151,78 UKF: 137,56
- 21 864361 Tgb. Inden GW-Hor: 14 Gel: 151,81 UKF: 137,71
- 21 867731 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 138,3 UKF: 123,33
- △ 21 867741 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 131,55 UKF: 117,85

RWE Power

Eisen, gesamt

Anlage 4.9



- Legende:
- 21 861311 Weisweiler GW-Hor: 16 Gel: 151,78 UKF: 137,56
 - 21 864361 Tgb. Inden GW-Hor: 14 Gel: 151,81 UKF: 137,71
 - 21 867731 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 138,3 UKF: 123,33
 - △— 21 867741 Frenz GW-Hor: 16 Gel: 131,55 UKF: 117,85

RWE Power

pH-Wert

Anlage 4.10