

35. Jahrgang
3. Quartal 2026
Seiten 89 – 128

altlasten spektrum

Herausgegeben vom
Ingenieurtechnischen Verband für Altlastenmanagement
und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

www.ALTLASTENDigital.de

20565



Organ des ITVA

Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

Stefanie Kemper, Helmut Meuser

Kampfmittelerkundung bei der Deutschen Bahn

Thomas Lange

Internationale Kooperation als Treiber innovativer Lösungsansätze in der Altlastensanierung

Michael Trump

Probenahme nach Norm

Dieter Horchler

Waldbrandbekämpfung auf kampfmittelbelasteten Flächen

5. Kampfmittelfachtagung



Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

Materialbewertung und Verwertbarkeit am Beispiel Norderney
(Ostfriesische Inseln)

Stefanie Kemper, Helmut Meuser

1. Einleitung

Die Energiewende und die damit verbundenen Ausbauziele für die Offshore-Windenergie führen zu einem erheblichen Ausbau der Netzanbindungsinfrastruktur in der deutschen Nordsee [1]. Nach den Vorgaben des Windenergie-auf-See-Gesetzes soll die installierte Offshore-Leistung bis zum Jahr 2030 auf 30 GW und bis 2035 auf 40 GW steigen [2]. Neben der Errichtung neuer Offshore-Windparks erfordert dies den Ausbau leistungsfähiger Übertragungsnetze, um den erzeugten Strom in die Verbrauchszentren zu transportieren. Hierzu werden in der Nordsee zahlreiche Offshore-Netzanbindungssysteme realisiert, deren Trassen die Ostfriesischen Inseln queren.

Die Ostfriesischen Inseln sowie die Anlandungspunkte auf dem Festland stellen ökologisch besonders sensible Räume dar und sind zugleich Bestandteil der Küstenschutzlinie. Das Untersuchungsgebiet auf Norderney liegt darüber hinaus im Nationalpark Nieder-

sächsisches Wattenmeer und damit innerhalb eines besonders schutzwürdigen Naturraums. Um Dünen, Deiche und weitere schützenswerte Bereiche möglichst schonend zu queren, werden die Kabelschutzrohre im Bereich der Inseln überwiegend in geschlossener Bauweise mittels Horizontalspülbohrungen (Horizontal Directional Drilling, HDD) verlegt [3].

Im Rahmen der Offshore-Netzanbindungsprojekte DolWin4 und BorWin4 wurden auf Norderney mehrere HDD-Bohrungen durchgeführt. Während des Bohrprozesses wird das gelöste Bodenmaterial mithilfe einer Bohrspülung aus dem Bohrloch gefördert und anschließend in einer Separationsanlage von der Spülung getrennt. Als eigenständiger Stoffstrom verbleibt das sogenannte Bohrklein [3].

Mit dem fortschreitenden Ausbau der Offshore-Netzanbindungen gewinnen die anfallenden Materialmengen zunehmend an Bedeutung. Im Zuge der HDD-Bohrungen der Projekte DolWin4 und BorWin4 fielen



Aufnahme aus dem August 2022: links im Bild die Baustelle der Kabelinstallation DolWin6 und rechts die Baustelleneinrichtungsfläche für die HDD-Bohrungen BD4 auf Norderney (Blickrichtung Norden) (Fotograf: Martin Pohl, Ney360°)

Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

auf Norderney insgesamt 5.520 t Bohrklein an. Aufgrund der Insellage sind Transport und Entsorgung des Materials mit erheblichem logistischem, wirtschaftlichem und ökologischem Aufwand verbunden. Gleichzeitig besteht auf den Ostfriesischen Inseln ein kontinuierlicher Bedarf an mineralischen Rohstoffen für Maßnahmen des Küsten- und Erosionsschutzes, beispielsweise für Strandaufspülungen oder Deichbaumaßnahmen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob das anfallende Bohrklein als regional verfügbare Ressource genutzt werden kann [4].

Mit Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) zum 1. August 2023 haben sich die Rahmenbedingungen für die Bewertung und Verwertung mineralischer Materialien grundlegend verändert. Insbesondere die Umstellung der Eluationsverfahren kann Auswirkungen auf die Bewertung einzelner Stoffparameter haben. Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Unterschiede der Arsenkonzentrationen im Eluat verdeutlichen, dass die Wahl des Verfahrens die Einstufung und damit die Verwertbarkeit eines Materials beeinflussen kann.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die Verwertbarkeit von HDD-Bohrklein am Beispiel der Offshore-Netzanbindungsprojekte DolWin4 und BorWin4 auf Norderney zu untersuchen. Neben der bodenschutzfachlichen Charakterisierung des Materials stehen insbesondere die Auswirkungen unterschiedlicher Eluationsverfahren auf die Bewertung des Parameters Arsen sowie die daraus resultierenden Konsequenzen für die Verwertung nach den Vorgaben der EBV im Fokus.

2. Bohrklein aus HDD-Bohrungen und potenzielle Verwertungsmöglichkeiten

Für die Anbindung von Offshore-Windparks an das deutsche Übertragungsnetz werden im Küstenraum zunehmend geschlossene Bauverfahren eingesetzt. Insbesondere auf den Ostfriesischen Inseln kommen Horizontalspülbohrungen (Horizontal Directional Drilling, HDD) zum Einsatz, um sensible Naturräume,

Küstenschutzanlagen sowie bestehende Infrastrukturen zu unterqueren und Eingriffe in die Geländeoberfläche zu minimieren. Im Rahmen der Offshore-Netzanbindungsprojekte DolWin4 und BorWin4 wurden auf Norderney insgesamt vier HDD-Bohrungen realisiert. Die Bohrungen erreichten Längen von bis zu 1.100 m und Tiefen von bis zu 30 m unter Geländeoberkante.

Während des HDD-Verfahrens wird eine Bohrspülung eingesetzt, die mehrere Funktionen erfüllt. Sie dient in diesem Fall der Stabilisierung des Bohrlochs und dem Austrag des gelösten Bodenmaterials [5]. Die im Projekt verwendete unbeladene Bohrspülung bestand überwiegend aus Wasser (95,4 %) sowie geringen Anteilen von tonmineralhaltigem Bentonit (4,5 %) und Natriumcarbonat (0,1 %). Nach dem Austrag aus dem Bohrloch wurde das Boden-Spülgemisch (beladene Spülung) in einer Separationsanlage aufbereitet. Dabei erfolgte die Trennung der wiederverwendbaren Bohrspülung vom Bodenmaterial – dem sogenannten Bohrklein [4].

Bei dem separierten Bohrklein handelt es sich überwiegend um natürlich anstehende Sedimente, die während des Bohrvorgangs gelöst und mechanisch von der Bohrspülung getrennt wurden. Das Material weist somit bodenähnliche Eigenschaften auf und stellt einen potenziell verwertbaren Stoffstrom dar.

Im Zuge der HDD-Arbeiten der Projekte DolWin4 und BorWin4 fielen auf Norderney insgesamt 5.520 t Bohrklein an. Davon entfielen 2.910 t auf das Jahr 2022 und weitere 2.610 t auf das Jahr 2023. Die Größenordnung der anfallenden Materialmengen verdeutlicht die zunehmende Bedeutung eines nachhaltigen Stoffstrommanagements bei Infrastrukturprojekten im Zuge der Energiewende [4].

Das im Rahmen der Bauausführung anfallende Material wurde vollständig von der Insel abgefahren. Hierfür waren neben innerinsularen Transporten auch Fährtransporte sowie anschließende Transporte auf dem Festland erforderlich. Mit der Verbringung



Sandiges Bohrklein aus den HDD-Bohrungen Norderney (Aufnahme 2023 S. Kemper)

	2022	2023
angefallenes Bohrklein gesamt [t]	2.910	2.610
benötigte LKW-Fahrten gesamt [Stück]	122	104
gesamt freigesetztes CO ₂ [t]	29,8	27,2

Tabelle 1: Im Rahmen der HDD-Bohrungen der Projekte DolWin4 und BorWin4 angefallene Bohrkleinmengen, benötigten LKW-Fahrten sowie freigesetztem CO₂

des Materials gingen zusätzliche logistische Aufwendungen, Kosten sowie Treibhausgasemissionen einher. Die Tabelle 1 verdeutlicht die Zahlen anhand der angefallenen Bohrkleinmengen, der benötigten Transportfahrten und der freigesetzten CO₂-Menge [4].

Vor dem Hintergrund der politischen Zielsetzungen zur Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft stellt sich daher die Frage, ob künftig standortnahe oder regionale Verwertungsoptionen für derartige Materialien erschlossen werden können. Gerade auf den Ostfriesischen Inseln besteht ein kontinuierlicher Bedarf an mineralischen Rohstoffen für Maßnahmen des Küsten- und Erosionsschutzes, beispielsweise im Rahmen von Strandaufspülungen, Dünenverstärkungen oder Deichbaumaßnahmen. Eine Nutzung des bei HDD-Bohrungen anfallenden Bohrkleins könnte dazu beitragen, natürliche Rohstoffressourcen zu schonen und Transportaufwendungen zu reduzieren. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine umfassende bodenschutzfachliche und rechtliche Bewertung des Materials.

3. Untersuchungsansatz und Methodik

Zur Bewertung der Verwertbarkeit des bei den HDD-Bohrungen der Offshore-Netzanbindungsprojekte DolWin4 und BorWin4 auf Norderney angefallenen Bohrkleins wurden bodenchemische, bodenbiologische und bodenmechanische Untersuchungen durchgeführt. Hierfür wurden Proben des separierten Bohrkleins sowie Referenzproben potenzieller Aufbringungsstandorte auf Norderney, Baltrum und Langeoog entnommen. Hierzu wurde auf Norderney der geogene Sand im Bereich einer Baustelleneinrichtungsfläche untersucht sowie Strandstandorte auf den drei Inseln. Ziel war die Beurteilung, inwieweit das Bohrklein hinsichtlich seiner Eigenschaften mit natürlichen Küstensedimenten vergleichbar ist [4].

Das Untersuchungsprogramm umfasste Feststoff- und Eluatuntersuchungen der Schadstoffe, Korngrößenanalysen, Untersuchungen der Kornmorphologie, Nährstoffuntersuchungen sowie bodenbiologische Analysen. Die Bewertung des Materials erfolgte unter Berücksichtigung der Anforderungen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), der EBV sowie der Technischen Regeln der LAGA. Zur Untersuchung der Auswirkungen der seit August 2023 geltenden EBV wurden darüber hinaus unterschied-

liche Eluationsverfahren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Arsenfreisetzung und die Materialeinstufung verglichen [4].

4. Ergebnisse
4.1 Charakterisierung des Bohrkleins

Die Untersuchungen zeigen, dass das im Rahmen der HDD-Bohrungen anfallende Bohrklein hinsichtlich seiner bodenchemischen, bodenbiologischen und bodenmechanischen Eigenschaften weitgehend den natürlichen Küstensedimenten der Ostfriesischen Inseln entspricht. Das Material besteht überwiegend aus Sandfraktionen und weist insgesamt vergleichbare Eigenschaften zu den untersuchten Vergleichsedimenten auf [4].

Die bodenmechanischen Untersuchungen ergaben, dass sowohl die Korngrößenverteilung als auch die Kornform des Bohrkleins weitgehend mit den natürlichen Strandsedimenten von Norderney, Baltrum und Langeoog übereinstimmen. Die Ähnlichkeit der Sedimente deutet darauf hin, dass das separierte Bohrklein im Wesentlichen aus den natürlich anstehenden geologischen Schichten besteht und durch den Bohrprozess keine wesentliche Veränderung der physikalischen Materialeigenschaften erfolgt. Auch die Ergebnisse für die bodenbiologischen Parameter (Beispiel Basalatmung) des Bohrkleins sind vergleichbar mit den Referenzstandorten. Wie aus Tabelle 2, S. 96, hervorgeht, weist das Bohrklein insgesamt höhere pH-Werte auf als die Proben der Vergleichsstandorte. Dies ist auf die Zugabe von Natriumcarbonat zur Bohrspülung zurückzuführen, das zur Optimierung der Eigenschaften der Bohrspülung eingesetzt wird. Darüber hinaus wurden bei den Bohrungen vermutlich lokal begrenzte Torflagen durchteuft. Dies spiegelt sich in vereinzelten erhöhten TOC-Gehalten wider, die als Ausreißer in den Analysenergebnissen erkennbar sind. Die Ergebnisse der Materialcharakterisierung verdeutlichen insgesamt, dass das Bohrklein grundsätzlich als bodenähnliches Material eingestuft werden kann und vergleichbare Eigenschaften aufweist. Aus bodenschutzfachlicher Sicht ergeben sich somit zunächst keine grundsätzlichen Ausschlusskriterien für eine stoffliche Verwertung des Materials. Für eine abschließende Bewertung sind jedoch insbesondere die stofflichen Eigenschaften sowie das Elutionsverhalten relevanter Parameter zu berücksichtigen [4].

Tabelle 3, S. 96, stellt die Ergebnisse der Untersuchungen den Zuordnungskriterien der LAGA M20 sowie der EBV gegenüber. Für die Einstufung gemäß LAGA M20 nebst des pH-Wertes beim Bohrklein, sind die Eluatparameter Sulfat und Chlorid sowie die elektrische Leitfähigkeit maßgebend. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um einen marinen Standort handelt und die erhöhten Gehalte dieser Parameter mit den marinen Einflüssen begründet werden können. Mit zunehmender Nähe zum Meer steigen diese an. Für die Einstufung gemäß EBV ist hingegen vor allem der Parameter Arsen ausschlaggebend. Wäh-

Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

Parameter	Bohrklein	Sand BE-Fläche	Strandproben
pH(CaCl ₂)-Wert [-]	8,3...9,2	6,5...7,8	6,9...8,5
el. Leitf. [µS/cm]	139...1.373	88...265	43...4.050
Organische Substanz (TOC) [Masse-%]	0,10...0,31	< 0,10...0,11	< 0,10...0,19
Stickstoff	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Basalatmung	gering	gering	gering
Textur	Sand (fSms, mSfs, (mSgs), vereinzelt Lehmsande (Su2)	Sand (fSms)	Sand (fSms, mSfs) variabler Anteil an Muscheln
Kornform	gerundet...sub-angular	gerundet...an-gerundet, vereinzelt subangular	gerundet...sub-angular

Tabelle 2: Exemplarische Gegenüberstellung ausgewählter Untersuchungsparameter von Bohrklein und Vergleichsstandorten

		Bohrklein Norderney-Nord (Strand)	Bohrklein Norderney-Süd (Watt)	Sand BE-Fläche	Strände Norderney
LAGA M20	Klasse	Z0 und Z1.2,	Z1.2 und Z2,	Z0 und Z1.2	Z0, Z1.2 und Z2
	Verantwortliche Parameter	pH-Wert und Sulfat (EL)	TOC, el. Leitfähigkeit, Chlorid (EL) und Sulfat (EL)	Sulfat (EL)	Chlorid (EL) und Sulfat (EL)
EBV	Klasse	BM-0*...-F2,	BM-F0*...-F2	BM-0*	BM-0*...-F1
	Verantwortliche Parameter	Arsen (EL)	Arsen (EL)	Arsen (EL) und Blei (EL)	Arsen (EL), Blei (EL), PAK15 (EL), Chrom (EL)

Tabelle 3: Exemplarische Gegenüberstellung ausgewählter Schadstoffeinstufungen von Bohrklein und Vergleichsstandorten; (EL= Eluat)

rend Arsen im Rahmen der Einstufung nach LAGA M20 bislang keine maßgebliche Bedeutung hatte, ist der Parameter mit Einführung der EBV in den Fokus gerückt. Auf diese veränderte Einstufungsrelevanz wird im Folgenden näher eingegangen [4].

4.2 Arsen und die Auswirkungen unterschiedlicher Eluationsverfahren

Für die Bewertung der Verwertbarkeit des untersuchten Bohrkleins kommt dem Parameter Arsen eine besondere Bedeutung zu, da dieser maßgeblichen Einfluss auf die Einstufung mineralischer Materialien nach den Vorgaben der EBV besitzt. Die Feststoffuntersuchungen zeigen, dass die Arsengehalte des Bohrkleins im Bereich der untersuchten natürlichen Küstensedimente liegen. Hinweise auf eine geogene Arsenanreicherung konnten in diesem Fall nicht festgestellt werden [4].

Die Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse zeigt, dass die Wahl des Eluationsverfahren einen erheblichen Einfluss auf die ermittelten Arsenskonzentrationen besitzt (Tab. 4). Während die Arsengehalte im Feststoff unverändert bleiben, führten die

unterschiedlichen Prüfverfahren zu teilweise deutlich abweichenden Arsensfreisetzungen. Im Bohrklein wurden Arsengehalte von 1,29...2,65 mg/kg, im Sand der BE-Fläche 1,04...1,62 mg/kg und an den Stränden der drei Inseln 1,03...3,97 mg/kg nachgewiesen. Insbesondere zwischen dem in der EBV vorgesehenen Schüttelverfahren nach DIN 19529 und dem ausführlichen Säulenversuch nach DIN 19528 wurden erhebliche Unterschiede festgestellt. Die mittels Schüttelverfahrens ermittelten Arsenskonzentrationen lagen teilweise deutlich über den Ergebnissen des Säulenversuchs [4].

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Mobilisierbarkeit von Arsen und damit die Bewertung des Materials wesentlich durch die gewählte Untersuchungsmethodik beeinflusst werden kann. Vor dem Hintergrund, dass die Einstufung mineralischer Ersatzbaustoffe nach EBV maßgeblich auf Eluatwerten basiert, ergeben sich hieraus unmittelbare Konsequenzen für die Materialklassifizierung.

Dies wird bei der Gegenüberstellung der resultierenden Materialklassen deutlich (Tab. 5). Während die Bewertung auf Grundlage des Schüttelverfahrens gemäß DIN 19529 für mehrere Proben zu Einstufungen

	BBodSchV (1999) WP Boden-GW DIN 19529 2:1 Schütteleluat (SV) [µg/l]	LAGA-M20 (2004) DIN 12457-4 DEV-S4 W/F 10:1 [µg/l]	EBV (2021) DIN 19529 2:1 Schütteleluat (SV) [µg/l]	Ausführlicher Säulen- versuch (AV) DIN 19528 W/F 10:1 [µg/l]	Ausführlicher Säulen- versuch (AV) DIN 19528 W/F 2:1 [µg/l]	Faktor		
Bohrklein Norderney-Süd						2:1-SV (EBV 2021): S4	10:1-AV: S4	2:1-SV (EBV 2021): 2:1-AV
DolWin4 HDD3 (Pilot) – MP 4	21	2	23	7,1	13	11,5	3,6	1,8
DolWin4 HDD3 (Einzug) – MP 1	19	2	18	2	5,4	9	1	3,3
BorWin4 HDD3 (Pilot) – MP 4	23	4	22	2,2	7	5,5	0,6	3,1
BorWin4 HDD3 (Einzug) – MP 2	30	5	23	5,6	9,1	4,6	1,1	2,5
DolWin4 HDD4 (Pilot) – MP 3	11	2	12	< 1,0	5,9	6	0,5	2
DolWin4 HDD4 (Einzug) – MP 1	19	3	18	1,5	6,5	6	0,5	2,8
BorWin4 HDD4 (Einzug) – MP 1	24	5	24	1,7	7	4,8	0,3	3,4
Mittelwerte	21	3,3	20	3	7,7	6,1	0,9	2,6

Tabelle 4: Vergleich der im Eluat gemessenen Arsenkonzentrationen bei Anwendung unterschiedlicher Eluationsverfahren sowie Darstellung der ermittelten Verhältnissfaktoren

in die Materialklassen BM-F1 beziehungsweise BM-F2 führte, ergaben sich bei Anwendung des ausführlichen Säulenversuchs überwiegend günstigere Einstufungen bis hin zur Materialklasse BM-F0. Damit müssen identische Materialien in Abhängigkeit vom eingesetzten Eluationsverfahren unterschiedlichen Materialklassen zugeordnet werden [4].

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Einführung der EBV und die damit verbundene Umstellung der Eluationsverfahren erhebliche Auswirkungen auf die Bewertung und Verwertbarkeit natürlicher Bodenmaterialien haben kann. Für die Praxis bedeutet dies, dass Eluatuntersuchungen nicht isoliert betrachtet werden sollten. Vielmehr ist eine fachgerechte Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung des jeweiligen Prüfverfahrens sowie des geologischen und standörtlichen Hintergrundes erforderlich. Insbesondere bei natürlichen Bodenmaterialien kann die aus-

schließliche Betrachtung einzelner Eluatwerte ohne Einbeziehung der Materialgenese zu einer konservativen Bewertung und damit zu Einschränkungen der Verwertungsmöglichkeiten führen.

5. Verwertbarkeit des Bohrkleins

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass das im Rahmen der HDD-Bohrungen angefallene Bohrklein hinsichtlich seiner bodenmechanischen, bodenchemischen und bodenbiologischen Eigenschaften weitgehend mit den natürlichen Küstensedimenten der Ostfriesischen Inseln vergleichbar ist. Aufgrund seiner überwiegend sandigen Zusammensetzung sowie der Ähnlichkeit zu den untersuchten Referenzsedimenten kann das Material grundsätzlich als potenziell verwertbar angesehen werden [4].

Gleichzeitig zeigen die Untersuchungen, dass die Verwertbarkeit des Materials maßgeblich von den zu-

Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

Probe	EBV (2021) DIN 19529 2:1 Schüttelleuat (SV)		Ausführlicher Säulenversuch DIN 19528 W/F 2:1	
	Arsen- konzentration [µg/l]	Einstufung gemäß EBV (2021)	Arsen- konzentration [µg/l]	Einstufung gemäß EBV (2021)
DolWin4 HDD3 (Pilot) – MP 4	23	BM-F2	13	BM-F1
DolWin4 HDD3 (Einzug) – MP 1	18	BM-F1	5,4	BM-F0
BorWin4 HDD3 (Pilot) – MP 4	22	BM-F2	7	BM-F0
BorWin4 HDD3 (Einzug) – MP 2	23	BM-F2	9,1	BM-F0*
DolWin4 HDD4 (Pilot) – MP 3	12	BM-F0*	5,9	BM-F0
DolWin4 HDD4 (Einzug) – MP 1	18	BM-F1	6,5	BM-F0
BorWin4 HDD4 (Einzug) – MP 1	24	BM-F2	7	BM-F0

Tabelle 5: Vergleich der Materialeinstufung gemäß Ersatzbaustoffverordnung in Abhängigkeit vom verwendeten Eluationsverfahren (DIN 19529 Schüttelleuatverfahren und DIN 19528 ausführlicher Säulenversuch).

grunde gelegten Bewertungsmaßstäben sowie den eingesetzten Eluationsverfahren beeinflusst wird. Mit Inkrafttreten der EBV zum 1. August 2023 erfolgt die Bewertung mineralischer Ersatzbaustoffe bundesweit nach einheitlichen Materialwerten und Materialklassen. Da die Zuordnung der Materialien im Wesentlichen auf den Ergebnissen der Eluatuntersuchungen basiert, können unterschiedliche Eluationsverfahren zu abweichenden Materialeinstufungen und damit zu unterschiedlichen Verwertungsoptionen führen.

Unabhängig von der jeweiligen Materialklassifizierung besitzt das untersuchte Bohrklein aufgrund seiner Materialeigenschaften grundsätzlich Potenzial für eine standortnahe oder regionale Verwertung. Insbesondere im Küstenraum bestehen vielfältige Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise im Rahmen von Küstenschutzmaßnahmen, Strandaufspülungen, Dünenverstärkungen oder weiteren bautechnischen Anwendungen mit vergleichbaren Sedimenten (Tab. 6). Ein entsprechender Einsatz könnte dazu beitragen, natürliche Rohstoffressourcen zu schonen und den Bedarf an extern zugeführten Materialien zu reduzieren [4].

Darüber hinaus erscheint ein Einsatz des Materials im Zuge des Rückbaus temporärer Baustelleneinrichtungsflächen sowie im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen grundsätzlich möglich. Insbesondere bei großflächigen Infrastrukturprojekten entstehen während der Bauphase temporär genutzte Arbeits-, Lager- und Montageflächen, die nach Abschluss der Bauarbeiten zurückgebaut und rekultiviert werden müssen. Sofern die standörtlichen und bodenschutzrechtlichen Anforderungen erfüllt werden, könnte das anfallende Bohrklein zur Wiederherstellung bodenähnlicher Substrate und zur Geländeprofilierung eingesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine standortbezogene Prüfung unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften, der vorgesehenen Folgenutzung sowie der Anforderungen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und der EBV.

6. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass das bei HDD-Bohrungen anfallende Bohrklein nicht pauschal als Abfall eingestuft werden sollte. Vielmehr handelt es sich überwiegend um natürliches Bodenmaterial, dessen bodenchemische, bodenbiologische und bodenmechanische Eigenschaften weitgehend mit den natürlichen Küstensedimenten der Ostfriesischen Inseln vergleichbar sind. Aus fachlicher Sicht bestehen daher grundsätzlich Potenziale für eine stoffliche Verwertung des Materials. Die Untersuchungen verdeutlichen zugleich, dass die Verwertbarkeit nicht allein durch die Materialeigenschaften bestimmt wird, sondern in erheblichem Maße von den angewendeten Untersuchungs- und Bewertungsverfahren abhängt.

Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Parameters Arsen. Während die Feststoffanalysen keine Hinweise auf eine erhöhte Belastung des Materials ergaben, führten unterschiedliche Eluationsverfahren zu deutlich abweichenden Arsenkonzentrationen im Eluat. Die Ergebnisse zeigen, dass identische Materialien in Abhängigkeit vom verwendeten Prüfverfahren unterschiedlichen Materialklassen gemäß EBV zugeordnet werden können. Damit kann die Wahl des Eluationsverfahrens einen wesentlichen Einfluss auf die Verwertungsmöglichkeiten besitzen.

Mit Inkrafttreten der EBV zum 1. August 2023 wurden bundeseinheitliche Anforderungen an die Bewertung mineralischer Ersatzbaustoffe eingeführt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung verdeutlichen jedoch, dass die Umstellung der Eluationsverfahren zu veränderten Bewertungsgrundlagen führt und insbesondere bei natürlichen Bodenmaterialien zu abweichenden Einstufungen führen kann. Für Vorhabenträger, Gutachter und Vollzugsbehörden ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, Eluatdaten nicht isoliert zu betrachten, sondern stets unter Berücksichtigung des eingesetzten Prüfverfahrens sowie des stand-

Verwertungsweg	Verwertungsoption	Grundsätzlich möglich	Maßgebliches Regelwerk
Bodenbezogene Verwertung	Rekultivierung Baustelleneinrichtungsflächen	Ja	§§ 6 – 8 BBodSchV
	Verbesserung der Bodenstruktur (z. B. lehmige oder tonige Böden)	Ja	§§ 6 – 8 BBodSchV, LABO (2023)
	Strandaufspülungen	Ja	WHG, BNatSchG, landesspezifische Küstenschutzregelungen
	Dünenverstärkung	Ja	BBodSchV, BNatSchG, Küstenschutzrecht
	Küstenschutzmaßnahmen	Ja	WHG, Küstenschutzrecht, Genehmigungsrecht, LAGA M20
Technische Verwertung	Einsatz als mineralischer Ersatzbaustoff	Ja*	Ersatzbaustoffverordnung (EBV)
Beseitigung	Deponierung	Nein**	KrWG, DepV, LAGA M20

Tabelle 6: Potenzielle Verwertungsoptionen für HDD-Bohrklein

* Grundsätzlich möglich, sofern die Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung sowie die material- und standortspezifischen Voraussetzungen erfüllt sind.
** Eine Deponierung sollte nur erfolgen, wenn eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung im Einzelfall nicht möglich oder rechtlich unzulässig ist.

örtlichen und geologischen Hintergrunds zu interpretieren.

Vor dem Hintergrund des weiteren Ausbaus der Offshore-Windenergie sowie des zunehmenden Einsatzes geschlossener Bauverfahren ist künftig mit steigenden Mengen an HDD-Bohrklein zu rechnen. Gleichzeitig gewinnen die Schonung natürlicher Ressourcen und die Etablierung regionaler Stoffkreisläufe zunehmend an Bedeutung. Die frühzeitige Prüfung möglicher Verwertungsoptionen bereits in der Planungsphase von Infrastrukturprojekten kann dazu beitragen, Transportaufwendungen zu reduzieren und die nachhaltige Nutzung geeigneter Bodenmaterialien zu fördern.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen insgesamt, dass eine differenzierte und standortbezogene Bewertung von HDD-Bohrklein erforderlich ist. Unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften, der geltenden rechtlichen Anforderungen und der jeweiligen Einbausituation kann das Material einen Beitrag zu einer ressourcenschonenden Materialbewirtschaftung im Rahmen zukünftiger Infrastrukturprojekte leisten.

7. Fazit

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass das bei Horizontalspülbohrungen anfallende Bohrklein grundsätzlich als natürliches Bodenmaterial anzusehen ist und – bei geeigneten Materialeigenschaften – ein erhebliches Potenzial für eine stoffliche Verwertung besitzt. Mit dem weiteren Ausbau der Offshore-Windenergie sowie der zunehmenden Anwendung von HDD-Verfahren im Leitungsbau unter Straßen, Bahntrassen und Gewässern werden künftig

bundesweit erhebliche Mengen vergleichbarer Bodenmaterialien anfallen. Vor diesem Hintergrund sollte die Verwertung dieses Stoffstroms bereits frühzeitig in die Planung entsprechender Bauvorhaben einbezogen werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass für geeignetes Bohrklein vielfältige Verwertungsmöglichkeiten bestehen. Unter Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten und der Anforderungen der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung können bodenbezogene Verwertungsmaßnahmen nach §§ 6 bis 8 BBodSchV umgesetzt werden. Für Materialien der Klasse BM-0 beziehungsweise BM-0* eröffnet die novellierte BBodSchV zusätzliche Einsatzmöglichkeiten zur Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen. Die LABO-Vollzugshilfe (2023) empfiehlt ausdrücklich, geeignetes Bodenmaterial vorrangig für bodenbezogene Verwertungsmaßnahmen einzusetzen. Hierzu zählen beispielsweise die Verbesserung der Bodenstruktur stark lehmiger oder toniger Böden durch die Beimischung sandiger Bohrkleine. Darüber hinaus kann – abhängig von ihrer Zusammensetzung und den standörtlichen Voraussetzungen – auch die bei Horizontalspülbohrungen eingesetzte Bohrspülung zur Verbesserung der Bodenwasserverfügbarkeit beitragen, indem sie auf geeigneten sandgeprägten Standorten die nutzbare Feldkapazität erhöht. Ebenso kommen der Rückbau temporärer Baustelleneinrichtungsflächen und deren Rekultivierung als potenzielle Einsatzbereiche in Betracht.

Gleichzeitig zeigt die Untersuchung, dass die Verwertbarkeit von HDD-Bohrklein stets im Rahmen einer standortbezogenen Einzelfallprüfung zu bewer-

Verwertung von Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen

ten ist. Neben den Materialeigenschaften sind insbesondere die vorgesehene Nutzung, die örtlichen Gegebenheiten sowie die geltenden bodenschutz- und abfallrechtlichen Anforderungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse, dass die Einführung der EBV und die damit verbundene Umstellung der Eluationsverfahren einen wesentlichen Einfluss auf die Bewertung des Parameters Arsen und damit auf die Materialeinstufung haben können. Die Interpretation von Eluatwerten sollte daher stets unter Berücksichtigung des eingesetzten Prüfverfahrens sowie der Materialgenese erfolgen.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass Bohrklein aus Horizontalspülbohrungen nicht ausschließlich als zu entsorgendes Material betrachtet werden sollte. Vielmehr stellt es einen wertvollen mineralischen Stoffstrom dar, der bei fachgerechter Bewertung und standortbezogener Verwertung einen wichtigen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten kann. Eine möglichst ortsnahe Wiederverwertung schont Primärrohstoffe, reduziert Transportaufwendungen und Treibhausgasemissionen und stärkt regionale Stoffkreisläufe. Am Beispiel der Ostfriesischen Inseln wird darüber hinaus deutlich, dass geeignete Bohrkleine Potenziale für Küstenschutzmaßnahmen, Rekultivierungsmaßnahmen und weitere bodenbezogene Anwendungen besitzen und damit einen Beitrag zum Boden-, Küsten- und Klimaschutz sowie zum langfristigen Erhalt touristisch geprägter Landschaftsräume leisten können.

Literaturverzeichnis

- [1] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hg.) (2022): Klimaschutzgesetz – Generationsvertrag für das Klima. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutz-gesetz-2021-1913672?view=renderNewsletterHtml> [14.06.2025].
- [2] Windenergie-auf-See-Gesetz vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258, 2310), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 29. März 2026 (BGBl. 2026 I Nr. 84) geändert worden ist.
- [3] Ampriion Offshore GmbH (AOS) (o. J.): Bohrungen für die Energiewende – Wie Ampriion Stromkabel unter Norderney verlegt. https://offshore.ampriion.net/Mediathek/Neue-Microsite/AMP_Offshore-Broschuere_HDD-Bohrungen_215x300_RZ_web.pdf [05.04.2025].
- [4] Kemper, S. C. (2026): Bau von Offshore-Windparks – Verwertung von Bodenmaterial aus horizontalen Spülbohrungen auf den ostfriesischen Inseln – dargestellt am Fallbeispiel Norderney, Promotion an der Universität Osnabrück, <https://doi.org/10.48693/898>
- [5] Bayer, H. J. (Hg.) (2005): HDD-Praxis-Handbuch, 2. Aufl., Essen.

English Summary

Large quantities of drill cuttings are generated during HDD installations for offshore wind energy projects. Investigations on Norderney indicate a general reuse potential of the material. However, different leaching procedures may significantly affect contaminant release and assessment based on the German Substitute Building Materials Ordinance, thereby substantially influencing practical reuse options as the example of arsenic reveals.

Schlüsselwörter: Bohrklein, Energiewende, Offshore-Windenergie, Horizontale Spülbohrung, Inselquerung, Arsen im Eluat; Eluation, EBV

Autorenschaft

Dr. rer. nat. Stefanie Kemper

Durch BvB zert. Bodenkundliche Baubegleitung, seit 2020 Projektleitung für Altlasten und Bodenschutz bei der GeoExperts GmbH
GEOEXPERTS GmbH
Zum Nubbental 14a
44227 Dortmund
kemper@geoexperts.de

Prof. Dr. Helmut Meuser

Professur für Bodenschutz und Bodensanierung Hochschule Osnabrück 1997-2023, Prüfer im BBB-Zertifizierungskurs Uni Osnabrück/BvB
Sofie-Hammer-Str. 75C
49090 Osnabrück