

Dr. Bernd Susset - Galgenbergstraße 70 - 72072 Tübingen

Forum mineralische Rohstoffe

Wiedner Hauptstraße 63

1045 Wien

60486 Frankfurt am Main

Gutachterbüro Dr. Bernd Susset

Galgenbergstr. 70

72072 Tübingen

phone: +497071- 97 55 991

fax: +497071- 97 55 992

b.susset-siwap@t-online.de

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom
Bestellung per Mail vom 21.07.2020

Unser Zeichen

SuForumMiRo_01_2020

Datum

18. Dezember 2021

“Einordnung der Umweltqualität von Elektroofenschlacken aus Österreich auf der Basis allgemein verfügbarer Daten- und Informationsgrundlagen und Bewertung ihrer Umweltauswirkungen in verschiedenen Einbauweisen unter Berücksichtigung des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes nach dem Grenzwertableitungskonzept des Umweltbundesamtes für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland“

**Ausführlicher Schlussbericht
Dezember 2021**

Gegenstand: Verwertbarkeit und Umweltkompatibilität von Elektroofenschlacken

Vorgang: Einordnung der Umweltqualität nach deutschen Normen und Methoden; medienschutzbasierte Beurteilung für den Pfad Boden-Grundwasser nach dem Fachkonzept des deutschen Umweltbundesamtes für die Ersatzbaustoffverordnung

Sparkasse Hohenlohekreis

BLZ: 62251550

Konto Nr.: 121178

Int.Bank Account Number (IBAN):

DE87 6225 1550 0000 1211 78

SWIFT-BIC.: SOLADES1KUN

USt-IdNr.: DE257455250

Finanzamt: Düsseldorf-Süd 5106

Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary.....	9
2	Zusammenfassung	14
2.1	Hintergrund, Zielsetzung und Beurteilungsgrundlage	14
2.2	Wesentliche Fragestellungen	15
2.3	Vorgehensweise	16
2.4	Ergebnisse.....	16
3	Veranlassung und Zielsetzung	28
4	Grundlagen der Begutachtung, Voraussetzungen.....	30
4.1	Grundlagen der Begutachtung	30
4.2	Voraussetzungen	30
4.3	Arbeitsgrundlagen Deutschland	31
4.4	Arbeitsgrundlagen Österreich	34
5	Fragestellungen und Arbeitspakete.....	36
6	Rechtliche Grundlagen zur Einstufung der Umweltverträglichkeit von Stahlwerksschlacken in Österreich und Deutschland	39
6.1	Rechtliche Grundlagen in Österreich und Deutschland zur abfallrechtlichen Einstufung der Stahlwerksschlacken (EOS, LDS) als Nebenprodukt (AP-1).....	39
6.1.1	Abfallrechtliche Grundlagen in Deutschland	39
6.1.2	Abfallrechtliche Grundlagen in Österreich.....	39
6.1.3	Vergleich der abfallrechtlichen Anforderungen zum Nebenproduktstatus in Deutschland und Österreich	40
6.2	Rechtliche Grundlagen in Österreich und Deutschland zur wasser- und bodenschutzrechtlichen Beurteilung der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen wie der EOS (AP-2).....	41
6.2.1	Wasser- und bodenschutzrechtliche Grundlagen in Deutschland.....	41
6.2.2	Wasserrechtliche Grundlagen in Österreich	47
6.2.3	Vergleich der wasser- und bodenschutzrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (hier: EOS) in Deutschland und Österreich.....	48

6.3	Bestehende und in Kraft tretende Regelungen in Deutschland zum Einsatz von EOS (SWS) als mineralischer Ersatzbaustoff in technischen Bauwerken (AP-2)	49
6.3.1	Regelungen zur Verwertung von Stahlwerksschlacken in Deutschland	49
6.3.2	Regelungen zur Verwertung von Stahlwerksschlacken in Österreich	56
6.3.3	Vergleich der Regelungen zur Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (hier: EOS) in Deutschland und Österreich	58
6.4	Vergleich der materiellen Anforderungen in Deutschland und Österreich (AP-3) ...	59
6.4.1	Grundwasserswellenwerte.....	59
6.4.2	Grenzwerte für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen	61
7	Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten nach der Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik (AP-4)	68
7.1	EU-Bauproduktenverordnung	68
7.1.1	Allgemeine Zielsetzung der EU-Bauproduktenverordnung	68
7.1.2	Umweltanforderungen nach EU-BauPV im Besonderen - Grundanforderung Nr.3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ und Grundanforderung Nr.7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“	69
7.1.3	Mandat zur Entwicklung europäisch harmonisierter Prüfmethode unter der EU-BauPV	70
7.1.4	Mandate zur Umsetzung von BR 3 in europäisch harmonisierte Produktnormen	71
7.2	Aktueller Stand der Normungsarbeiten für die Umweltdeklaration unter der EU-BauPV	72
7.3	Aktuelle Pläne zur Umsetzung der Umweltdeklaration in Normen.....	73
7.4	Aktuelle Position der Kommission zum Stand der Umsetzung der Deklaration umweltrelevanter Merkmale in harmonisierten Produktnormen.....	76
7.5	Mögliche Auswirkungen auf die Regulierung in Deutschland und Österreich	77
7.5.1	Übernahme von EU-Prüfmethode in die Regelwerke der Mitgliedstaaten.....	77

7.5.2	Potenziell abweichende Messergebnisse nach EU-Elutionsmethoden oder nationalen Prüfnormen wie DIN- oder ÖNORM-Verfahren – Bedeutung für die Regulierung in Deutschland und Österreich.....	78
7.5.3	Aktueller Wissensstand zu potenziell abweichenden Messergebnissen nach EU-Elutionsmethoden bzw. nationalen Prüfnorm	82
7.6	Zusammenfassung.....	84
7.6.1	Stand der Umsetzung EU BauPV in den Mitgliedsstaaten.....	84
7.6.2	Bedeutung für die gegenständliche Fragestellung	85
8	Grundlagen der antizipierenden Sickerwasserprognose nach UBA-Grenzwertableitungskonzept für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland (AP-5).....	88
8.1	Vorgezogene antizipierende Sickerwasserprognose.....	88
8.2	Quellterm in der antizipierenden Sickerwasserprognose.....	91
8.2.1	Geeignete Laborverfahren	91
8.2.2	Stofffreisetzungprozesse und Schematisierung des Quellterms.....	92
8.3	Transportterm in der antizipierenden Sickerwasserprognose.....	95
8.4	Systematik der Ableitung von medienschutzbasierten Einbauwerten und Umsetzung in BEMEB.....	100
8.5	Parametrisierung der Modelle für die Standardbewertungen der Einbauweisen nach Ersatzbaustoffverordnung.....	101
8.5.1	Niederschlag (N) analog zu EBV-Standardbewertung.....	101
8.5.2	Evaporation, Abfluss, Nettoinfiltration, mittlere Sickerwasserraten	101
8.5.3	Mittlere Sickerwasserrate durch den Untergrund am Beispiel von Bauweisen unter Pflasterdecke analog zu EBV-Standardbewertung „Bauweisen unter Pflasterdecken“.....	102
8.5.4	Transportprognose für retardierbare und/oder abbaubare Substanzen für 2 Unterbodenkonstellationen analog EBV-Standardbewertungen „günstig Sand bzw. günstig Lehm/Schluff/Ton“ – Anreicherungs- und Durchbruchskriterien für relevante Stoffe von Stahlwerksschlacken	102
8.5.5	Quelltermprognose für die Auswaschung von Fluorid aus Stahlwerksschlacken	107

8.5.6	Verdünnungs- und Mittelungseffekte bei teildurchströmten Einbauweisen in technischen Bauwerken und mittlere Sickerwasserrate an der Bauwerkunterkante ...	108
8.5.7	Zusammenfassung der bauwerksspezifischen Eingangsgrößen für die nachfolgende medienenschutzbasierte Beurteilung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauweisen des Straßen-, Wege- und Erdbaus	112
8.6	Medienenschutzbasierte Einbauwerte für relevante Stoffe von Stahlwerksschlacken	117
8.7	Allgemeine Systematik der Herleitung von Materialwerten und der Materialklassifizierung.....	121
8.7.1	Zielsetzung der Materialklassifizierung.....	121
8.7.2	Systematik der Ableitung von Materialwerten in WF 2- Eluaten	122
8.7.3	Datengrundlagen.....	123
8.7.4	Bewertung der Einhaltung von Materialwerten.....	123
9	Einordnung der Umweltqualitäten von SWS.....	125
9.1	Materialqualität von SWS in Deutschland nach UBA-Fachkonzept und Ersatzbaustoffverordnung gemäß Bundesratsbeschluss (AP-6)	125
9.1.1	Datengrundlagen für das WF 2-Eluat.....	125
9.1.2	Statistische Auswertung der Eluatkonzentrationen zur Bestimmung regelungsrelevanter Parameter.....	125
9.1.3	Materialwerte im WF 2-Eluat für die Materialklassifizierung von Stahlwerksschlacken (SWS)	127
9.1.4	Folgenabschätzung für die Verwertung von Stahlwerksschlacken in Deutschland	129
9.2	Materialqualität von SWS bzw. EOS in Österreich (AP-7)	130
9.2.1	Öffentlich verfügbare Datengrundlagen zu EOS in Österreich in WF 10- und WF 2-Eluaten	130
9.2.2	Recherche und Ableitung von Umrechnungsfaktoren zwischen WF 10- und WF 2- Eluaten für regelungsrelevante Stoffe in Eluaten von Stahlwerksschlacken	133
9.2.3	Zuordnung der EOS in Österreich zu Materialklassen nach ErsatzbaustoffV in Deutschland	146

10	Umweltbewertung von EOS - zulässige Einsatzweisen der EOS der Marienhütte bei Anwendung der deutschen Bewertungsmaßstäbe sowie zu erwartende Auswirkungen bei freier Verwendung der EOS (AP-7).....	149
10.1	Zulässige Einbaumöglichkeiten von EOS in Deutschland nach dem aus dem deutschen Boden- und Grundwasser abgeleiteten medienschutzbasierten Einbaukonzept.....	149
10.2	Zulässige Einbaumöglichkeiten von EOS der Marienhütte nach dem aus dem deutschen Boden- und Grundwasser abgeleiteten medienschutzbasierten Einbaukonzept	149
10.3	Zu erwartende Umweltwirkungen (Boden/Grundwasser) bei umweltoffenem Einsatz von EOS der Marienhütte	151
10.3.1	Modellierung mit BEMEB	152
11	Quellen	160
12	Gutachterbüro Dr. Susset.....	164
13	Anhang	168
13.1	Erläuterung wichtiger Begriffe	168
13.2	Regelungsinhalt, parlamentarisches Verfahren und umgesetzte Maßgaben des Bundesratsbeschlusses der MantelV in Deutschland	173
13.2.1	Regelungsinhalt der Mantelverordnung.....	173
13.2.2	Parlamentarisches Verfahren der Mantelverordnung.....	174
13.2.3	Relevante Änderungen nach Bundesratsbeschluss der Mantelverordnung und Bedeutung für die hiesige gutachterliche Fragestellung	176
13.3	Standardbewertung der Umweltkompatibilität von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauweisen nach Ersatzbaustoffverordnung	179
13.3.1	Allgemeine Festlegungen und Konventionen für die Standardbewertung	179
13.3.2	Teilschritte der Standardbewertung mit BEMEB	181

Abkürzungsverzeichnis

AWG	Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (Österreich)
BauPV	Bauproduktenverordnung (EU)
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BRD)
BEMEB	Beurteilung des Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe, ein Softwaretool
BM	Bezugsmaßstab (im Sickerwasser unbelasteter Böden vorkommende Stoffkonzentration, die höher ist als der jeweilige Geringfügigkeitsschwellenwert GFS)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BRD)
BR	Bundesrat (BRD)
BÜK	Bodenübersichtskarte (BRD)
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung))
DEV	Deutsche Einheitsverfahren der Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung
DIN	Deutsches Institut für Normung
EBV	Ersatzbaustoffverordnung (Artikel 1 der Mantelverordnung, BRD)
EN	Europäische Norm
EOS	Elektroofenschlacke
FeHs	Institut für Baustoff-Forschung eingetragener Verein (e.V.)
FK	Filterkapazität
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert (von der LAWA festgelegte Kriterien für die Beurteilung der Erheblichkeit stofflicher Einwirkungen auf das Medium Grundwasser)
KOM	Europäische Kommission
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz (BRD)
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (BRD)
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (BRD)
LDS	LD-Schlacke
ME	Medienschutzbasierter Einbauwert
MEB	Mineralischer Ersatzbaustoff

OdB	Ort der Beurteilung
ÖNORM	österreichische Norm
QZV	Qualitätszielverordnungen Chemie Grundwasser und Chemie Oberflächengewässer (Österreich)
RBV	Recycling-Baustoffverordnung (Österreich)
SWS	Stahlwerksschlacke
TC	Technisches Komitee (bei CEN auf Grundlage eines Mandats der Kommission eingeschichtete Arbeitsgruppe)
TS	Technische Spezifikation (eine von CEN erarbeitete normative Regelung im Rang einer Vornorm)
UBA	Umweltbundesamt
UK	Unterkante (eines Bauwerks)
WF	Wasser-/Feststoff-Verhältnis
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (BRD)
WRG	Wasserrechtsgesetz 1959 (Österreich)

1 Executive Summary

Der einzige Produzent von „Elektroofenschlacke (EOS)“¹ in Österreich ist die Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH (kurz: Marienhütte) im Bundesland Steiermark. Der Bürgermeister der Stadt Graz als (damals) zuständige Abfallbehörde hat mit Bescheid vom 05.10.2017 festgestellt, dass die EOS der Marienhütte bei Verwendung im Ingenieur- und Straßenbau als Nebenprodukt zu klassifizieren ist. Nach zwischenzeitlicher Abänderung dieser Feststellung durch das Umweltministerium (EOS ist Abfall) und Beschwerde gegen den Bescheid durch die Marienhütte GmbH (EOS ist Nebenprodukt) kam das Landesverwaltungsgericht Steiermark im Bescheid vom 30.8.2018 zu dem Ergebnis, „*dass die Elektroofenschlacken aus der Produktion der Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH kein Abfall ist*“. Eine Amtsrevision des Umweltministeriums gegen das Erkenntnis wurde mit Beschluss des Verwaltungsgerichtshofs vom 27.11.2019 zurückgewiesen, womit davon auszugehen ist, dass die EOS der Marienhütte in Österreich generell Produktstatus hat.

Weder der Leistungserklärung der Marienhütte noch der Produktfeststellung durch die Abfallbehörde sind Einschränkungen der Verwendung der EOS, etwa die Beschränkung auf den Einsatz im Straßenbau unter wasserundurchlässiger Deckschicht, zu entnehmen, sodass die EOS der Marienhütte in beliebigen, auch wasserwirtschaftlich sensiblen, Anwendungen „umweltoffen“ eingesetzt werden kann.

In anderen Ländern mit vergleichbaren Umweltstandards bestehen weitgehende Einschränkungen der Verwendung von EOS auf bestimmte „technische Bauwerke“ und „Einbauweisen“ aus dem Gesichtspunkt des Boden- und Grundwasserschutzes, z.B. in der Schweiz (Verwendung nur unter wasserundurchlässiger Deckschicht, Mindestabstand von 2 Meter zum höchsten zu erwartenden Grundwasserspiegel) oder in Bayern (Einbau nur mit technischen Sicherungsmaßnahmen, mit denen eine Durchsickerung dauerhaft verhindert wird). Nach der Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland ist in der Regel die Verwendung von EOS auf geschlossene, technisch gesicherte oder höchstens teildurchströmte Einbauweisen beschränkt.

Das Forum mineralische Rohstoffe (kurz: FmR) wandte sich deshalb an das Gutachterbüro Dr. Susset mit der Fragestellung, ob der in Österreich nunmehr offensichtlich mögliche „umweltoffene“ Einsatz von EOS der Marienhütte nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik tatsächlich in allen Fällen als umweltverträglich zu beurteilen ist bzw. ob zum Schutz von Wasser und Boden nicht Einsatzbeschränkungen erforderlich wären. Weiterhin

¹ Die in Anführungszeichen gesetzten Begriffe werden im Anhang erläutert.

wurde die Frage gestellt, ob die im Auftrag der Marienhütte erstellten und veröffentlichten Untersuchungen für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit ausreichend sind.

Diesen Fragen ist das Gutachterbüro Dr. Susset unter Anwendung des in der Bundesrepublik Deutschland im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) entwickelten Verfahrens der antizipierenden Sickerwasserprognose nachgegangen. Dieses so genannte UBA-Fachkonzept, stellt die fachliche Grundlage der bei der Kommission notifizierten, am 16. Juli 2021 im Deutschen Bundesgesetzblatt verkündeten und am 01. August 2023 in Kraft tretenden Ersatzbaustoffverordnung (EBV, Artikel 1 der so genannten Mantelverordnung) dar. Das Fachkonzept des Umweltbundesamtes ist umfassend geprüft, in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht und durch den Deutschen Bundesrat, Bundestag und die deutsche Bundesregierung als Grundlage für die Mantelverordnung beschlossen worden. Es repräsentiert damit aus gutachterlicher Sicht den Stand von Wissenschaft und Technik zur Ermittlung der Auswirkungen des Einsatzes von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken auf Boden und Grundwasser. Das UBA-Fachkonzept kann zur Beurteilung der vom FmR aufgeworfenen Fragestellungen unter der Voraussetzung angewendet werden, dass die nationalen Umweltstandards in Österreich nicht wesentlich von denen in Deutschland abweichen.

Das Verfahren der Sickerwasserprognose beurteilt die Schadstofffreisetzung aus mineralischen Ersatzbaustoffen anhand der Ergebnisse von Elutionsversuchen, die durch das Deutsche Institut für Normung (DIN) genormt und validiert wurden (Säulen- oder Schüttelversuche nach DIN 19528 bzw. DIN 19529). Diese basieren auf einem niedrigen „Wasser-/Feststoff-Verhältnis“ von 2 Liter/Kilogramm (*WF* 2 in L/kg) statt bisher 10 Liter/Kilogramm (*WF* 10 in L/kg), weil nur damit die zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser analytisch sicher, realitätsnah und in regelungsrelevanten Beurteilungszeiträumen bestimmt werden können. Ein *WF* 2 stellt sich bei gängigen „Einbauweisen“ je nach Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis ca. 4 Meter mittelfristig, also innerhalb bewertungsrelevanter Zeiträume von einigen Jahren bis wenigen Jahrzehnten im Sickerwasser an der Unterkante des Materials ein. Diese sind für den bundesdeutschen Gesetzgeber für die „medienschutzbasierte Beurteilung“ relevant. *WF* 10 repräsentiert dagegen Konzentrationen, die sich erst langfristig nach Jahrzehnten bis zu Jahrhunderten einstellen. Aus fachlicher Sicht können Konzentrationen im Eluat bei *WF* 10 stark verdünnt sein und im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter liegen. Auf Grund der hohen analytischen Fehler in diesem Konzentrationsbereich kann die Ergebnisunsicherheit außerdem zu Fehlinterpretationen führen. Ein direkter Vergleich von Grenzwerten im *WF* 2-Eluat, wie zum Beispiel die Materialwerte nach EBV in Deutschland, mit

Grenzwerten im *WF* 10-Eluat, wie sie bisher in Österreich vorgegeben sind, ist deshalb nicht zulässig.

Da (mit ganz wenigen Ausnahmen) für die EOS der Marienhütte öffentlich zugängliche statistische Kennwerte zur Eluatbeschaffenheit nur für *WF* 10-Eluate vorliegen, mussten deshalb zuerst robuste Umrechnungsfaktoren auf die, für die Beurteilung nach dem deutschen UBA-Fachkonzept, maßgeblichen *WF* 2-Eluate abgeleitet werden. Dies ist auf der Grundlage umfassender Recherchen und statistischer Auswertungen internationaler Datenbanken für die maßgeblichen Beurteilungsparameter der „Materialqualität“ von EOS (Chrom, (ges.), Molybdän, Vanadium und Fluorid) gelungen. Die dadurch mögliche Zuordnung zu den „Materialklassen“ der mineralischen Ersatzbaustoffe (MEB) in den so genannten „Materialwertetabellen“ der EBV ergab, dass unter günstigsten Annahmen (eher günstige Umrechnungsfaktoren) selbst vergleichsweise gering belastete Chargen der EOS der Marienhütte (eher günstige Qualitäten der langjährigen Güteüberwachung, die nur im Mittelwert erreicht werden) die Materialklasse SWS-1 nach EBV in der Regel nicht erreichen. Ungünstigere Qualitäten der EOS müssten selbst bei einer „Best-Case“-Schätzung aufgrund erhöhter Konzentrationen von Fluorid, Molybdän und Vanadium der Materialklasse SWS-2 nach EBV zugeordnet werden. Im Falle einer konservativen Abschätzung (eher ungünstige Umrechnungsfaktoren) resultiert auch bei günstigen Qualitäten immer eine Zuordnung zu SWS-2 nach EBV. Ungünstige Qualitäten müssten bei konservativer Schätzung aufgrund hoher Fluoridwerte nach der EBV in Verbindung mit der deutschen Deponieverordnung sogar deponiert werden. In der Konsequenz kann mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die EOS der Marienhütte nach der deutschen EBV nur in wasserwirtschaftlich wenig sensiblen Anwendungsformen (Einsatz unter nicht wasserdurchlässiger Deckschicht und in nur teildurchströmten technischen Bauwerken sowie in der Regel nur bei günstigen Untergrundbedingungen und hohen Grundwasserabständen von mehr als 1,5 Meter) eingesetzt werden dürfte.

Die zu erwartenden Auswirkungen bei „umweltoffenem“ Einsatz, wie er derzeit in Österreich offensichtlich zulässig ist, wurden durch Modellierungen mit dem im Rahmen des Projekts „Sickerwasserprognose“ entwickelten Modell „BEMEB“ ermittelt. Nach dem UBA-Fachkonzept wird für die medienenschutzbasierte Beurteilung eine nachhaltige Rückhaltung von mindestens 200 Jahren (Beurteilungszeitraum) und zugleich eine Begrenzung der „Anreicherung im Boden“ durch Berücksichtigung der so genannten „Filterkapazität“ verschiedener „Bodenkategorien“ gefordert, so dass am „Ort der Beurteilung“ die GFS nachhaltig eingehalten werden kann. Anderenfalls dürfen Rückhalteprozesse bei der medienenschutzbasierten Beurteilung nicht angerechnet werden. In diesem Fall ist der Einsatz des mineralischen Ersatzbaustoffes nur dann zulässig, wenn im *WF* 2 - Eluat die

„Geringfügigkeitsschwellenwerte“ bzw. „Bezugsmaßstäbe“ multipliziert mit dem „Verhältnismäßigkeitsfaktor“ von 1,5 direkt eingehalten werden.

Hier wurde auf der Grundlage der oben beschriebenen Umrechnung und Zuordnung der EOS der Marienhütte zu den Materialklassen der EBV und der medienenschutzbasierten Beurteilung mit dem Datenbank-basierten Softwaretool BEMEB² für den Stoff Vanadium gezeigt, dass selbst bei günstiger Qualität der EOS bereits nach rund 30 Jahren ein Durchbruch von relevanten Konzentrationen (Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte) in das Grundwasser zu erwarten ist. Bei weniger günstigen Annahmen kommt es für Vanadium schon nach wenigen Jahren und für Molybdän nach 60 bis 100 Jahren zur Gefahr einer schädlichen Veränderung von Boden und Grundwasser i.S. des deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes. Da Fluorid weder systematisch abklingt noch im Untergrund nachhaltig zurückgehalten wird, muss nach den deutschen Bewertungsmaßstäben bei umweltoffenem Einsatz von EOS der Geringfügigkeitsschwellenwert von Fluorid multipliziert mit dem Verhältnismäßigkeitsfaktor von 1,5 im *WF 2-Eluat* direkt eingehalten werden. Dies ist nach verfügbarer Datenlage nur für einzelne besonders günstige Chargen der EOS der Marienhütte der Fall. Nur für Chrom (ges.) wären alle Anforderungen einhaltbar.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass in Deutschland die Rückhaltfähigkeit des unmittelbar anstehenden Bodens und der Grundwasserabstand eine wichtige Rolle für die Zulässigkeit des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen wie der EOS spielt. In Österreich wird dagegen bei der EOS offensichtlich keine Differenzierung vorgenommen, was aus umweltfachlicher Sicht nicht nachvollziehbar ist.

Da im Rahmen der Begutachtung gezeigt werden konnte, dass trotz vieler Unterschiede im Detail die Vorgaben für den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz in Österreich und Deutschland vergleichbar sind, kann der obige Befund aus fachlicher Sicht uneingeschränkt auch auf Österreich übertragen werden. Wie ein Vergleich der Regelungen der EBV in Deutschland mit den Regelungen der Recycling-Baustoffverordnung in Österreich (RBV) zeigt, könnte man hinsichtlich vorsorgendem Boden- und Grundwasserschutz für Österreich sogar „strengere“ Maßstäbe argumentieren: Nach der RBV sind Stahlwerksschlacken in Österreich ausschließlich als Asphaltmischgut, also in der gebundenen Decke, zulässig. Sie sind damit deutlich strenger bewertet als Stahlwerksschlacken nach der EBV in Deutschland, die bei hydrogeologisch günstigen Voraussetzungen in teildurchströmten Einbauweisen noch zulässig sind. Elektroofenschlacken sind in Österreich gänzlich aus der RBV ausgenommen, nach der

² Software zur „Beurteilung des Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe“. Die Software soll allen Akteuren aus Verwaltung und Wirtschaft einen einfachen Zugang zur Ableitungssystematik der EBV ermöglichen.

EBV steht ein gewisser Einsatzbereich offen. Darüber hinaus erscheint aus gutachterlicher Sicht unstrittig, dass sich die zu schützende Umwelt in Österreich nicht wesentlich von jener in Deutschland unterscheidet und das Grundwasser in beiden Ländern eine wesentliche Ressource darstellt, welche über Jahrhunderte genutzt wird. Ein nachhaltiger Boden- und Grundwasserschutz sollte das Ziel jeder Gesellschaft, unabhängig von Ländergrenzen oder aktueller Rechtslage, sein.

In der Konsequenz lässt sich die medienschutzbasierte Beurteilung wie folgt zusammenfassen: **Der uneingeschränkte, umweltoffene Einsatz von EOS der Marienhütte sowohl günstiger und ungünstiger Qualität erscheint auf Basis der öffentlich verfügbaren Daten zur Schadstofffreisetzung, deren Umrechnung und Zuordnung zu den Materialklassen nach EBV auf der Grundlage des WF 2-Eluates und aufgrund der medienschutzbasierten Modellierung nach dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik und den nun gesetzlich verankerten Bewertungsmaßstäben in Deutschland wegen der zu erwartenden mittel- bis längerfristigen Boden- und Grundwassergefährdung durch die Freisetzung von Fluorid, Molybdän und Vanadium mit dem Anspruch eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz in Deutschland und Österreich aus fachlicher Sicht nicht vereinbar.**

Ein im Rahmen des gegenständlichen Gutachtens angestellter Vergleich der österreichischen und der deutschen Bewertungssystematik unter Berücksichtigung der EU-Bauprodukteverordnung lässt zudem erwarten, dass sowohl in Deutschland als auch in Österreich unter keinen Umständen ein Material, ob Bauprodukt oder nicht und unabhängig vom Einsatzbereich (im geregelten oder ungeregelten Bereich), ohne Untersuchung der Umwelteigenschaften eingesetzt werden kann. **Die öffentlich zugängliche Leistungserklärung für EOS der Marienhütte liefert aus fachlicher Sicht keine ausreichenden Nachweise für die "Umweltverträglichkeit" dieser industriell hergestellten Gesteinskörnung in allen denkbaren Anwendungsformen.** Zur besseren und realitätsnäheren Charakterisierung der Schadstofffreisetzung aus der EOS der Marienhütte wird aus gutachterlicher Sicht empfohlen, eine grundlegende Charakterisierung der EOS nach dem Verfahren der CEN/TS 16637-3 (Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 3: Horizontale Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom, 15.10.2016) durchzuführen. Für die laufende werkseigene Produktionskontrolle sollte eine vereinfachte Perkolationsprüfung bis WF 2 (Säulenkurzeluat) angewendet werden.

2 Zusammenfassung

2.1 Hintergrund, Zielsetzung und Beurteilungsgrundlage

Mit der Letztentscheidung des vom österreichischen Umweltministerium angerufenen Verwaltungsgerichtshofs (VwGH) vom 27. November 2019 ist davon auszugehen, dass die Elektroofenschlacke (EOS) der Marienhütte in Österreich generell Produktstatus hat. Damit unterliegt EOS nicht mehr den abfallrechtlichen Bestimmungen und kann in Österreich, mangels offenkundiger Einschränkungen, in verschiedensten auch wasserwirtschaftlich hochsensiblen Einbauweisen ohne Berücksichtigung von Aspekten des Umweltmedienschutzes, wie hier insbesondere Boden- und Grundwasserschutz, eingesetzt werden.

Das Forum mineralische Rohstoffe stellt in Frage, ob durch die Behörden im Rahmen ihrer Entscheidungen zum Produktstatus alle relevanten Anwendungsformen der EOS und Wirkungspfade, wie beispielsweise der Pfad Boden-Grundwasser, berücksichtigt wurden. Weiterhin wird gefragt, ob nicht trotz abfallrechtlichem Produktstatus Einschränkungen der Anwendung der EOS der Marienhütte aufgrund Bauprodukte-rechtlicher Vorschriften zum Schutz der Umwelt notwendig wären.

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen wurde im Rahmen des vorliegenden Gutachtens eine Einordnung der Umweltqualität der Elektroofenschlacke der Marienhütte auf der Basis allgemein verfügbarer Daten- und Informationsgrundlagen durchgeführt und eine Bewertung der Umweltauswirkungen in verschiedenen Einbauweisen unter Berücksichtigung des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes vorgenommen.

Basis der Einordnung und Bewertung ist das Grenzwertableitungskonzept des deutschen Umweltbundesamtes (UBA) für die Mantelverordnung (MantelV, hier insbesondere Artikel 1 Ersatzbaustoffverordnung) des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), welches durch den Unterzeichner dieses Gutachtens mitentwickelt wurde. Die Mantelverordnung wurde nach langem Abstimmungsprozess und zweimaliger Bundesratsbefassung³ am 16. Juli 2021 im deutschen Bundesgesetzblatt

³ Bundesratsdrucksache 587/20 (Beschluss): Die Maßgaben des Bundesrates zur Ersatzbaustoffverordnung liefen unter anderem bei Stahlwerksschlacken (SWS) allesamt auf Verschärfungen hinaus und wurden angenommen (detailliert in Anhang 13.2). Von besonderer Bedeutung ist die Streichung der ungünstigsten Materialklasse SWS-3 aus der Ersatzbaustoffverordnung (EBV, Artikel 1 der Mantelverordnung). Die Streichung bedeutet im Umkehrschluss, dass Stahlwerksschlacken, die die Materialwerte der Materialklasse SWS-2 (Grenzwerte im Eluat bei einer Wasser- zu Feststoffrate von 2 L/Kg, *WF* 2) überschreiten, nach Artikel 3 der Mantelverordnung (Änderung der Deponieverordnung) deponiert werden müssen. Mit dem Bundesrats-Beschluss wird am Grenzwertableitungskonzept des UBA unverändert und ausdrücklich festgehalten. Die EU-Notifizierung wurde

verkündet und tritt am 1. August 2023 in Kraft (vgl. Bundesgesetzblatt, BGBl, Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 16. Juli 2021). Die zugrundeliegenden Annahmen, Methoden und Modellierungen aus dem Grenzwertableitungskonzept des UBA (im Folgenden kurz: UBA-Fachkonzept) repräsentieren aus fachlicher Sicht den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik für die Prognose der Stofffreisetzung und des Stofftransportes für den Pfad Boden-Grundwasser und wurden hier nach bestem Wissen und Gewissen herangezogen. Das UBA-Fachkonzept kann für die Bewertung der Auswirkungen unter der Voraussetzung angewendet werden, dass die nationalen Umweltstandards in Österreich nicht wesentlich von denen in Deutschland abweichen.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass nach dem UBA-Fachkonzept die Qualität des unmittelbar anstehenden Bodens eine ausschlaggebende Rolle für die Zulässigkeit des Einbaus von EOS spielt. In Österreich wird hier derzeit keinerlei Differenzierung vorgenommen, was aus umweltfachlicher Sicht nicht nachvollziehbar ist.

Obleich sich das Gutachten nur auf die Qualität und den Einbau und dessen Auswirkungen der EOS der Marienhütte bezieht, sind all diese Fragestellungen auch in Hinblick auf potenzielle Schlacken aus dem Ausland, welche unter Umständen künftig importiert und in Österreich eingebaut werden könnten, von Relevanz. In weiterer Folge ist auch der Ausbau des EOS-Materials und dessen erforderliche Entsorgung, welche in der Zukunft eine wesentliche Rolle spielen wird, zu beachten.

2.2 Wesentliche Fragestellungen

Im Wesentlichen geht es hier um die Frage der Umweltverträglichkeit von EOS in den derzeit zulässigen Anwendungsbereichen in Österreich unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik.

Dazu wurden folgende Detailfragen bearbeitet

1. Kann das deutsche Konzept auf Österreich unter Berücksichtigung der hier geltenden Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes übertragen werden?
2. Welche Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten ergeben sich nach der EU-Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik?
3. Welche Anforderungen müssen nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik an Stahlwerksschlacken bzw. Elektroofenschlacken für die Verwertung in den verschiedenen Anwendungsformen gestellt werden, um Boden- und Grundwasser zu schützen?

Ende Mai 2021 abgeschlossen. Die Bundesregierung und der Bundestag haben allen vorgenannten Maßgaben zugestimmt. Am 16. Juli 2021 wurde die Mantelverordnung im BGBl verkündet.

4. Wie kann die Materialqualität von EOS in Österreich auf der Grundlage verfügbarer Daten eingeschätzt und in Relation zu den der Beurteilung zu Grunde liegenden Materialklassen in Deutschland bewertet werden?
5. Gibt es Einsatzweisen von EOS in Österreich, die nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik nach den in Österreich geltenden Umweltstandards als nicht mehr umweltverträglich einzustufen sind (insbesondere im Hinblick auf eine Gefährdung von Boden und Grundwasser)?

2.3 Vorgehensweise

Zur Fragestellung 1 wurden die rechtlichen Grundlagen in Deutschland und Österreich aufgearbeitet und miteinander verglichen.

Zur Fragestellung 2 wurde untersucht, welche Vorgaben der EU-Bauproduktenverordnung bereits bestehen und bezüglich der Umweltdeklaration von harmonisierten Bauprodukten in Zukunft geplant sind und wie die Umsetzung in Deutschland erfolgt.

Zur Fragestellung 3 erfolgte eine allgemeinverständliche Erläuterung des UBA-Fachkonzeptes im Allgemeinen und der so genannten antizipierenden Sickerwasserprognose für die Bewertung von SWS (auch EOS) in der ErsatzbaustoffV (EBV, in Artikel 1 der MantelV) im Besonderen.

Zur Fragestellung 4 erfolgte eine Einordnung der Umweltqualität von EOS aus Österreich auf Basis allgemein verfügbarer Grundlagen im Hinblick auf die Materialklassen der EBV. Hierfür wurden neben den öffentlich verfügbaren Elutionsdaten aus Österreich auch Datenbanken aus Deutschland und eine europäische Datenbank herangezogen.

Zur Fragestellung 5 wurde ausgehend von den Limitierungen der Einsatzmöglichkeiten von SWS-2 nach dem UBA-Fachkonzept eine medienschutzbasierte Beurteilung des Einsatzes von EOS der Marienhütte in bestimmten Bauwerken durchgeführt. Im Einzelnen wurde die Stoffanreicherung im Boden und der Durchbruch von Konzentrationen in das Grundwasser in Abhängigkeit von der Materialqualität (Eluatkonzentrationen) und der Zeit modelliert.

2.4 Ergebnisse

Zu 1. Kann das deutsche Konzept auf Österreich unter Berücksichtigung der dortigen Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes übertragen werden?

Rechtliche Grundlagen zur Einstufung der Umweltverträglichkeit von Stahlwerksschlacken und zur Bewertung des Einsatzes in Österreich und Deutschland

Abfallrecht

Die Bestimmungen über das Vorliegen eines Nebenprodukts im abfallrechtlichen Sinn sind in Deutschland und Österreich weitgehend identisch. Insbesondere die Schutzgüter Boden und Grundwasser dürfen durch die Verwendung nicht beeinträchtigt werden und es sind alle

einschlägigen Rechtsvorschriften einzuhalten. Im österreichischen Abfallrecht fehlt die explizite Nennung der Produktvorschriften.

Boden- und Wasserrecht

Die grundlegenden Konzepte des und die Anforderungen an den Gewässerschutz (Grundwasserschutz) sind in Deutschland und in Österreich sehr ähnlich. Für den beabsichtigten Verwendungszweck eines Nebenproduktes oder auch eines Abfalles muss sichergestellt sein, dass nicht mehr als geringfügige Einwirkungen (Auswirkungen) auf die Gewässer (im Speziellen: das Grundwasser) zu erwarten sein dürfen. Ein maßgeblicher Unterschied ergibt sich dadurch, dass die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Deutschland den rechtlich unbestimmten Besorgnisgrundsatz mit fachlichen Beurteilungskriterien, wie den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) und Grundsätzen für deren Anwendung (so genannten Anwendungsregeln), zur Berücksichtigung im UBA-Fachkonzept für die MantelV konkretisiert hat und diese im UBA-Fachkonzept für die Ableitung von Grenzwerten in der MantelV auch umgesetzt wurden. In Österreich gelten für eine Reihe von Parametern Schwellenwerte für das Grundwasser gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW).

Verwertung in technischen Bauwerken

In **Deutschland** wird der Einsatz von Stahlwerksschlacken aktuell in den verschiedenen Bundesländern sehr unterschiedlich geregelt. Manche Länder haben die LAGA M 20 (1997) eingeführt, andere Bundesländer haben eigene Verwertungserlasse oder Technische Regelwerke. Die LAGA M 20 regelt nur eine Qualitätsklasse von Stahlwerksschlacken, die sehr begrenzt in gebundenen Bauweisen mit technischen Sicherungsmaßnahmen bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen und im Deponiebau verwertet werden kann. Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau weisen eine deutlich differenziertere Unterteilung in verschiedene Qualitätsklassen (SWS 1 bis 3) und aus hydrologischer Sicht differenziertere Einbaumöglichkeiten auf. SWS-1 und SWS-2 sind in wasserundurchlässigen und in wasserteildurchlässigen Einbauweisen dann zulässig, wenn der Einbau außerhalb von Wasserschutzgebieten erfolgt und ein Mindestgrundwasserabstand von 1 Meter vorliegt.

Es kann daher als Zwischenergebnis festgehalten werden, dass bereits derzeit in Deutschland der Einsatz von EOS in technischen Bauwerken auf wasserwirtschaftlich wenig sensible Anwendungen eingeschränkt ist.

Nach der am 1. August 2023 in Kraft tretenden bundeseinheitlichen Regelung in der Ersatzbaustoffverordnung werden zwei so genannte Materialklassen von

Stahlwerksschlacken unterschieden, die über Orientierungsparameter und Materialwerte für regelungsrelevante Stoffe in WF 2-Eluaten von SWS definiert sind. Erstmals sind diese maximal zulässigen Konzentrationen fachlich nachvollziehbar über eine medien-schutzbasierte Beurteilung abgeleitet worden. Die günstigere Qualität SWS-1 kann auch in wasserdurchlässigen Bauweisen eingesetzt werden. SWS-2 weist höhere zulässige Materialwerte auf und kann nur in gebundenen und teildurchströmten Bauweisen bei günstigen hydrogeologischen Bedingungen verwendet werden. Stahlwerksschlacken, die die Materialwerte von SWS-2 überschreiten, müssen deponiert werden.

In **Österreich** gibt es keine zur LAGA M 20, den Technischen Lieferbedingungen oder der Ersatzbaustoffverordnung vergleichbaren Regelungen. Die Recycling-Baustoffverordnung (RBV) regelt ausschließlich die Aufbereitung und Verwertung von Stahlwerksschlacken für Asphaltmischgut der Klasse D (gebundene Bauweisen), wobei hier Elektroofenschlacken ausdrücklich nicht berücksichtigt sind. Eine solche Nichtregelung bedeutet im Umkehrschluss selbstverständlich nicht eine freie Verwendung. Vielmehr wäre eine Feststellung der Umweltverträglichkeit im Einzelfall nach den in Österreich geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen des Boden- und Grundwasserschutzes erforderlich, was ohne vorgegebene Materialwerte und zulässige Einbauweisen aber außerordentlich komplex ist.

Vergleich der materiellen Anforderungen

Grundwasserschwellenwerte

Nicht nur die Zielsetzung des vorsorgenden Grundwasserschutzes der beiden Länder ist vergleichbar - „Durch die Einbringung oder das Versickern von Stoffen in das Grundwasser dürfen bestimmte Werte nicht überschritten werden“ - sondern auch die Zielgrößen des Grundwasserschutzes in Form von konzentrationsbasierten Grenzwerten. Der Vergleich der GFS der LAWA in Deutschland und der Grundwasser (GW)- und Oberflächengewässer-Schwellenwerte (OG) nach der Qualitätszielverordnung (QZV) Chemie GW und OG in Österreich zeigt, dass in Deutschland und Österreich für die Beurteilung der Zulässigkeit des Einsatzes von mineralischen Ersatzbaustoffen vergleichbare Grenzen zwischen Erheblichkeit und Unerheblichkeit von Einwirkungen auf das Grundwasser bestehen und das deutsche GFS-Konzept auf Österreich grundsätzlich übertragbar ist. Mit Sicherheit aber können „österreichische GFS“ höchstens so groß sein, wie die in der QZV Chemie GW festgelegten Schwellenwerte. Da in Österreich Anwendungsregeln (wie in Deutschland beispielsweise zur Berücksichtigung von Hintergrundwerten nach LAWA) fehlen, müssten diese österreichischen Grundwasserschwellenwerte zur Beurteilung der Auswirkungen von mineralischen Ersatzbaustoffen direkt herangezogen werden.

Grenzwerte für die Verwertung

Im Gegensatz zu bestehenden und den 2023 in Kraft tretenden Verwertungsregeln für Stahlwerksschlacken in Deutschland gibt es keine vergleichbaren Regelungen in Österreich. Ein Vergleich von Grenzwerten im Eluat für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen ist aufgrund der unterschiedlichen Eluat-Methodik (*WF 10-Eluate* Österreich, *WF 2-Eluate* Deutschland) und der unterschiedlichen Festlegungen / Anwendungsregeln nur bedingt möglich. Zur Einordnung wurden die Materialwerte in Deutschland, die für *WF 2-Eluate* gelten, mit Umrechnungsfaktoren in das *WF 10-Eluat* umgerechnet. Die Umrechnungsfaktoren für die hier relevanten Stoffe aus Stahlwerksschlacken wurden im Rahmen dieser Begutachtung auf der Grundlage umfassender Datenrecherchen fachlich unterlegt.

Zur Einordnung der medien-schutz-basierten Einbauwerte bzw. Materialwerte für den umwelt-offenen Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in Deutschland wurden diese mit den österreichischen Grundwasserswellenwerten nach QVZ Chemie und den österreichischen Werten für die umwelt-offene Verwertung von Bodenmaterial nach Bundes-Abfallwirtschaftsplan in der Qualitätsklasse A2-G verglichen. Dabei ergibt sich eine nahezu identische Bewertung für Fluorid, Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Molybdän und eine tolerantere Bewertung für Chrom (ges.), Kupfer und Vanadium in Österreich. Betrachtet man die für Stahlwerksschlacken relevanten Parameter Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium, würde sich nach einem Analogieschluss zur umwelt-offenen Verwertung von Bodenmaterial eine ähnlich strenge Bewertung für die umwelt-offenen Verwertung von Stahlwerksschlacken in Österreich ergeben, wie sie in Deutschland in der Ersatzbaustoffverordnung vorgesehen ist.

Zwar gibt es in Österreich keine Grenzwertklassifizierung nach Einbaukonfigurationen in der Recycling-Baustoffverordnung. Zur Einordnung der medien-schutz-basierten Einbauwerte bzw. Materialwerte in Deutschland für Einbauweisen im günstigen Fall eines hinreichenden Grundwasserabstands von 1,5 Meter und günstigen Bodeneigenschaften Sand oder Lehm/Schluff/Ton ist aber ein Analogieschluss zu den RC-Baustoffklassen U-A, U-B und der Klasse D für Stahlwerksschlacken für Asphaltmischgut der österreichischen Recycling-Baustoffverordnung möglich. Die Klasse U-A ist demnach vergleichbar mit Werten in Deutschland für die Zulassung von mineralischen Ersatzbaustoffen bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen über Sand, die Klasse U-B für hydrogeologisch günstige Bedingungen über Lehm/Schluff/Ton.

Wichtig ist hier ein Blick auf die Qualitätsklasse D der Stahlwerksschlacken nach österreichischer Recycling-Baustoffverordnung: Dieser Analogieschluss zeigt, dass

Stahlwerksschlacken in Österreich, die ausschließlich als Asphaltmischgut, also in der gebundenen Decke zulässig sind, deutlich strenger bewertet werden, als Stahlwerksschlacken in Deutschland, die dort auch in teildurchströmten Einbauweisen bei hydrogeologisch günstigen Voraussetzungen zulässig sind. Außerdem sind Elektroofenschlacken ausgenommen.

Schon allein dieser Analogieschluss zeigt, dass die uneingeschränkte, umweltoffene Verwertung von Elektroofenschlacken in Österreich nach dem deutschen medienschutzbasierten Grenzwertableitungskonzept des UBA nicht zulässig wäre und auch in Österreich selbst in einem deutlichen Widerspruch zur strengen Limitierung der Verwertung von Stahlwerksschlacken im Asphaltmischgut in gebundenen Decken nach der Recycling-Baustoffverordnung steht.

Zu 2. Welche Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten ergeben sich nach der EU-Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik?

Vor dem Hintergrund sehr weit gediehener und konkreter Umsetzungspläne der Umweltdeklaration in europäisch harmonisierten Normen durch das europäische Normungskomitee (CEN) und des in Kürze als validierte Norm vorliegenden EU-Säulenversuchs, der in den Mitgliedsstaaten eingeführt und angewendet werden muss, erscheint auch für Elektroofenschlacken in Österreich zukünftig die Ableitung von Umweltdeklarationswerten in Säuleneluataten nach Europäischer Norm notwendig.

Der Vergleich der österreichischen Bewertungssystematik mit der deutschen lässt erwarten, dass auch in Österreich unter keinen Umständen ein Material, ob Bauprodukt oder nicht und unabhängig vom Einsatzbereich (im geregelten oder ungeregelten Bereich), ohne Untersuchung der Umwelteigenschaften eingesetzt werden kann.

Die aus der öffentlich zugänglichen Leistungserklärung für EOS der Marienhütte hervorgehende Absicht, diesen Stoff als industriell hergestellte Gesteinskörnung für alle denkbaren Anwendungsformen ohne Einschränkungen in Verkehr zu bringen, dürfte auch nach dem derzeitigen allgemeinen österreichischen Schutzniveau für Boden und Grundwasser kaum haltbar sein. Aus fachlicher Sicht fehlen ausreichenden Nachweise für die "Umweltverträglichkeit". Insbesondere fehlen Elutionsdaten, die für die Beurteilung der Auswirkungen auf das Grundwasser erforderlich wären, praktisch vollständig. So ist in der Leistungserklärung zur Umweltverträglichkeit ohne jegliche Differenzierung v.a. nach Einsatzbereichen nur der Vermerk „eingehalten“ angegeben und es wird pauschal auf einige

Gutachten aus dem „Nebenprodukte-Verfahren“ verwiesen, in denen aber bei weitem nicht alle Einsatzmöglichkeiten der EOS behandelt werden.

Zu 3. Welche Anforderungen müssen nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik an Stahlwerksschlacken bzw. Elektroofenschlacken für die Verwertung in den verschiedenen Anwendungsformen gestellt werden, um Boden- und Grundwasser zu schützen?

UBA-Grenzwertableitungskonzept für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland - antizipierende Sickerwasserprognose für die Bewertung der Umweltauswirkungen von SWS (auch EOS)

Im Rahmen dieses Gutachtens werden alle relevanten theoretischen Grundlagen der antizipierenden Sickerwasserprognose für die Bewertung der Umweltauswirkungen von SWS (insbes. auch EOS) nach dem UBA-Fachkonzept für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland erläutert. Die Verwertung von Stahlwerksschlacken in einer bestimmten Einbauweise und Untergrundkonstellation ist nach dem deutschen Grenzwertableitungskonzept nur dann zulässig, wenn alle so genannten medienschutz-basierten Einbauwerte im *WF 2*-Eluat eingehalten werden. Anderenfalls ist ein Einbau nicht zulässig.

Kurz zusammengefasst basiert die Bewertung auf einer antizipierenden Sickerwasserprognose. Für die Quelltermprognose (Emissionsteil) wurden das Stoffabklingverhalten von leichtlöslichen Salzen, eine konstante Stofffreisetzung von Schwermetallen und Organika und die Infiltration und Durchströmung der technischen Bauwerke berücksichtigt. Für die Transportprognose wurden der reaktive Stofftransport mit dem Sickerwasser und die Stoffanreicherung über eine 1 Meter mächtige ungesättigte Bodenzone betrachtet. Ergebnis sind über bauwerksspezifische Zeiträume von 10 bis 50 Jahren gemittelte, maximal zulässige Quelltermkonzentrationen und ggf. unter Berücksichtigung von Verdünnungsfaktoren in technischen Bauwerken, sogenannte medienschutzbasierte Einbauwerte.

Als Referenzverfahren für die Bestimmung der bewertungsrelevanten Konzentrationen in Eluaten von MEB bei einem Wasser- zu Feststoffverhältnis von 2 L/kg (*WF 2*) wurde ein Säulenversuch als ausführlicher Test zur Bestimmung des Freisetzungsverhaltens und als Kurztest zur Bestimmung der kumulativen *WF 2*-Konzentration validiert (DIN 19528, 2009). Der bisher gängige Schütteltest bei *WF 10* prognostiziert langfristige und damit kaum bewertungsrelevante mittlere Konzentrationen im Sickerwasser, je nach Einbaumächtigkeit nach vielen Jahrzehnten bis 300 Jahren. Die aufgrund Verdünnung bei *WF 10* niedrigen Konzentrationen, oftmals im Bereich der Bestimmungsgrenzen, sind mit höheren

Unsicherheiten behaftet. Dies kann zu einer Fehlinterpretation und Unterschätzung des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials führen, welchen mit hohen und nur schwierig ableitbaren Sicherheitsaufschlägen auf Grenzwerte begegnet werden müsste. Das bisher in der BRD gängige WF 10-Schüttelverfahren (DEV S 4) wurde vom DIN im Jahr 2015 zurückgezogen.

Aufgrund der Materialeigenschaften von Stahlwerksschlacken würde deren uneingeschränkter, umweltoffener Einsatz (also ohne Betrachtung der Eigenschaften der Einbauweisen und Untergrundkonstellation) zu einer schädlichen Veränderung von Boden und Grundwasser führen. Deshalb sind in der EBV nur bestimmte Einbauweisen zulässig. Da - wie unter 1 gezeigt - nicht nur die Zielsetzung des vorsorgenden Grundwasserschutzes in Deutschland und Österreich vergleichbar ist, sondern auch die Zielgrößen des Grundwasserschutzes in Form von konzentrationsbasierten Grenzwerten, erscheint auch in Österreich nach dem Stand von Wissenschaft und Technik eine umweltoffene Verwertung von EOS nicht akzeptabel.

Zu 4. Wie kann die Materialqualität von EOS in Österreich auf der Grundlage verfügbarer Daten eingeschätzt und in Relation zu den Materialklassen in Deutschland bewertet werden?

Auf der Grundlage umfassender Datengrundlagen von Elutionsversuchen im WF 2 -Eluat können in Deutschland zwei Materialklassen für Stahlwerksschlacken, eine günstigere Klasse SWS-1 und eine ungünstigere Klasse SWS-2, unterschieden werden. Regelungsrelevante Parameter sind Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium im WF 2-Eluat von SWS. Die Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert sind Orientierungswerte (Indikatorparameter) und haben keinen Grenzwertcharakter.

Für eine Einschätzung der Materialqualität von EOS in Österreich liegen öffentlich zugängliche statistische Kennwerte aus der langjährigen Güteüberwachung der EOS der Marienhütte auf der Grundlage von WF 10-Eluaten vor. Für eine Zuordnung zu den Materialklassen in Deutschland im WF 2-Eluat und die weitere Umweltbewertung nach dem UBA-Fachkonzept sind allerdings robuste Umrechnungsfaktoren zur Berechnung von WF 2-Konzentrationen erforderlich. Auf der Grundlage umfassender Recherchen und einer Auswertung der internationalen Datenbank LeachXS durch Sloop Consultancy, konnten für die 4 regelungsrelevanten Parameter der Stahlwerksschlacken fachlich fundierte Umrechnungsfaktoren von WF 10-Eluaten in WF 2-Eluate abgeleitet werden. Die Umrechnungsfaktoren für eine sichere und konservative Abschätzung im Sinne eines „Worst-Case“-Ansatzes orientieren sich gemäß dem UBA-Fachkonzept an den 90. Perzentilwerten der

Statistiken sowie für eine weniger sichere Abschätzung („Best-Case“-Ansatz) an den Mittelwerten. Diese Umrechnungsfaktoren wurden mit den Faktoren aus der EU-Ratsentscheidung und abgeleiteten Faktoren aus wenigen Vergleichsmessungen aus einem österreichischen Gutachten verglichen. Es kann insgesamt festgestellt werden, dass die 90. Perzentilwerte der neuen Datengrundlagen die Umrechnungsfaktoren aus der EU-Ratsentscheidung für Fluorid, Molybdän und Vanadium sehr gut bestätigen. Der Umrechnungsfaktor für Chrom (ges.), der nur aus der Analyse der LeachXS-Datenbank vorliegt, überschreitet den Wert aus der EU-Ratsentscheidung deutlich.

Mit diesen Umrechnungsfaktoren konnten die *WF* 2-Eluatwerte für die langjährigen Mittelwerte aus der Güteüberwachung (also eher günstige Qualitäten) und langjährigen Maximalwerten (also eher ungünstigen Qualitäten) von EOS der Marienhütte berechnet und mit den Materialklassen für Stahlwerksschlacken nach der deutschen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) verglichen werden. Dabei kam es zu folgenden Ergebnissen: Selbst für die günstigeren Qualitäten und bei weniger sicherer Schätzung anhand der Mittelwerte erreicht die EOS der Marienhütte aufgrund der Überschreitung der Molybdänwerte die Anforderungen der Materialklasse SWS-1 nach EBV in Deutschland in der Regel nicht. Ungünstigere Qualitäten müssten bereits für diese „Best-Case“-Schätzung aufgrund von Fluorid, Molybdän und Vanadium der Materialklasse SWS-2 zugeordnet werden. Im Falle einer konservativen Abschätzung der zu erwartenden *WF* 2-Werte wäre die Materialklasse SWS-1 auch für die günstigen Qualitäten wegen Überschreitungen bei Molybdän und Fluorid nicht erreichbar, es resultiert immer eine Zuordnung zu SWS-2. Ungünstige Qualitäten müssten bei dieser konservativen Schätzung aufgrund hoher Fluoridwerte auf Deponien beseitigt werden.

In der Konsequenz kann daher mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass EOS der Marienhütte nach der deutschen Ersatzbaustoffverordnung regelmäßig aufgrund der Freisetzungen von Fluorid, Molybdän und Vanadium als SWS-2 eingestuft und den entsprechenden Einbaubeschränkungen, wie in der nachfolgenden Einbautabelle Nr. 17 für SWS-2 aus der Ersatzbaustoffverordnung gezeigt, unterliegen würde (zulässige Bauweisen sind grün, unzulässige Einbauweisen rot hinterlegt).

Tabelle 17: Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)

Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)									
Einbauweise		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht							
		außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen				
		ungünstig	günstig		günstig				
			Sand	Lehm/Schluff /Ton	WSG III A		WSG III B		Wasservor-ranggebiete
HSG III		HSG IV			Sand	Lehm/Schluff /Ton			
			Sand	Lehm/Schluff /Ton			Sand	Lehm/Schluff /Ton	Sand
		1	2	3	4		5		6
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Frostschuttschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	+1)	+	+	+1)	+	+1)	+	+
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	-	-	+	+	+
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen ⁸⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
12	Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾⁹⁾	-	+	+	-	-	+	+	+
13	ToB, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾	-	-	+2)	-	-	-	-	+2)
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen ⁸⁾	-	+3)	+2)	-	+3)	-	+3)	+2) 3)
15	Bauweisen 13 unter Pflaster ⁸⁾	-	+4)	+2)	-	+4)	-	+4)	+2) 4)
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE ⁸⁾	-	+5)	+6)	-	+5)	-	+5)	+5)
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht ⁸⁾	-	+7)	+7)	-	+7)	-	+7)	+7)

1) Zulässig, wenn Vanadium ≤ 230 µg/l und Chrom, ges. ≤ 110 µg/l.

2) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

3) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 90 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

4) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 180 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

5) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 320 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

6) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

7) Zulässig wenn „M“ Molybdän ≤ 90 µg/l, Vanadium ≤ 200 µg/l und Fluorid ≤ 1,9 mg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 120 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

8) Nicht zugelassen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten oder Park- und Freizeitanlagen, es gelten die Begriffsbestimmungen gem. Artikel 2 Abschnitt 1 § 2 Nr. 18, 19, 20 (BBodSchV).

9) Zugelassen, wenn das zum Einbau vorgesehene Korngrößengemisch bei Einstufung nach dem CBR-Wert der Klasse CBR 50/25 nach DIN EN 14227-2, Ausgabe August 2013, entspricht.

Zu 5. Gibt es Einsatzweisen von EOS in Österreich, die nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik des deutschen Umweltbundesamtes als nicht mehr umweltverträglich einzustufen sind (insbesondere im Hinblick auf eine Gefährdung von Boden und Grundwasser)?

Welche Anforderungen müsste EOS der Marienhütte nach dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz einhalten?

Nach dem UBA-Fachkonzept kann zunächst festgestellt werden, welche Anforderungen an EOS der Marienhütte in Deutschland zur Gewährleistung eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes gestellt werden müssten.

- Es existieren nach den verfügbaren umfassenden Datengrundlagen in Deutschland keine Qualitäten von Stahlwerksschlacken, die die Anforderungen an die umweltoffene Verwertung in allen Einbauweisen auch für den hydrogeologisch ungünstigen Fall eines geringen Grundwasserabstandes einhalten.
- Die Materialwerte für SWS-1 sind grundsätzlich an die medienschutzbasierten Einbauwerte der Einbauweisen für den günstigen Fall über Sand mit hohen Anforderungen an den Medienschutz angepasst, um möglichst viele offene Bauweisen über Sand ohne weitere Einschränkungen für SWS mit günstigen Materialqualitäten zu regeln. Die verfügbaren umfassenden Datengrundlagen in Deutschland zeigen, dass nahezu ausschließlich LD-Schlacken solche Qualitäten einhalten.
- Der Materialwert für SWS-2 von Molybdän wurde an die medienschutzbasierten Einbauwerte der unempfindlicheren Straßenbauweise mit hohen hydraulischen Verdünnungseffekten für den ungünstigen Fall angepasst und für Vanadium an die empfindlichste wasserdurchlässige Einbauweise für den günstigen Fall Lehm/Schluff/Ton. Damit ergeben sich für SWS-2 im Detail definierte, aber stark limitierte Einsatzmöglichkeiten (vgl. Tabelle oben, bzw. Tabelle 25).

Für die hier abgeschätzten Materialqualitäten von EOS der Marienhütte resultiert, dass selbst die günstigsten Qualitäten der EOS der Marienhütte im „Best-Case“ aufgrund der zu erwartenden erhöhten Molybdän- und nachgeordnet Fluoridfreisetzungen in Deutschland ausschließlich in geschlossenen und teildurchströmten Einbauweisen und ausschließlich im günstigen Fall einer Unterlagerung von mindestens 1 Meter Sandboden bei einem Grundwasserabstand von mindestens 1,5 Meter zulässig wären. Bei konservativer Abschätzung für die günstigsten Qualitäten ist dies aufgrund der Freisetzungen von Molybdän, Fluorid und zusätzlich Vanadium definitiv der Fall. Ungünstige Qualitäten müssten bei dieser konservativen (und damit sicheren) Abschätzung aufgrund hoher Fluoridkonzentrationen im WF 2-Eluat deponiert werden.

Mit welchen Umweltwirkungen ist nach dem Stand des Wissens und der Technik bei einer umweltoffenen Verwertung von EOS der Marienhütte zu rechnen?

Im Einzelnen wurde die Stoffanreicherung im Boden und der Durchbruch von Konzentrationen in das Grundwasser in Abhängigkeit der Materialqualität der EOS und der Zeit modelliert.

Bewertung des Einsatzes von EOS im ungünstigen Fall eines Grundwasserabstandes von weniger als 1,5 Meter nach dem deutschen medienenschutzbasierten Fachkonzept:

Eine Modellierung für den ungünstigen Fall, also einem Grundwasserabstand von weniger als 1,5 Meter, ist nicht erforderlich. Hier gilt: Keine bekannte Materialqualität von Stahlwerksschlacken in Deutschland und auch nicht die EOS der Marienhütte auf Basis der verfügbaren Daten hält die Anforderungen aus dem Medienchutz ein. Wird EOS dennoch verwendet, so wie es derzeit in Österreich offensichtlich zulässig ist, ist bei solchen Einbauweisen nach dem deutschen medienenschutzbasierten Fachkonzept mit einer schädlichen Boden- und Grundwasserveränderung zu rechnen, die nach dem deutschen Wasserhaushaltsgesetz verboten ist.

Bewertung des Einsatzes von EOS im günstigen Fall Sand, bei einem Grundwasserabstand von mehr als 1,5 Meter, in umweltoffenen Einbauweisen nach dem deutschen medienenschutzbasierten Fachkonzept:

Eine Modellierung für Fluorid und Chrom (ges.) ist nicht erforderlich. Fluorid unterliegt keinem Abklingverhalten und keiner Rückhaltung. Es limitiert hier, unabhängig von den Einbaukonfigurationen (ungünstig, günstig Sand, günstig Lehm/Schluff/Ton), immer direkt der Geringfügigkeitsschwellenwert multipliziert mit dem Verhältnismäßigkeitsfaktor von 1,5. Die Freisetzungen von Chrom (ges.) der EOS der Marienhütte sind nach verfügbarer Datengrundlage vergleichsweise gering und halten immer die medienenschutzbasierten Einbauwerte der empfindlichsten Einbauweisen für den günstigen Fall Sand ein.

Der Konzentrationsdurchbruch von Molybdän und Vanadium bei Einsatz von EOS der Marienhütte in der auf Basis der zugänglichen Daten vorhandenen Materialqualität für günstige (langjähriger Mittelwert der Güteüberwachung) und ungünstige Qualitäten (langjährige Maximalwerte der Güteüberwachung) und für die konservative und sichere Abschätzung und die weniger sichere Abschätzung wurde modelliert. Nur für eine unsichere Abschätzung und bei günstiger Qualität würde die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) von Molybdän beim Übergang des Sickerwassers in das Grundwasser innerhalb des Beurteilungszeitraums von 200 Jahren am Ort der Beurteilung eingehalten. Bei allen anderen Qualitäten und Abschätzungen würde der Durchbruch von Konzentrationen > GFS schon nach 60 bis 100 Jahren stattfinden.

Bei Vanadium würde selbst bei günstiger Qualität und unsicherer Abschätzung der Durchbruch von Konzentrationen > GFS schon nach 30 Jahren stattfinden. Bei allen anderen Qualitäten und Abschätzungen kommt es schon nach wenigen Jahren zur Gefahr einer schädlichen Veränderung von Boden und Grundwasser nach dem deutschen vorsorgenden Bodenschutz- und Grundwasserschutzkonzept.

Fazit:

Der uneingeschränkte, umweltoffene Einsatz von EOS der Marienhütte sowohl günstiger und ungünstiger Qualität wäre nach der öffentlich verfügbaren Datenlage zur Schadstofffreisetzung, deren Umrechnung und Zuordnung zu den Materialklassen nach EBV auf der Grundlage des WF 2-Eluates und aufgrund der medien-schutzbasierten Modellierung nach dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik (UBA-Fachkonzept) aufgrund einer mittel- bis längerfristigen Boden- und Grundwassergefährdung durch die Freisetzung von Fluorid, Molybdän und Vanadium mit dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz nicht vereinbar. Entsprechende Auswirkungen wären nach dem Stand des Wissens und der Technik bei einem uneingeschränkten, umweltoffenen Einsatz von EOS der Marienhütte daher auch in Österreich zu erwarten.

3 Veranlassung und Zielsetzung

Der derzeit einzige Erzeuger von Elektroofenschlacke (EOS) in Österreich ist die Marienhütte mit einem Elektrostahlwerk im Bundesland Steiermark. Die dort anfallende EOS wurde lange Zeit deponiert/zwischengelagert, zum Teil – soweit bekannt eher nur lokal - auch für den Unterbau von Straßen etc. eingesetzt. Vor etwa 10 Jahren kam vor dem Hintergrund des Verordnungsverfahrens zur österreichischen Recycling-Baustoffverordnung (RBV) die Fragestellung der Verwertbarkeit von EOS auf. Letztlich wurde EOS in der RBV nicht geregelt bzw. nicht als Recyclingbaustoff zugelassen (RBV idF BGBl. II Nr. 290/2016).

Im weiteren Verlauf wurde die EOS der Marienhütte durch die lokale Abfallbehörde der Stadt Graz als industrielles Nebenprodukt anerkannt und schließlich durch das zuständige Verwaltungsgericht (Landesverwaltungsgericht Steiermark) mit Erkenntnis vom 30.8.2018 festgestellt, dass „die Elektroofenschlacken aus der Produktion der Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH kein Abfall ist“. Das vom österreichischen Umweltministerium angerufene Höchstgericht, der Verwaltungsgerichtshof (VwGH), hat mit Beschluss vom 27. November 2019 die Revision der Umweltministerin gegen die Erkenntnis des LVwG Steiermark zurückgewiesen. Mit der Letztentscheidung des VwGH ist nun davon auszugehen, dass EOS in Österreich generell Produktstatus besitzt. Damit unterliegt EOS nicht mehr den abfallrechtlichen Bestimmungen (v.a. RBV, ggf. auch Anforderungen aus dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017). Deshalb ist davon auszugehen, dass die EOS der Marienhütte mangels offenkundiger Einschränkungen in verschiedensten, auch wasserwirtschaftlich hochsensiblen, Einbauweisen ohne Berücksichtigung von Aspekten des Umweltmedienschutzes, wie insbesondere des Boden- und Grundwasserschutz, eingesetzt wird bzw. werden kann.

Der Auftraggeber dieses Gutachtens, das Forum mineralische Rohstoffe, stellt in Frage, ob durch die Behörden im Rahmen ihrer Entscheidungen alle relevanten Anwendungsformen der EOS (gebundener und ungebundener Einsatz, Verwendung im Grundwasserschwankungsbereich, Einsatz in wasserrechtlich besonders geschützten Gebieten) und alle denkbaren Wirkungspfade, wie insbesondere der Pfad Boden-Grundwasser, berücksichtigt wurden.

Weiterhin betont der Auftraggeber, dass aus seiner Sicht nach dem (EU-) Bauprodukterecht EOS erst dann als Bauprodukt anzusehen sei, wenn die aus der EU-Bauproduktenverordnung und den nationalen Ausführungsbestimmungen resultierenden Anforderungen erfüllt würden und hinterfragt, ob dies der Fall ist. Für die Elektroofenschlacke der Marienhütte würde zwar eine nach der EU-Bauproduktenverordnung erforderliche Leistungserklärung vom Dezember 2019 auf Basis der harmonisierten Europäischen Norm EN 13242 (Gesteinskörnungen für

ungebundene und hydraulische gebundene Baustoffe für Ingenieur- und Straßenbau, Ausgabe 15.7.2015) als Grundlage der CE-Kennzeichnung vorliegen, diese würde aber nur marginale Aussagen zur Umweltverträglichkeit enthalten. Bezüglich der Umweltdeklaration würde die harmonisierte Europäische Norm auf nationale Ausführungsbestimmungen verweisen. Die bauprodukte-rechtlichen Vorschriften in Österreich würden nun grundsätzlich festlegen, dass Bauprodukte nur dann verwendet werden dürfen, wenn sie den in der vom Österreichischen Institut für Bautechnik herausgegebenen Baustoffliste ÖE festgelegten Leistungsanforderungen oder Verwendungsbestimmungen entsprechen. Die Baustoffliste ÖE des Österreichischen Instituts für Bautechnik (aktuelle Fassung OIB-095.2-015/19) legt für industriell hergestellte Gesteinskörnungen hinsichtlich der Umweltverträglichkeit aber nur fest, dass „die Bestimmungen der ÖNORM B 3132 (Fassung 1.8.2016) einzuhalten“ sind. Die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind in Abschnitt 4.4 der ÖNORM B 3132 wie folgt festgelegt: „Im Zuge der Erstprüfung sind bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen die Festlegungen gemäß Abschnitt 5 zu berücksichtigen.“ Die entsprechende Passage in Abschnitt 5 lautet: „Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind im Zuge der Erstprüfung Untersuchungen und eine gutachterliche Stellungnahme in Bezug auf die umweltrelevanten Inhaltsstoffe erforderlich.“ Ergänzend ist in Abschnitt 6 festgelegt: „Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind die umweltrelevanten Inhaltsstoffe mindestens zweimal jährlich zu prüfen. Der Parameterumfang ist im Zuge der Erstprüfung auf Basis der gemäß Abschnitt 5 geforderten Untersuchung festzulegen.“

Der Auftraggeber hinterfragt nun, ob diese Bestimmungen bei der Ausstellung der vorliegenden Leistungserklärung der Marienhütte inhaltlich hinreichend angewendet wurden. Schließlich solle ja, mangels ersichtlicher Einschränkungen in der Leistungserklärung, die EOS als industriell hergestellte Gesteinskörnung der Korngruppe 0/63 offensichtlich für alle denkbaren Anwendungsformen und ohne Einschränkungen in Verkehr gebracht werden. In der Leistungserklärung der Marienhütte werde zur Umweltverträglichkeit jedoch nur der Vermerk „eingehalten“ angegeben und es seien nur einige Gutachten aus dem Nebenprodukt-Feststellungsverfahren beigefügt. Vor diesem Hintergrund sieht der Auftraggeber den dringenden Bedarf einer qualifizierten Prüfung der Umweltverträglichkeit der EOS der Marienhütte nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik.

In diversen Abstimmungsgesprächen im Mai und Juni 2020 wurde der Themenkomplex gemeinsam mit Vertretern des Forums mineralische Rohstoffe und eines beigezogenen Beraters des Forums (Ingenieurbüro für Technischen Umweltschutz Dr. Wimmer, Kirchdorf / Krems) konkretisiert. Am 20. Juli 2020 wurde das Gutachterbüro Dr. Susset (SiWaP) auf der Grundlage des Angebotes SuForumMiRo_01_2020 beauftragt.

4 Grundlagen der Begutachtung, Voraussetzungen

4.1 Grundlagen der Begutachtung

Die fachliche Basis für die Erstellung dieses Gutachtens ist das Grenzwertableitungskonzept des Umweltbundesamtes (UBA) für die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Artikel 1 der Mantelverordnung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) in Deutschland. Auf der Grundlage des im Jahr 2018 veröffentlichten Grenzwertableitungskonzepts des UBA⁴ wurden für jedes technische Bauwerk und die technischen Einbauweisen anhand einer an Standardfälle angepassten (antizipierenden) Sickerwasserprognose so genannte medienschutzbasierte Einbauwerte abgeleitet. Daraus ergeben sich über ein Jahr gemittelte Grenzkonzentrationen (maximal zulässige Quellstärke) von mineralischen Ersatzbaustoffen und so genannte Materialwerte im WF 2- Eluat für den wasserrechtlich erlaubnisfreien Einsatz in technischen Bauwerken.

Das UBA-Fachkonzept stellt die Grundlage für den Bundesrats-Beschluss der am 16. Juli 2021 im Bundesgesetzblatt verkündeten und am 1. August 2023 in Kraft tretenden Mantelverordnung des BMU dar, mit dem an diesem Fachkonzept ausdrücklich festgehalten wurde (detailliert in Anhang 13.2). Die zugrundeliegenden Annahmen, Methoden und Modellierungen gem. UBA-Fachkonzept markieren den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik für die Prognose der Stofffreisetzung aus Baustoffen und des Stofftransportes für den Pfad Boden-Grundwasser und werden hier herangezogen. Das UBA-Fachkonzept kann zur Bewertung der Stofffreisetzung unter der Voraussetzung angewendet werden, dass die nationalen Umweltstandards in Österreich nicht wesentlich von denen in Deutschland abweichen.

4.2 Voraussetzungen

Als Voraussetzung für die hier durchgeführten Arbeiten wurden seitens des Auftraggebers öffentlich verfügbare Messdaten, diverse öffentlich verfügbare Gutachten und öffentlich verfügbare Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt. Der Auftraggeber garantiert nach eingehender Überprüfung, dass sämtliche im Gutachten verwendete Daten- und Informationsgrundlagen für die Öffentlichkeit zugänglich und datenschutzrechtliche Anforderungen und Betriebsgeheimnisse gewahrt sind.

Der Unterzeichner war von Beginn an als Mitautor des Grenzwertableitungskonzeptes für die Ersatzbaustoffverordnung des UBA in den Verordnungsprozess miteingebunden. Sämtliche

⁴ im Folgenden kurz: UBA-Fachkonzept, UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018, www.uba.de

hier durchgeführten Arbeiten des Gutachterbüro Dr. Susset basieren unmittelbar auf diesem UBA-Fachkonzept und sind damit transparent für die Fachöffentlichkeit und Verwaltung nachvollziehbar. Das Fachkonzept wurde neben der UBA Texte-Reihe auch im Rahmen eines strengen PEER-Review-Verfahrens international veröffentlicht (Susset & Grathwohl, 2011).

Das Gutachterbüro SIWAP setzt die durch das UBA veröffentlichten Fachgrundlagen für die hiesigen Bewertungen nach bestem Wissen und Gewissen um. Das Gutachterbüro Dr. Susset kann eine Akzeptanz dieser Umweltbewertungen und der resultierenden Zulässigkeiten oder Nichtzulässigkeiten von EOS in verschiedenen Einbauweisen, durch den Verordnungsgeber und die zuständigen Behörden in Deutschland/Österreich selbstverständlich nicht gewährleisten. Diese Entscheidung obliegt den zuständigen Behörden.

4.3 Arbeitsgrundlagen Deutschland

Maßgeblich für die Umweltbewertung von mineralischen Ersatzbaustoffen ist eine antizipierende Sickerwasserprognose nach dem Grenzwertableitungskonzept des Umweltbundesamtes für die Mantelverordnung in Deutschland:

- UBA-Grenzwertableitungskonzept: „Weiterentwicklung von Kriterien zur Beurteilung des schadlosen und ordnungsgemäßen Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe und Prüfung alternativer Wertevorschläge“ (UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018).
- UBA-Grenzwertableitungskonzept: „Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes Sickerwasserprognose in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden – Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe“ (UBA Texte 04/2011, Susset & Leuchs, 2011).

Zwischenzeitlich wurden weitere UBA-Vorhaben mit Bezug zur MantelV durchgeführt oder stehen kurz vor dem Abschluss. Auch diese werden hier berücksichtigt:

- UBA-Projekt, Planspiel Mantelverordnung: „Planspiel Mantelverordnung (Aspekte der Kreislaufwirtschaft und des Bodenschutzes), Planspiel mit dem Ziel einer Gesetzesfolgenabschätzung zu den Auswirkungen der Mantelverordnung“ (UBA Texte 104/2017, Bleher et al., 2017). Hier wurden die Regelungsinhalte der Mantelverordnung im Rahmen eines breit angelegten Dialogprozesses mit den betroffenen Praktikern hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit überprüft. Weiterhin diente das Vorhaben dazu, die zu erwartenden Veränderungen von Entsorgungswegen (Verwertungs- gegenüber Beseitigungswegen) durch eine Stoffstrommodellierung aufzuzeigen. Sämtliche Messdaten zur Folgenabschätzung, auch für Gleisschotter der DB, wurden hier zentral ausgewertet. Hierbei wurden auch WF 2-Daten erhoben.
- UBA-Projekt: „Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil I: Stofffreisetzungverhalten mineralischer Abfälle“ (UBA Texte 112/2017, Susset et al., 2017). Hier wurden neben der experimentellen Ermittlung des methodischen Einflusses von CEN-Normen zur Laborelution unter der Bauproduktenverordnung auf Messergebnisse und die Einhaltung von Grenzwerten nach MantelV und bestehender Deponieverordnung, sämtliches Datenmaterial und die

fachlichen Weiterentwicklungen für das UBA-Fachkonzept zur Mantelverordnung bis zum Stand der Kabinettsfassung der MantelV digital aufgearbeitet. Ein Excel-basierter Inputdatenkatalog zu den Material- und Stoffparametern, Kennzahlen von Stofffreisetzungskurven und allen bauwerksspezifischen Parametern, wie Einbaumächtigkeiten, Verdünnungsfaktoren und Sickerwasserraten wurde an ein parallellaufendes UBA-Vorhaben zur Entwicklung eines benutzerfreundlichen Modell-Anwendungstools übergeben (siehe folgender Punkt).

- UBA-Projekt: „Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil II: Modellierung der Stoffmigration und Erarbeitung eines DV-gestützten Leitfadens“ (UBA Texte 53/2020, Finkel, M. Susset, B., Grathwohl, P., 2020). Hier wurden das UBA-Grenzwertableitungskonzept der Mantelverordnung, die medienschutzbasierte Einbauwerte und Materialwerte sowie die Zulässigkeiten von Einbauweisen einschließlich des eingesetzten Bewertungsverfahrens in ein benutzerfreundliches Modell-Anwendungstool übersetzt. Als Eingangsparameter wird der Inputkatalog aus dem zuvor genannten UBA-Projekt (UBA Texte 112/2017) verwendet. Der Titel dieses Datenbank-basierten Anwendungstools lautet: BEMEB-Tool, BEMEB = Beurteilung des Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe. Das Abschlussseminar zu den beiden UBA-Vorhaben 371374228 /1 und /2 fand im Herbst 2017 beim UBA in Berlin statt. BEMEB wird für die Szenariomodellierungen im Rahmen dieser Begutachtung eingesetzt.

Datenbanken

- Internationale Datenbank LXSLite_3_0_0-RC1: Für die Auswertung von Korrelationen zwischen Konzentrationen bei einer Wasser- zu Feststoffrate (*WF*) von 2 L/kg versus *WF* 10 wurde LeachXS Lite in der Version 3.0.0 von Oktober 2018 verwendet. LeachXS Lite™ ist ein Datenmanagement- und Visualisierungstool und ein wesentlicher Teil des Leaching Environmental Assessment Framework (LEAF) der Vanderbilt University School of Engineering, Nashville, TN, des Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, des DHI, Horsholm, Denmark und des U.S. Environmental Protection Agency (Office of Research & Development and Office of Solid Waste). LeachXS Lite ist eine vereinfachte frei verfügbare Version. Für die hiesige Fragestellung wurden Elutionsdaten zur Stahlwerksschlacken importiert. Das XMS-Datenblatt beinhaltet öffentliche Daten aus verschiedenen Forschungsprojekten. Diese Daten sind nicht über LeachXSLite verfügbar. Die XMS Datei wurde durch Herrn Hans van der Sloot (Sloot Consultancy, ehemals ECN) am 14. Januar 2021 freundlicherweise zur Verfügung gestellt und durch das Gutachterbüro Dr. Susset für die hiesige Fragestellung ausgewertet.

Rechtliche Grundlagen

- LAGA M 20 (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln-, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20.- in 5. Auflage Stand 06.11.2003, die zurückgezogene LAGA M 20, 1997 wurde durch LAGA und Erich Schmidt Verlag unverändert als Teil II und III (Stand 06.11.1997) zusammen mit dem fortgeschriebenen Allgemeinen Teil (Teil I, Stand 06.11.2003) als 5. Auflage der LAGA M 20 (Stand 06.11.2003) veröffentlicht (vgl. Vorbemerkungen 5. Auflage), www.laga-online.de.
- LAWA, 2002. Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de.

- LAWA, 2004. Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de .
- LAGA, 2004. Eckpunkte www.laga-online.de.
- LAWA, 2017. Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de .
- WHG (2013). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S.2585), zuletzt geändert 21. Januar 2013 (BGBl. I S.95) 4.
- BMUB (2017): Verordnung der Bundesregierung im Entwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Natur- und Verbraucherschutz, Bau und Reaktorsicherheit zur Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 05. Mai 2017, Bundestagsdrucksache 18/12213 vom 17. Juli 2017, www.bundesrat.de
- Bundesbodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, 1998, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, <http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/index.html>. Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999, 12.07.1999, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf>.
- BR-Beschlussdrucksache 587-20(B) (Bundesrat, 2020): Bundesratsbeschluss vom 06. November 2002 zur Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, www.bundesrat.de.
- Bundesgesetzblatt (2021): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09. Juli 2021.- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 16. Juli 2021

Technische Regelwerke

- Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), TL Gestein-StB Ausgabe 2004/Fassung 2007, www.fgsv-verlag.de
- Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), RuA StB, 2001, www.fgsv-verlag.de

Weitere Arbeitsgrundlagen sind öffentlich zugängliche Daten des FehS – Institut für Baustoffforschung in Duisburg, Deutschland zur Feststoff- und Eluatqualität von Stahlwerksschlacken, die im Rahmen der vorgenannten UBA-Projekte ausgewertet wurden (Einzeldaten nicht öffentlich, nur statistische Übersichten in Bleher et al., 2017, Planspiel Mantelverordnung).

4.4 Arbeitsgrundlagen Österreich

Weitere Arbeitsgrundlagen sind verschiedene allgemein verfügbare und öffentlich zugängliche Gutachten, Informationen, Regelwerke und Daten, die uns der Auftraggeber im Zeitraum vom 06. Mai bis 18. Dezember 2020 zur Verfügung gestellt hat.⁵

Thema Nebenproduktstatus

- Erkenntnis des Landesverwaltungsgerichtshof Steiermark (LVwG) vom 30.8.2018, Gz. LVwG 46.23-141/2018 (pdf)
- Entscheidung des Verwaltungsgerichtshofes vom 27.11.2019, Gz. Ra 2018/05/0271 (pdf)

Thema Produktdeklaration und Umweltqualität EOS Marienhütte

- 10 öffentlich zugängliche Dokumente und Daten der Marienhütte aus Download von der Homepage: <https://www.marienhuette.at/downloads> (Stand 18.3.2021)
 - Land Steiermark, Gutachten Gz. ABT14-41.04-10/1994-064 vom 4.9.2015
 - MAPAG Baustoffuntersuchung und Umweltanalytik, gutachterliche Stellungnahme Charakterisierung von Elektroofenschlacke (EOS) der Marienhütte GmbH vom 12.9.2012
 - Montanuniversität Leoben, Untersuchung und Bewertung des Vorliegens von Chrom in der Elektroofenschlacke, Gutachten vom Oktober 2012
 - Land Steiermark, Gutachten ABT15-133556/2017-40 vom 26.7.2018
 - Montanuniversität Leoben, Qualitätsbeurteilung Elektroofenschlacke der Marienhütte GmbH, gutachterliche Stellungnahme vom 16.12.2009
 - Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH, Leistungserklärung Hüttenschotter HS 0/63 vom Dezember 2019
 - Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH, EG-Sicherheitsdatenblatt vom 19.2.2020
 - ESW Consulting WRUSS GmbH, Bericht Untersuchungen an Elektroofenschlacken der Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH zum Kriterium HP14 „ökotoxisch“ vom 25.9.2018
 - TU Graz – TVFA, Zertifikat über die Konformität der werkseigenen Produktionskontrolle vom 5.2.2015
 - Montanuniversität Leoben, Einsatz von Stahlwerksschlacken der Marienhütte Graz im Bereich des Straßenbaus, zusammenfassende Begutachtung vom Jänner 2014

Rechtliche Grundlagen

- Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien
- Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002)
- Recycling-Baustoffverordnung (RBV)
- Deponieverordnung 2008

⁵ E-Mails vom 6.5.2020 16:06, 16:48, 7.5.2020 13:27 und 11.5.2020 11:27 (alle vom Ingenieurbüro für Technischen Umweltschutz Dr. Wimmer)

- Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, <https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/abfall-ressourcen/bundes-abfallwirtschaftsplan/BAWP2017-Final.html>
- Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959)
- Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser - QZV Chemie GW
- Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer - QZV Chemie OG
- Aktuelle Fassung OIB-095.2-015/19 der Baustoffliste ÖE
<https://www.oib.or.at/de/baustofflisten/baustoffliste-oe>

5 Fragestellungen und Arbeitspakete

Im Wesentlichen geht es um die Bearbeitung folgender wesentlicher Fragestellungen im Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeit von EOS in den derzeit offensichtlich möglichen bzw. zulässigen Anwendungsbereichen in Österreich.

Als Stand von Wissenschaft und Technik zur Ermittlung und Beurteilung der Auswirkungen auf Boden und Grundwasser wird das Fachkonzept des Umweltbundesamts zur Ersatzbaustoffverordnung (Artikel 1, MantelV, BGBl, 16. Juli 2021) herangezogen.

1. Kann das deutsche Konzept auf Österreich unter Berücksichtigung der dortigen Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes übertragen werden?
2. Welche Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten ergeben sich nach der Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik?
3. Welche Anforderungen müssen nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik nach dem Konzept des deutschen Umweltbundesamtes an Stahlwerksschlacken bzw. Elektroofenschlacken für die Verwertung in den verschiedenen Anwendungsformen gestellt werden, um Boden- und Grundwasser zu schützen?
4. Wie kann die Materialqualität von EOS in Österreich auf der Grundlage verfügbarer Daten eingeschätzt und in Relation zu den Materialklassen in Deutschland bewertet werden?
5. Gibt es Einsatzweisen von EOS in Österreich, die nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik unter Anwendung der in Österreich geltenden Umweltauflagen als nicht mehr umweltverträglich einzustufen sind (insbesondere im Hinblick auf eine Gefährdung von Boden und Grundwasser)?

Zur Bearbeitung dieser Fragestellungen wurden im Rahmen des Angebotes SuForumMiRo_01_2020 vom 20. Juli 2020 folgende Arbeitspakete konkretisiert, die die Basis der hier durchgeführten Begutachtung sind.

AP-1: Recherche, Durchsicht, Zusammenführung und Aufarbeitung der rechtlichen Grundlagen in Österreich und Deutschland zur abfallrechtlichen Einstufung der EOS als Nebenprodukt mit besonderer Berücksichtigung des Aspekts der Umweltverträglichkeit

AP-2: Durchsicht und Aufarbeitung der rechtlichen Grundlagen in Deutschland zum Einsatz von EOS (in Deutschland unter Stahlwerksschlacken, SWS, geregelt) als mineralischer Ersatzbaustoff in technischen Bauwerken mit Unterscheidung zwischen bestehenden und in Kraft tretenden Regelungen

Bestehende Regelungen:

- TL Gestein-StB 04, LAGA M 20, 1997, Ländererlasse zum Einsatz bzw. Einsatzverboten in einzelnen Bundesländern (insbesondere Bayern und Baden-Württemberg), etc.

In Kraft tretende Regelungen:

- Mantelverordnung des BMU mit Ersatzbaustoffverordnung und Novelle Bundes-Bodenschutzverordnung gemäß Verkündung im BGBl vom 16. Juli 2021

AP-3: Vergleich der rechtlichen Grundlagen in Deutschland und Österreich (Abfallrecht, Bodenschutz- und Wasserrecht, Bauproduktenrecht etc.).

Bauprodukte mit CE-Kennzeichen können unionsweit ohne Beschränkungen in Verkehr gebracht werden. Dies bedeutet aber nicht zugleich, dass diese ohne weitere Beschränkungen in jeglichen technischen Bauwerken und wasserwirtschaftlichen Konstellationen eingesetzt werden können. Wichtig ist, dass unter der EU-BauPV das Recht der einzelnen Mitgliedsstaaten, eigene Umwelanforderungen an mineralische Bauprodukte in technischen Einbauweisen sicherzustellen, unberührt bleibt. Für die Umweltbewertung harmonisierter Bauprodukte sind jedoch die europäisch harmonisierten Prüfmethode anzuwenden und müssen diese in die Regelwerke der Mitgliedsstaaten übernommen werden. So können harmonisierte Bauprodukte zwar ohne Handelsbarrieren in Deutschland gehandelt werden, unterliegen aber dennoch der Güteüberwachung, Materialklassifizierungen und Einbauklassen nach den bestehenden Regelungen bzw. der EBV.

AP-4: Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten nach der Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik

Für die Umweltbewertung harmonisierter Bauprodukte sind die europäisch harmonisierten Prüfmethode anzuwenden und müssen diese in die Regelwerke der Mitgliedsstaaten übernommen werden. Das kann in einer Übergangszeit das Problem mit sich bringen, dass schon geringe methodische Abweichungen der europäischen Verfahren von den bisher in den Mitgliedsstaaten eingesetzten Prüfmethode auf Basis nationaler Normen zu abweichenden Beurteilungswerten und damit zu bedeutenden Auswirkungen auf die Bewertung der Zulässigkeit von mineralischen Baustoffen in den Mitgliedsstaaten führen können.

In AP-4 wird der Fragestellung nachgegangen welche Vorgaben der Bauproduktenverordnung bereits bestehen und bezüglich der Umweltdeklaration von harmonisierten Bauprodukten in Zukunft geplant sind

- Müssen Bauprodukte bezüglich der Umwelteigenschaften untersucht werden oder dürfen diese unabhängig vom Einsatzbereich ohne Untersuchung der Umwelteigenschaften eingesetzt werden?
- Kann mit einem Schütteleluat bei *WF 10* das Auslaugungsverhalten von Gesteinskörnungen als Basis für die Prognose von Auswirkungen auf das Schutzgut Boden/Wasser hinreichend erfasst werden?
- Welche europäischen Prüfverfahren (Auslaugungsverfahren) existieren oder befinden sich in Vorbereitung?
- Sind die Ergebnisse der europäischen Prüfverfahren (insbesondere des Säulenversuches für die Untersuchung granularer Materialien) unterschiedlicher EU-Rechtsbereiche mit Prüfverfahren der Mitgliedsstaaten (z.B. Säulenversuch nach DIN 19528, 2009) vergleichbar?
- Wie ist der Stand der Umsetzung in Deutschland und in Österreich?

AP-5: Allgemeinverständliche Erläuterung des Grenzwertableitungskonzeptes des Umweltbundesamtes für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland

In AP-5 wird die Eignung von Elutionsmethoden für die Sickerwasserprognose (warum Paradigmenwechsel in Deutschland von *WF 10* auf *WF 2?*), die medienschutzbasierte Beurteilung des Einsatzes von Stahlwerksschlacken in technischen Bauwerken nach dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz und die Ableitung von Materialwerten und zulässigen Einbauweisen für Stahlwerksschlacken in Deutschland erläutert. Basis ist das UBA-Fachkonzept für die EBV in Deutschland gemäß Bundesratsbeschluss und Verkündung im BGBl vom 16. Juli 2021.

AP-6: Einordnung der Umweltqualität von EOS in Österreich auf Basis allgemein verfügbarer Datengrundlagen im Hinblick auf die Materialklassen der EBV in Deutschland

- Daten zur Schadstoffbelastung und zum Auslaugungsverhalten der Elektroofenschlacke der Marienhütte GmbH, Interpretation der Daten, Belastbarkeit der Daten, Repräsentativität der Daten
- Vergleich mit den in der Bundesrepublik Deutschland erhobenen Werten: Wie sind die Eigenschaften der EOS der Marienhütte im Vergleich zu den in Deutschland bekannten Qualitäten SWS-1 bis-2 einzuordnen?
- Welche Einschränkungen der Verwendung der Elektroofenschlacke der Marienhütte GmbH wären zur Vermeidung erheblicher (mehr als geringfügiger) Auswirkungen i.S. der bundesdeutschen Bewertungsmaßstäbe auf das Schutzgut „Boden und Wasser“ erforderlich?
- Entsprechen die von der Marienhütte veröffentlichten Gutachten und Berichte den Anforderungen an die Umweltuntersuchung von Bauprodukten?
- Welches Untersuchungskonzept (Untersuchungsmethoden, Parameter, Häufigkeit, ...) wäre nach dem Stand von Wissenschaft und Technik anzuwenden?

AP-7: Limitierung der Einsatzmöglichkeiten von SWS-1 und SWS-2 in Deutschland aufgrund der medienschutzbasierten Beurteilung

Mit welchen Auswirkungen ist nach dem Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik durch Einsatz von EOS in den verschiedenen denkbaren Anwendungsformen, insbesondere auf Boden und Grundwasser, zu rechnen? Hierfür wird eine medienschutzbasierte Beurteilung verschiedener denkbarer Anwendungsbereiche der EOS der Marienhütte über eine antizipierende Sickerwasserprognose nach dem UBA-Fachkonzept durchgeführt.

AP-8: Berichterstattung

6 Rechtliche Grundlagen zur Einstufung der Umweltverträglichkeit von Stahlwerksschlacken in Österreich und Deutschland

6.1 Rechtliche Grundlagen in Österreich und Deutschland zur abfallrechtlichen Einstufung der Stahlwerksschlacken (EOS, LDS) als Nebenprodukt (AP-1)

Gesetzliche Grundlage für die Bestimmung des Vorliegens eines Nebenproduktstatus oder des Endes der Abfalleigenschaft im abfallrechtlichen Sinn ist das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012, zuletzt geändert am 23. Oktober 2020) und das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002). Beide Gesetze setzen unter anderem die Europäische Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008) um.

6.1.1 Abfallrechtliche Grundlagen in Deutschland

In Deutschland ist für die Stahlwerksschlacke als industrielles Nebenprodukt §4 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (2012 und 2020) einschlägig. Demnach gilt:

KrWG, § 4, Nebenprodukte:

(1) Fällt ein Stoff oder Gegenstand bei einem Herstellungsverfahren an, dessen hauptsächlicher Zweck nicht auf die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstandes gerichtet ist, ist er als Nebenprodukt und nicht als Abfall anzusehen, wenn

- 1. sichergestellt ist, dass der Stoff oder Gegenstand weiterverwendet wird,*
- 2. eine weitere, über ein normales industrielles Verfahren hinausgehende Vorbehandlung hierfür nicht erforderlich ist,*
- 3. der Stoff oder Gegenstand als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses erzeugt wird und*
- 4. die weitere Verwendung rechtmäßig ist; dies ist der Fall, wenn der Stoff oder Gegenstand alle für seine jeweilige Verwendung anzuwendenden Produkt-, Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt und insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt führt.*

(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 68) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates, nach Maßgabe der in Absatz 1 genannten Anforderungen, Kriterien zu bestimmen, nach denen bestimmte Stoffe oder Gegenstände als Nebenprodukt anzusehen sind, und Anforderungen zum Schutz von Menschen und Umwelt festzulegen.

6.1.2 Abfallrechtliche Grundlagen in Österreich

In Österreich ist für die Stahlwerksschlacke als industrielles Nebenprodukt §2 des Abfallwirtschaftsgesetzes 2002 (AWG 2002) einschlägig. Demnach gilt:

§ 2 AWG 2002

(3a) Ein Stoff oder Gegenstand, der das Ergebnis eines Herstellungsverfahrens ist, dessen Hauptziel nicht die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstands ist, kann nur dann als Nebenprodukt und nicht als Abfall gelten, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- 1. es ist sicher, dass der Stoff oder Gegenstand weiterverwendet wird;*
- 2. der Stoff oder Gegenstand kann direkt ohne weitere Verarbeitung, die über die normalen industriellen Verfahren hinausgeht, verwendet werden;*
- 3. der Stoff oder Gegenstand wird als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses erzeugt und*
- 4. die weitere Verwendung ist zulässig, insbesondere ist der Stoff oder Gegenstand unbedenklich für den beabsichtigten sinnvollen Zweck einsetzbar, es werden keine Schutzgüter (vergleiche § 1 Abs. 3) durch die Verwendung beeinträchtigt und es werden alle einschlägigen Rechtsvorschriften eingehalten.*

6.1.3 Vergleich der abfallrechtlichen Anforderungen zum Nebenproduktstatus in Deutschland und Österreich

Die Bestimmungen über das Vorliegen eines Nebenproduktstatus im abfallrechtlichen Sinn sind in Deutschland und Österreich weitestgehend identisch. In Deutschland wird in § 4 Abs. Nr. 4 **KrWG** die Formulierung aus der Richtlinie 2008/98/EG direkt übernommen: „d) die weitere Verwendung ist rechtmäßig, d. h. der Stoff oder Gegenstand erfüllt alle einschlägigen Produkt-, Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen für die jeweilige Verwendung und führt insgesamt nicht zu schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.“

In Österreich wird bezüglich der Schutzgüter auf § 1 (3) AWG 2002 verwiesen:

(3) Im öffentlichen Interesse sind die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich, wenn andernfalls

- 1. die Gesundheit der Menschen gefährdet oder unzumutbare Belästigungen bewirkt werden können,*
- 2. Gefahren für Wasser, Luft, Boden, Tiere oder Pflanzen und deren natürlichen Lebensbedingungen verursacht werden können,*
- 3. die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,*
- 4. die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,*
- 5. Brand- oder Explosionsgefahren herbeigeführt werden können,*
- 6. Geräusche oder Lärm im übermäßigen Ausmaß verursacht werden können,*
- 7. das Auftreten oder die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden können,*
- 8. die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder*
- 9. Orts- und Landschaftsbild sowie Kulturgüter erheblich beeinträchtigt werden können.*

Demnach fehlt hier die explizite Nennung der produktrechtlichen Vorschriften. Bei Richtlinienkonformer Interpretation der Bestimmungen des AWG 2002 ist aber davon auszugehen, dass die Erfüllung der produktrechtlichen Vorgaben und Vorschriften für das Vorliegen der Produkteigenschaft genauso maßgeblich ist wie in der BRD.

6.2 Rechtliche Grundlagen in Österreich und Deutschland zur wasser- und bodenschutzrechtlichen Beurteilung der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen wie der EOS (AP-2)

6.2.1 Wasser- und bodenschutzrechtliche Grundlagen in Deutschland

6.2.1.1 Ermächtigungsgrundlagen für die Regelung von Umweltauflagen an mineralische Abfälle und Produkte

Nach dem deutschen und österreichischen Abfallrecht können industrielle Nebenprodukte und Abfälle (bei Letzteren durch Feststellung des Endes der Abfalleigenschaft) den Produktstatus erreichen und im hier betrachteten Fall der mineralischen Ersatzbaustoffe Bauprodukte sein, wenn nach AWG „... keine Schutzgüter beeinträchtigt, alle einschlägigen Rechtsvorschriften eingehalten ...“ bzw. nach KrWG „die weitere Verwendung rechtmäßig ist; [...] Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt und insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt führt.“ Es muss also davon ausgegangen werden, dass industrielle Nebenprodukte und Abfälle, die im Sinne des Abfallrechts den Produktstatus erlangen, Bauprodukte auch im Sinne der EU-Bauproduktenverordnung sind, die bei ihrer Verwendung nicht zu schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit führen dürfen.

In der Konsequenz müssen Bauprodukte unter anderem hinsichtlich deren Umweltwirkungen so gut untersucht und klassifiziert sein, dass für deren Verwendung in der Regel keine speziellen behördlichen Genehmigungen im Einzelfall, z.B. eine wasserrechtliche Erlaubnis, mehr notwendig sind, weil dann beispielsweise eine mehr als geringfügige Veränderung des Grundwassers ausgeschlossen ist. Es stellt sich lediglich die Frage, an welcher Stelle des Verfahrens diese Untersuchungen und Klassifizierungen geregelt und durchzuführen sind.

In verschiedenen Technischen Komitees (TC) des Comité Européen de Normalisation (CEN) unter dem Mandat der EU-Bauproduktenverordnung wird aktuell diskutiert, ob und wie detailliert die Umweltmerkmale in die harmonisierten CEN-Normen und in die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten aufgenommen und so klassifiziert werden können, dass aus einer Bauproduktenklasse quasi herausgelesen werden kann, ob das Material in beispielsweise einem deutschen, niederländischen oder österreichischen Lärmschutzwahl zulässig ist oder nicht. Fest steht, dass die EU-Bauproduktenverordnung nicht in die Grenzwertgestaltung für den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz des jeweiligen Mitgliedsstaates eingreifen kann (vgl. Kapitel 7.1.1).

In Deutschland wurde dazu im KrWG §4 und 5 jeweils eine Verordnungsermächtigung aufgenommen (siehe oben zu §4 Abs. 2). Aufgrund dieser Ermächtigung im KrWG vom 24.

Februar 2012 und zuletzt geänderte Fassung 2020 und weiterer Ermächtigungen unter dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BBodSchG) und Wasserhaushaltsgesetz (WHG), in der zuletzt geänderten Fassung vom 6. Oktober 2011, entwickelte die Bundesregierung die Mantelverordnung, um unter anderem die Kriterien zu bestimmen, nach denen bestimmte Stoffe oder Gegenstände als Nebenprodukt anzusehen sind bzw. nach §5 das Ende der Abfalleigenschaften erreichen und um gemäß BBodSchG und WHG Anforderungen zum Schutz von Mensch und Umwelt festzulegen (siehe auch Anhang 13.2).

Unter Bezug auf die umfassenden fachgesetzlichen Festlegungen unter anderem zum Rückbau, Annahme, Probenahme und chemische Güteüberwachung zur Materialklassifizierung von mineralischen Ersatzbaustoffen und zu den zulässigen Einbauweisen und Untergrundkonstellationen beim Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen, zusammengefasst in den §§19 und 20 KrwG, kann die Mantelverordnung von der wasserrechtlichen Erlaubnis freistellen und es gilt gemäß Mantelverordnung, Artikel 1, § 21 (Behördliche Entscheidungen):

(1) Werden die Anforderungen nach den §§ 19 und 20 eingehalten, bedürfen Einbaumaßnahmen keiner Erlaubnis nach § 8 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes.

Nach WHG, §8 (Erlaubnis, Bewilligung) gilt:

(1) Die Benutzung eines Gewässers bedarf der Erlaubnis oder der Bewilligung, soweit nicht durch dieses Gesetz oder auf Grund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften etwas anderes bestimmt ist.

Im Vorfeld der Erarbeitung der Mantelverordnung gab es viele Diskussionen um die Frage, ob die Verwertung eines mineralischen Ersatzbaustoffes und die damit verbundenen Stofffreisetzungen und Stoffeinträge in das Grundwasser nach einer Sickerwasserpassage in der ungesättigten Zone als eine „echte“ Benutzung im Sinne des § 9 WHG (Benutzungen), Punkt 4: „das Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer“ zu werten ist.

Das damalige BMUB und auch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken als eine so genannte „unechte“ Benutzung des Grundwassers nach § 9 WHG (2) Punkt 2 gewertet und damit unter anderem auch unter den Gesichtspunkten des Wasserrechts betrachtet: „Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen.“

6.2.1.2 Konkretisierung durch Geringfügigkeitsschwellenwerte und Grundsätze für deren Anwendung

Diese unechte Benutzung wurde durch die LAWA im Jahr 2017 durch so genannte „Grundsätze für die Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS)“ konkretisiert. Siehe hierzu Kapitel 3.1.1.1 in LAWA (2017) zum Eintrag von Stoffen in das Grundwasser (unechte Benutzung nach § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG): *„Aktivitäten und Sachverhalte, die auf indirektem Weg zu einem Eintrag von Stoffen in das Grundwasser führen können, sind gemäß § 48 Abs. 2 WHG nach dem Besorgnisgrundsatz oder in bestimmten Fällen gemäß § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG auch als Benutzungstatbestand zu beurteilen. Erfolgt der Stoffeintrag durch die wasserungesättigte Bodenzone, so liegt der Ort der Beurteilung bzw. Prognose, ob die GFS-Werte unterschritten werden, im Sickerwasser beim Eintritt in das Grundwasser. Zusätzlich kann es erforderlich sein, die in das Grundwasser eintretenden Stofffrachten zu berücksichtigen, damit dauernd oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß hervorgerufene nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen sind. Ergibt die Prognose, dass die GFS-Werte beim Eintritt in das Grundwasser überschritten oder nicht nur geringe Stofffrachten vorliegen werden, liegt auf jeden Fall ein Benutzungstatbestand nach § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG vor. Die Erlaubnisfähigkeit ist im Einzelfall weitergehend zu prüfen.“* Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleitete Werte eingehalten werden (LAWA, 2017).

Leitgedanke im Grenzwertableitungskonzept für die Mantelverordnung ist deshalb der so genannte Besorgnisgrundsatz nach § 48 WHG (2012) zur Reinhaltung des Grundwassers:

(1) Eine Erlaubnis für das Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser darf nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Durch Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 3 kann auch festgelegt werden, unter welchen Voraussetzungen die Anforderung nach Satz 1, insbesondere im Hinblick auf die Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen, als erfüllt gilt.“

Der Besorgnisgrundsatz ist nach wie vor ein unbestimmter Rechtsbegriff: Obwohl die LAWA seit Jahrzehnten das so genannte Geringfügigkeitsschwellenwertkonzept fortentwickelt und mit Blick auf das Gesetzgebungsverfahren der Mantelverordnung in der neuesten Fassung des GFS-Papiers der LAWA (2017) die vorgenannten Grundsätze für die Anwendung der GFS eingeführt hat, die durch die Umweltministerkonferenz zur Kenntnis genommen wurden, steht eine direkte Verrechtlichung des Geringfügigkeitsschwellenwertkonzepts in der Bundesrepublik Deutschland nach wie vor aus.

Wie Kapitel 8 dieses Gutachtens allerdings verdeutlicht, stellen die Geringfügigkeitsschwellenwerte bzw. die methodenspezifischen Bezugsmaßstäbe und die Anwendungsregeln nach LAWA (2017) die Basis für das UBA-Fachkonzept zur Grenzwertableitung für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Artikel 1, MantelV, Ersatzbaustoffverordnung) und für die Verwertung von Bodenmaterial in Abgrabungen (z.B. Verfüllung von Steinbrüchen, Artikel 2, MantelV, Novelle BBodSchV) dar und wurden damit indirekt verrechtlicht.

Für ein besseres Verständnis des hier geführten Vergleichs der rechtlichen Grundlagen in Österreich und Deutschland zur wasser- und bodenschutzrechtlichen Beurteilung der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen, wie der EOS, in Bezug auf die Umweltverträglichkeit, werden im Folgenden die Anwendungsregeln der GFS nach LAWA (2017) im Detail beleuchtet:

Mit der Ersatzbaustoffverordnung und der BBodSchV liegt man im Anwendungsbereich der Vorsorge, wie das Fließdiagramm in **Abbildung 1** aus LAWA (2017) verdeutlicht. Der Besorgnisgrundsatz wird durch die LAWA sehr eng ausgelegt. So gilt: *„Eine Besorgnis liegt bereits dann vor, wenn eine noch so entfernte Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer nachteiligen Veränderung nach menschlicher Erfahrung gegeben ist“* (vgl. LAWA, 2017, Kapitel 3.1.1). Weiter führt die LAWA aus: *„Die GFS-Werte sind also relevant für die Verwertung von Abfällen sowie das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden. Auch die Stofffreisetzung aus Bauwerken oberhalb des Grundwassers ist zu betrachten. Hierbei geht es um die Bewertung der Auswirkungen auf das Grundwasser unter Berücksichtigung z.B. der Material- bzw. Produktspezifika, der Art und Weise des Einbaus in den Boden bzw. in technischen Bauwerken und der (natürlichen) Bodenbeschaffenheit (einschließlich der Beschaffenheit des Bodensickerwassers).“*

Abbildung 1: Anwendungsbereiche der Geringfügigkeitsschwellenwerte in Deutschland nach LAWA (2017)



Für den Anwendungsbereich Bodenschutzrecht/Abfallrecht (also die Verwertung von Bodenmaterial in Verfüllungen und mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken) hat die LAWA (2017) folgende Grundsätze für die Anwendung der GFS zur Berücksichtigung im Grenzwertableitungskonzept für die Mantelverordnung formuliert:

„Die Vorsorge gegen nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit richtet sich nach § 48 WHG, § 7 BBodSchG und § 7 Abs. 3 KrWG nehmen Bezug auf vorsorgende wasserrechtliche Vorschriften, die auch Stofffreisetzungen aus mineralischen Materialien betreffen. Insofern ist sicherzustellen, dass die Geringfügigkeitsschwellen bei Eintritt in das Grundwasser eingehalten werden. Hierzu wird aus Sicht des vorsorgenden Grundwasserschutzes das Wertenniveau der GFS auf den Ort der Beurteilung, also den Eintritt des Sickerwassers aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser übertragen. Bodenschutz- und wasserrechtliche Vorsorgeregelungen stehen nebeneinander. Die bodenschutzrechtliche Vorsorgeverpflichtung begrenzt die Stofffreisetzung in den Boden wirkungspfadunabhängig bei Überschreitung der Vorsorgewerte und ist gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen gerichtet (§§ 7 und 8 BBodSchG). Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält und bei dem kein Verdacht auf sonstige spezifische Verunreinigungen besteht, erfüllt neben den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes auch die

Anforderungen des vorsorgenden Grundwasserschutzes. Stofffreisetzungen in Folge der Verwertung mineralischer Ersatzbaustoffe in technischen Bauwerken sowie des Einbringens von Material unter-/außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht sind so zu begrenzen, dass die GFS-Werte am Ort der Beurteilung sicher und dauerhaft eingehalten werden. Bei Verwendung von Ersatzbaustoffen in definierten Einbauweisen gelten die GFS-Werte für nicht retardierbare Stoffe auch dann als eingehalten, wenn die nur über einen kurzen Zeitraum und über ein räumlich begrenztes Volumen gemittelten Stoffkonzentrationen die GFS-Werte überschreiten. Bei der Abschätzung der Stoffkonzentrationen im Sickerwasser beim Eintritt in das Grundwasser kann das Abbau- und Rückhaltevermögen der ungesättigten Bodenzone in begrenztem Maß berücksichtigt werden. Dabei sollte der Aspekt von Variabilität und von Unsicherheit der bestimmenden Bodenkenngößen und der Stoffkonzentrationen einbezogen werden. In Abhängigkeit von sorptionsbestimmenden Bodenkenngößen sowie dem physiko-chemischen Milieu werden in der ungesättigten Bodenzone anorganische Stoffe auch aus natürlichen, unbelasteten Böden in die gelöste Phase überführt. Hierdurch wird nach heutigem Kenntnisstand die chemische Grundwasserbeschaffenheit nicht nachteilig verändert. Für die Bewertung von Stofffreisetzungen in der ungesättigten Bodenzone gelten die GFS-Werte am Ort der Beurteilung als eingehalten, wenn die Konzentrationen der Schadstoffe im Sickerwasser das natürliche Hintergrundwerteniveau für Stoffe im Sickerwasser (Anmerkung: so genannte Bezugsmaßstäbe im UBA-Fachkonzept) nicht überschreiten. Die Konzentration der Stoffe im Sickerwasser wird durch die Untersuchung von Eluaten abgeschätzt. Die Bewertung von Stofffreisetzungen in wässrigen Eluaten muss sich dabei auf das gleiche Wasser-/Feststoffverhältnis beziehen, das auch zur Ableitung der Hintergrundwerte herangezogen wurde.“

Dieses Wasser-/Feststoffverhältnis wurde durch die LAWA (2017) und das BMU in der Mantelverordnung mit 2 Liter pro Kilogramm festgelegt und so im UBA-Fachkonzept umgesetzt (vgl. Kapitel 8). Nach LAWA (2017, Kapitel 3.3) gilt:

„Die mit diesem Bericht abgeleiteten Geringfügigkeitsschwellenwerte sind die wesentliche fachliche Grundlage für die künftige Festlegung der Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser. Folgende Anwendungsgrundsätze sollen bei der Festlegung und Anwendung von Prüfwerten (Verdachtsbewertung), bzw. bei der Frage, ob eine schädliche Gewässeränderung des Grundwassers vorliegt oder zu erwarten ist (Gefahrenbewertung) berücksichtigt werden:

*1. Der Stoffeintrag in das Grundwasser erfolgt über das Sickerwasser. Eluate von unbelasteten Böden Deutschlands weisen **bei einem Wasser-/Feststoffverhältnis (W/F) von 2 l·kg⁻¹** für eine Reihe von anorganischen Stoffen Konzentrationen deutlich oberhalb der GFS auf (Utermann, 2011). Wird das Sickerwasser durch ein nach dieser Methode gewonnenes Eluat*

charakterisiert, zeigt bei diesen Stoffen erst eine deutliche Überschreitung des in der ungesättigten Bodenzone natürlicherweise zu erwartenden Konzentrationsniveaus einen Gefahrenverdacht an.“

6.2.2 Wasserrechtliche Grundlagen in Österreich

In Österreich sind die wasserrechtlichen Vorschriften im Ergebnis nicht anders zu bewerten als in Deutschland: Gewässer sind in ihrer natürlichen Beschaffenheit zu erhalten, (absehbare) Beeinträchtigungen sind ohne Bewilligung durch die Behörde nicht zulässig. Nur geringfügige Einwirkungen sind von dieser Bewilligungspflicht ausgenommen. Denn nach dem Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) gilt:

§ 30 WRG (Ziele)

„1. Unter Reinhaltung der Gewässer wird in diesem Bundesgesetz die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht (Wassergüte), unter Verunreinigung jede Beeinträchtigung dieser Beschaffenheit und jede Minderung des Selbstreinigungsvermögens verstanden.“

§ 32 WRG (Bewilligungspflichtige Maßnahmen)

„Einwirkungen auf Gewässer, die unmittelbar oder mittelbar deren Beschaffenheit (§ 30 Abs. 3) beeinträchtigen, sind nur nach wasserrechtlicher Bewilligung zulässig. Bloß geringfügige Einwirkungen, insbesondere der Gemeingebrauch (§ 8) sowie die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung ..., gelten bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Beeinträchtigung.“

Nach Maßgabe des Abs. 1 bedürfen einer Bewilligung insbesondere

- *„die Einbringung von Stoffen in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand in Gewässer (Einbringungen) mit den dafür erforderlichen Anlagen,*
- *Maßnahmen, die zur Folge haben, dass durch Eindringen (Versickern) von Stoffen in den Boden das Grundwasser verunreinigt wird“*

Mit dem letzten Spiegelanstrich erscheint auch die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken umfasst, die in Deutschland durch das damalige BMUB und auch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) als so genannte „unechte“ Benutzung des Grundwassers nach dem deutschen WHG § 9 (2) Punkt 2 gewertet wird.

Im Unterschied zu Deutschland gibt es in Österreich nach unserem Erkenntnisstand keine mit der LAWA vergleichbare Institution, die ähnlich dem deutschen Geringfügigkeits-schwellenwertkonzept die Geringfügigkeit von Einwirkungen näher bestimmt und mit konkreten Schwellenwerten hinterlegt hätte.

Es gibt allerdings für eine Reihe von Parametern Schwellenwerte für das Grundwasser gemäß Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW). Wenn durch die Einbringung oder das Versickern von Stoffen in das Grundwasser diese Werte nicht überschritten werden, ist keine Verschmutzung des Grundwassers gegeben. Denn nach § 7 Abs. 2 QZV Chemie GW gilt: *"Bei der Bewilligung von Einbringungen der in Anlage 2 oder 3 angeführten Schadstoffe in das Grundwasser sind die zulässigen Schadstofffrachten so zu begrenzen, dass eine Verschlechterung (§§ 4 und 5) bzw. eine Verschmutzung des Grundwassers (§ 30 Abs. 3 Z 3 WRG 1959) verhindert wird. Eine Verschmutzung des Grundwassers durch Stoffe, für die in Anlage 1 ein Schwellenwert festgelegt wurde, ist jedenfalls dann nicht gegeben, wenn diese Schwellenwerte bei Eintritt in das Grundwasser eingehalten werden. Wird ein Schwellenwert bei Eintritt in das Grundwasser überschritten, ist zu prüfen, ob eine Verschlechterung bzw. eine Verschmutzung des Grundwassers gegeben ist."*

6.2.3 Vergleich der wasser- und bodenschutzrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (hier: EOS) in Deutschland und Österreich

Die grundlegenden Anforderungen aus dem Gewässerschutz (Grundwasserschutz) sind in Deutschland (hier zusätzlich auch Bodenschutz) und in Österreich sehr ähnlich. Sie bedeuten für das Vorliegen eines Nebenprodukts offensichtlich, dass für den beabsichtigten Verwendungszweck sichergestellt sein muss, dass nicht mehr als geringfügige Einwirkungen (Auswirkungen) auf die Gewässer (im Speziellen: das Grundwasser) zu erwarten sein dürfen.

Ein maßgeblicher Unterschied ergibt sich dadurch, dass die LAWA in Deutschland den rechtlich unbestimmten Besorgnisgrundsatz mit fachlichen Beurteilungskriterien (Geringfügigkeitsschwellenwerte für den jeweiligen Stoff/Parameter und Grundsätze zu deren Anwendung) und zugehörigen Anwendungsregeln konkretisiert hat. Für den Anwendungsbereich Bodenschutzrecht / Abfallrecht (also die Verwertung von Bodenmaterial in Verfüllungen und mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken) hat die LAWA (2017) Grundsätze für die Anwendung der GFS zur Berücksichtigung im Grenzwertableitungskonzept für die Mantelverordnung formuliert. Diese wurden im UBA-Fachkonzept und damit in der Ersatzbaustoffverordnung umgesetzt.

Während in Deutschland „bei Verwendung von Ersatzbaustoffen in definierten Einbauweisen die GFS-Werte für nicht retardierbare Stoffe auch dann als eingehalten gelten, wenn die nur über einen kurzen Zeitraum und über ein räumlich begrenztes Volumen gemittelten Stoffkonzentrationen die GFS-Werte überschreiten“, müssen in Österreich nach der QZV Chemie GW die Schwellenwerte aufgrund fehlender vergleichbarer Anwendungsregeln wohl direkt angewendet werden. Welche Auswirkungen dies haben kann, wird in Kapitel 6.4 mit

einem tabellarischen Vergleich der materiellen Anforderungen in Deutschland und Österreich untersucht.

6.3 Bestehende und in Kraft tretende Regelungen in Deutschland zum Einsatz von EOS (SWS) als mineralischer Ersatzbaustoff in technischen Bauwerken (AP-2)

6.3.1 Regelungen zur Verwertung von Stahlwerksschlacken in Deutschland

6.3.1.1 Bestehende Regelungen nach LAGA und Technischen Regelwerken

Die Ländergemeinschaft Abfall (LAGA) hat mit Ihrer Mitteilung Nr. 20 (LAGA M 20, 1997) Zuordnungswerte für die chemische Güteüberwachung von Stahlwerksschlacken festgelegt. Eine Fortschreibung mit den „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“ aus dem Jahr 2004 (LAGA, 2004) ist allerdings gescheitert. Es wurde nur der allgemeine Teil und das Kapitel Bodenmaterial fortgeschrieben. Abgesehen davon, dass dieses Regelwerk in vielen Ländern nie offiziell für die Anwendung im Verwaltungsvollzug eingeführt wurde, genügt es auch nicht den Anforderungen des später in Kraft getretenen Bodenschutzrechts, insbesondere des vorsorgenden Bodenschutzes. Dies hat auch das Bundesverwaltungsgericht im sog. "Tongrubenurteil" festgestellt: *„Die in der Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (4. Aufl., Stand: 6. November 1997) enthaltenen Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln - sind als Empfehlungen eines sachkundigen Gremiums keine normkonkretisierenden Verwaltungsvorschriften und können damit weder für die Behörde noch für das Gericht verbindliche Geltung beanspruchen.“*

Deshalb hat das Bundesumweltministerium bundesweit verbindliche Regelungen zur Verwertung von Bodenmaterial und mineralischen Ersatzbaustoff im Rahmen der sog. Mantelverordnung entwickelt. Die MantelV tritt am 01. August 2023 in Deutschland in Kraft.

Dennoch setzen einige Bundesländer in Deutschland die LAGA M 20 (1997) um. Die LAGA M 20 (1997) hat für Elektroofenschlacken aus Stahlgießereien nur eine Klasse Z 1/Z 2 mit einzuhaltenden Eluatwerten für pH und Leitfähigkeit von 5 bis 12 und 1.000 µS/cm und für Chrom (ges.) und Nickel von jeweils 20 µg/L eingeführt. In allen bisherigen Regelungen gilt das Schütteleluationsverfahren bei einer Wasser- zu Feststoffrate von 10 Liter pro kg (WF 10).

Nach LAGA M 20 (1997) können Elektroofenschlacken bei Einhaltung dieser 4 Eluatwerte in so genannten Z 2-Bauweisen (Bauweisen mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, wie Tragschichten unter wasserundurchlässiger Deckschicht oder gebundenen Tragschichten unter schwach durchlässiger Deckschicht und bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen, d.h. 1 Meter mächtige bindige Schichte und 1 Meter Grundwasserabstand) und im

Deponiebau verwertet werden. Unter bestimmten Nutzungseinschränkungen dürfen EOS nach LAGA (1997) auch in Z 1-Einbauweisen mit einer definierten Abdeckung auf Flächen, die im Hinblick auf ihre Nutzung unempfindlich sind, eingesetzt werden. Im Straßen- und Wegebau sind das zum Beispiel befestigte Flächen (Parkplätze, Lagerflächen) in Industrie- und Gewerbegebieten.

Andere Bundesländer, wie NRW und BW haben eigene Ländererlasse oder ergänzende Technische Lieferbedingungen (ETL) zum Einsatz von Stahlwerksschlacken entwickelt. In diesem Zusammenhang sind die Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB Ausgabe 2004/Fassung 2007) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) relevant, die mit Tabelle D1 „im Rahmen der Erstprüfung und der Güteüberwachung einzuhaltende Richt- und Prüfwerte im Eluat“ unter anderem für Stahlwerksschlacken einführt. Gegenüber LAGA M 20 (1997) sind hier Erfahrungen insbesondere aus den Gemeinderunderlassen des Umweltministeriums in NRW eingeflossen. So ergibt sich nach TL Gestein-StB eine deutlich differenziertere Klassifizierung (vergleiche **Tabelle 1**).

Tabelle 1: Auszug aus Tabelle D 1 zu den im Rahmen der Erstprüfung und der Güteüberwachung einzuhaltenden Richt- und Prüfwerte im WF 10-Eluat für Stahlwerksschlacken der Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB Ausgabe 2004/Fassung 2007).

Baustoff		SWS-1	SWS-2	SWS-3
Kenngröße				
pH-Wert ¹⁾	–	10–13 ³⁾	10–13 ³⁾	10–13 ³⁾
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1500 ⁴⁾	1500 ⁴⁾	1500 ⁴⁾
Ammonium-N	mg/L			
Chlorid	mg/L			
Sulfat	mg/L			
Cyanid (i. fr.)	mg/L			
Fluorid	mg/L	0,75 ⁵⁾	2 ⁵⁾	5 ⁵⁾³⁾
DOC	mg/L			
Phenolindex	µg/L			
Arsen	µg/L			
Blei	µg/L			
Cadmium	µg/L			
Chrom, ges.	µg/L	30	75	100
Kupfer	µg/L			
Nickel	µg/L			
Quecksilber	µg/L			
Vanadium	µg/L	50	100	250 ¹⁰⁾
Zink	µg/L			

³⁾ Bei EOS: pH-Wert bis 12,5, Fluorid bis 2 mg/L.

⁴⁾ Überschreitungen bedeuten bei LDS mit pH-Wert > 11 allein kein Ausschlusskriterium.

⁵⁾ Nur zu bestimmen, wenn fluorhaltige Zusätze im Verfahren eingesetzt werden.

¹⁰⁾ Bei LDS bis 100 µg/L.

Durch die vorgenommene Unterteilung in verschiedene Klassen (SWS 1 bis 3) wird ein aus hydrologischer Sicht differenzierter Einbau ermöglicht.

Bei der Verwendung von industriell hergestellten Gesteinskörnungen (wie die hier besprochenen Stahlwerksschlacken) und RC-Baustoffen sind verschiedene Regelwerke zu berücksichtigen. Insbesondere in den „Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen (RuA StB, 2001)“ sind zulässige Einbauweisen unter anderem für Stahlwerksschlacken festgelegt, nach welchen verschiedene Bundesländer arbeiten. Die RuA StB stellt eine Weiterentwicklung der Einbauklassen der LAGA M 20 (1997) durch die FGSV dar. Die RuA StB wurde mit Blick auf die Mantelverordnung des

Bundes nicht mehr weiterentwickelt. Der unveröffentlichte Entwicklungsstand aus dem Jahr 2005 floss in den Umwelt-Verkehrswegeausschuss für die Ersatzbaustoffverordnung mit ein.

Nach RuA StB werden unter anderem für Stahlwerksschlacken, in Abhängigkeit ihrer Klasse, Tafeln zu den zulässigen Einbauweisen bereitgestellt. Demnach wären SWS-1 und SWS-2 in wasserundurchlässigen und in wasserteildurchlässigen Einbauweisen stets zulässig, wenn der Einbau außerhalb von Wasserschutzgebieten erfolgt und ein Mindestgrundwasserabstand von 1 Meter vorliegt. Bei wasserdurchlässigen Einbauweisen gibt es weitere Nutzungseinschränkungen.

6.3.1.2 Regelung nach Ersatzbaustoffverordnung

Die Herleitung der so genannten medienschutzbasierten Einbauwerte für die bei Stahlwerksschlacken relevanten Stoffe, ist Gegenstand des Kapitels 8. Die Materialklassifizierung von Stahlwerksschlacken mit so genannte Materialwerten im *WF 2* - Eluat und deren Herleitung sowie die Herleitung der zulässigen Einbauweisen ist Gegenstand des Kapitels 9.1. Anhang 13.2 gibt einen detaillierten Überblick zu Regelungsinhalten, parlamentarischen Verfahren und den nun umgesetzten Maßgaben des Bundesratsbeschlusses in der MantelV in Deutschland. Im Folgenden werden die Regelungen zu Stahlwerksschlacken anhand von Auszügen aus der Bundesrats-Beschlussdrucksache 587-20(B) und der MantelV im BGBl kurz wiedergegeben.

Unter dem Begriff Stahlwerksschlacken werden folgende Schlackenarten subsummiert, so auch die hier in Rede stehende Elektroofenschlacke (EOS).

Textauszug aus der EBV (Artikel 1, MantelV, BGBl 16. Juli 2021) zur Begriffsdefinition:

§ 2

Begriffsbestimmungen

Für diese Verordnung gelten folgende Begriffsbestimmungen:

20. Stahlwerksschlacke:

Schlacke, die bei der Verarbeitung von Roheisen, Eisenschwamm und aufbereitetem Stahlschrott zu Stahl im Linz-Donawitz-Konverter oder im Elektroofen anfällt, mit Ausnahme von Schlacken aus der Edelstahlherstellung sowie der im früher verwendeten Siemens-Martin-Verfahren angefallenen Schlacken;

Es werden zwei Materialklassen von Stahlwerksschlacken unterschieden, die über die Orientierungsparameter pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit und die Materialwerte für regelungsrelevante Stoffe in *WF 2*-Eluaten von SWS definiert sind. Die Materialklasse SWS-1

ist eine günstigere Qualität mit niedrigen Eluatwerten. SWS-2 weist höhere zulässige Materialwerte auf. Stahlwerksschlacken, die die Materialwerte von SWS-2 überschreiten, müssen deponiert werden.

Tabellenauszug aus der EBV zu den Materialwerten im WF 2-Eluat:

Tabelle 1

Materialwerte für geregelte Ersatzbaustoffe ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut

MEB		SWS-1	SWS-2
Parameter	Dim.		
pH-Wert¹		9-13	9-13
Elektrische Leitfähigkeit²	µS/cm	10 000	10 000
Chlorid	mg/l		
Sulfat	mg/l		
Fluorid	mg/l	1.1	4.7
DOC	mg/l		
PAK₁₅³	µg/l		
PAK₁₆⁴	mg/kg		
Antimon	µg/l		
Arsen	µg/l		
Blei	µg/l		
Cadmium	µg/l		
Chrom, ges.	µg/l	110	190
Kupfer	µg/l		
Molybdän	µg/l	55	400
Nickel	µg/l		
Vanadium	µg/l	180	450
Zink	µg/l		

¹ Nur bei GRS Grenzwert, ansonsten stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

² Stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

Vor dem Einbau eines mineralischen Ersatzbaustoffes muss die Einbaukonfiguration am Einbauort bestimmt und behördlich bestätigt werden. Im Einzelnen werden der

Grundwasserabstand, die Lage zu Wasserschutzgebieten und die Art des Untergrundes (Sand oder Lehm/Schluff/Ton) bestimmt.

Tabellenauszug aus der EBV zu den Einbaukonfigurationen mineralischer Ersatzbaustoffe, wie zum Beispiel Stahlwerkschlacken:

Anlage 2

(zu § 1 Absatz 2 Nummer 3, § 2 Nummer 3 und 16, § 19 Absatz 2, Absatz 3 Nummer 2, Absatz 6 bis 8, § 20, § 21 Absatz 2, § 22 Absatz 1 und 2 sowie § 25 Absatz 1 Nummer 5 und Absatz 3 Nummer 5 bis 8)

Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken

Erläuterungen

In den Einbautabellen werden die Konfigurationen der Grundwasserdeckschichten unterschieden in „ungünstig“, „günstig - Sand“ und „günstig - Lehm/Schluff/Ton“.

Die Konfigurationen der natürlich vorliegenden oder herzustellenden Grundwasserdeckschichten werden wie folgt festgelegt.

Konfiguration der Grundwasserdeckschicht	ungünstig Sand oder Lehm/Schluff/Ton	günstig	
		Sand	Lehm/Schluff/Ton
grundwasserfreie Sickerstrecke	<p>für RC-1, BM-0, BM-0*, BM-F0*, BM-F1, BG-0, BG-0*, BG-F0*, BG-F1, GS-0, GS-1, SWS-1, CUM-1, HOS-1, HS, SKG: $\geq 0,1 - 1$ m</p> <p>für alle anderen MEB: $\geq 0,5 - 1$ m</p> <p>jeweils zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m</p>	<p>für alle MEB: >1 m</p> <p>zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m</p>	<p>für alle MEB: >1 m</p> <p>zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,5 m</p>

Innerhalb von Wasserschutzbereichen sind die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen auf günstige Eigenschaften der Grundwasserdeckschichten (Sand oder Lehm/Schluff/Ton, grundwasserfreie Sickerstrecke > 1 m) beschränkt.

Bei der Beurteilung der Zulässigkeit von mineralischen Ersatzbaustoffen bei nicht gedeckten Baustraßen in Verfüllungen sowie bei der Böschungsstabilisierung ist § 8 Absatz 6 BBodSchV zu beachten.

Der Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen gemäß den Einbauweisen Nummer 7 und 8 ist bei Straßen mit Entwässerungsrinnen und vollständiger Entwässerung über das Kanalnetz bei günstigen und ungünstigen Eigenschaften der Grundwasserdeckschichten außerhalb und innerhalb von Wasserschutzbereichen zulässig.

Bei allen Einbauweisen der Tabellen ist berücksichtigt, dass bei Straßen im Bankett- und Böschungsbereich eine Durchsickerung stattfindet.

Mit Tabellenwerken kann für jede gemäß den technischen Regelwerken eindeutig definierte Einbauweise und in Abhängigkeit der Einbaukonfiguration festgestellt werden, ob der Einbau

zulässig ist „+“ oder nicht „-“. In Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit und Durchströmung von Bauwerken, der Einbaukonfiguration und der Materialklasse ergeben sich mehr oder weniger zulässige Einbauweisen. Die Bauweisen 1 bis 6 sind wasserundurchlässig, 7 bis 10 sind teilwasserdurchlässig und 11 bis 17 in unterschiedlichem Maß wasserdurchlässig.

Tabellenauszug aus der EBV zu den zulässigen Einbauweisen von Stahlwerksschlacken:

Tabelle 16: Stahlwerksschlacke der Klasse 1 (SWS-1)

Stahlwerksschlacke der Klasse 1 (SWS-1)									
Einbauweise	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht								
	außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen					
	un- günstig	günstig		günstig					
		Sand	Lehm/Schluff /Ton	WSG III A HSG III		WSG III B HSG IV		Wasservor- ranggebiete	
	Sand			Lehm/ Schluff /Ton	Sand	Lehm/ Schluff /Ton	Sand	Lehm/ Schluff /Ton	
1	2	3	4		5		6		
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden								
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht								
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht								
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht								
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten								
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung								
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht								
8	Frostschuttschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht								
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise								
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE								
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen								
12	Deckschicht ohne Bindemittel ⁷⁾								
13	ToB, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel								
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen								
15	Bauweisen 13 unter Pflaster								
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE								
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht								

1) Zulässig, wenn Chrom, ges. ≤ 15 µg/l und Vanadium ≤ 30 µg/l.

2) Zulässig, wenn Vanadium ≤ 55 µg/l.

3) Zulässig, wenn Vanadium ≤ 90 µg/l.

4) Zulässig wenn „K“, Chrom, ges. ≤ 65 µg/l und Vanadium ≤ 130 µg/l, oder wenn Chrom, ges. ≤ 15 µg/l und Vanadium ≤ 30 µg/l.

5) Zulässig wenn „M“, Chrom, ges. ≤ 25 µg/l und Vanadium ≤ 50 µg/l, oder wenn Chrom, ges. ≤ 15 µg/l und Vanadium ≤ 30 µg/l.

6) Zulässig wenn „M“ oder wenn Vanadium ≤ 120 µg/l.

7) Zugelassen, wenn das zum Einbau vorgesehene Korngrößengemisch bei Einstufung nach dem CBR-Wert der Klasse CBR 50/25 nach DIN EN 14227-2, „Hydraulisch gebundene Gemische - Anforderungen - Teil 2: Schlackengebundene Gemische“ Ausgabe August 2013, entspricht.

Tabelle 17: Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)

Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)									
Einbauweise	Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht								
	außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen					
	un- günstig	günstig		günstig					
		Sand	Lehm/Schluff /Ton	WSG III A HSG III		WSG III B HSG IV		Wasservor- ranggebiete	
	Sand			Lehm/ Schluff /Ton	Sand	Lehm/ Schluff /Ton	Sand	Lehm/ Schluff /Ton	
1	2	3	4		5		6		
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Frostschuttschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	+1)	+	+	+1)	+	+1)	+	+
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	-	-	+	+	+
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen ⁸⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
12	Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾⁹⁾	-	+	+	-	-	+	+	+
13	ToB, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾	-	-	+2)	-	-	-	-	+2)
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen ⁸⁾	-	+3)	+2)	-	+3)	-	+3)	- +2) 3)
15	Bauweisen 13 unter Pflaster ⁸⁾	-	+4)	+2)	-	+4)	-	+4)	- +2) 4)
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE ⁸⁾	-	+5)	+6)	-	+5)	-	+5)	+5)
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht ⁸⁾	-	+7)	+7)	-	+7)	-	+7)	+7)

1) Zulässig, wenn Vanadium ≤ 230 µg/l und Chrom, ges. ≤ 110 µg/l.

2) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

3) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 90 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

4) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 180 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

5) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 320 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

6) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

7) Zulässig wenn „M“ Molybdän ≤ 90 µg/l, Vanadium ≤ 200 µg/l und Fluorid ≤ 1,9 mg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 120 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

8) Nicht zugelassen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten oder Park- und Freizeitanlagen, es gelten die Begriffsbestimmungen gem. Artikel 2 Abschnitt 1 § 2 Nr. 18, 19, 20 (BBodSchV).

9) Zugelassen, wenn das zum Einbau vorgesehene Korngrößengemisch bei Einstufung nach dem CBR-Wert der Klasse CBR 50/25 nach DIN EN 14227-2, Ausgabe August 2013, entspricht.

6.3.2 Regelungen zur Verwertung von Stahlwerksschlacken in Österreich

Es gibt nach unserem Erkenntnisstand keine vergleichbaren Regelungen zur Verwertung von Elektroofenschlacken in technischen Bauwerken in Österreich. Die österreichische Recycling-Baustoffverordnung (RBV) regelt mit § 2 Abs. 2a in Verbindung mit § 13 Z 8 und § 17 Z 3 ausschließlich die Aufbereitung und Verwertung von Stahlwerksschlacken für Asphaltmischgut der Klasse D, wobei nach der Definition für Stahlwerksschlacken in § 3, Z. 17 Elektroofenschlacken ausdrücklich nicht berücksichtigt sind.

Eine solche Nichtregelung bedeutet im Umkehrschluss selbstverständlich nicht eine freie Verwendung. Vielmehr ist eine Feststellung der Umweltverträglichkeit im Einzelfall nach den vorgenannten gesetzlichen Rahmenbedingungen aus dem Boden- und Grundwasserschutz erforderlich, was ohne abgeleitete Materialwerte und zulässige Einbauweisen außerordentlich komplex sein dürfte.

In Deutschland wird dieses Erfordernis in § 21 (2) und (3) der EBV in Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021 bezüglich abweichender Einbauweisen und der Verwertung von Stoffen oder Materialklassen, die in der EBV nicht geregelt sind, ausdrücklich festgelegt.

Textauszug aus der EBV zur behördlichen Entscheidung im Einzelfall bei abweichenden Einbauweisen und/oder Stoffen oder Materialklassen:

§ 21

Behördliche Entscheidungen

(1) Werden die Anforderungen nach den §§ 19 und 20 eingehalten, bedürfen Einbaumaßnahmen keiner Erlaubnis nach § 8 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes.

(2) Auf Antrag des Bauherrn oder des Verwenders kann die zuständige Behörde im Einzelfall Einbauweisen zulassen, die nicht in Anlage 2 oder 3 aufgeführt sind, wenn nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen nicht zu besorgen sind.

(3) Auf Antrag der Bauherren oder des Verwenders kann die zuständige Behörde im Einzelfall die Verwertung von Stoffen oder Materialklassen, die nicht in der Ersatzbaustoffverordnung geregelt sind, in technischen Bauwerken zulassen, wenn nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen nicht zu besorgen sind.

6.3.3 Vergleich der Regelungen zur Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (hier: EOS) in Deutschland und Österreich

In Deutschland wird der Einsatz von Stahlwerksschlacken aktuell in den verschiedenen Bundesländern sehr unterschiedlich geregelt. Nur manche Länder haben die LAGA M 20 eingeführt, die allerdings eine mangelnde Rechtsqualität aufweist. Andere Bundesländer haben eigene Verwertungserlasse oder führen Technische Regelwerke ein. Die LAGA M 20 regelt nur eine Qualitätsklasse von Stahlwerksschlacken, die sehr begrenzt in gebundenen Bauweisen mit technischen Sicherungsmaßnahmen bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen (1 Meter mächtige bindige Schichte und 1 Meter Grundwasserabstand) und im Deponiebau verwertet werden kann. Nur unter strengen Nutzungseinschränkungen dürfen SWS nach LAGA auch in Z 1-Einbauweisen mit einer definierten Abdeckung auf Flächen, die im Hinblick auf ihre Nutzung unempfindlich sind (Parkplätze, Lagerflächen in Industrie- und Gewerbegebieten), verwendet werden.

Die Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau weisen eine deutlich differenziertere Klassifizierung von Stahlwerksschlacken auf. Durch die vorgenommene Unterteilung in verschiedene Klassen (SWS 1 bis 3) wird ein aus hydrologischer Sicht differenzierter Einbau ermöglicht. Demnach wären SWS-1 und SWS-2 in wasserundurchlässigen und in wasserteildurchlässigen Einbauweisen stets zulässig, wenn der Einbau außerhalb von Wasserschutzgebieten erfolgt und ein Mindestgrundwasserabstand von 1 Meter vorliegt. Bei wasserdurchlässigen Einbauweisen gibt es weitere Nutzungseinschränkungen.

Nach der Ersatzbaustoffverordnung werden zwei Materialklassen von Stahlwerksschlacken unterschieden, die über Orientierungsparameter und Materialwerte für regelungsrelevante Stoffe in WF 2-Eluaten von SWS definiert sind. Erstmals sind diese Werte fachlich nachvollziehbar über eine medien-schutzbasierte Beurteilung abgeleitet. Die Materialklasse SWS-1 ist eine günstigere Qualität mit niedrigen Eluatwerten, die auch in wasserdurchlässigen Bauweisen eingesetzt werden kann, wenn ein Grundwasserabstand von 1,5 Meter und günstige Bodenbedingungen vorliegen. SWS-2 weist höhere zulässige Materialwerte auf und kann nur in gebundenen und teildurchströmten Bauweisen bei günstigen hydrogeologischen Bedingungen eingesetzt werden. Stahlwerksschlacken, die die Materialwerte von SWS-2 überschreiten, müssen deponiert werden.

In Österreich gibt es keine vergleichbaren Regelungen. Die Recycling-Baustoffverordnung regelt ausschließlich die Aufbereitung und Verwertung von Stahlwerksschlacken für Asphaltmischgut der Klasse D (gebundene Bauweisen), wobei hier Elektroofenschlacken ausdrücklich nicht berücksichtigt sind. Folglich ist eine Feststellung der Umweltverträglichkeit

im Einzelfall nach den vorgenannten gesetzlichen Rahmenbedingungen aus dem Boden- und Grundwasserschutz erforderlich, was ohne abgeleitete Materialwerte und zulässige Einbauweisen außerordentlich komplex sein dürfte.

6.4 Vergleich der materiellen Anforderungen in Deutschland und Österreich (AP-3)

6.4.1 Grundwasserschwellenwerte

Die Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA und die Grundwasserschwellenwerte der QZV Chemie GW verfolgen grundsätzlich eine ähnliche Zielsetzung: Durch die Einbringung oder das Versickern von Stoffen in das Grundwasser dürfen diese Werte nicht überschritten werden. In beiden Ländern gelten diese Werte grundsätzlich im Grundwasser. **Tabelle 2** vergleicht die österreichischen Grundwasserschwellenwerte (QZV Chemie GW) mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA (2017), hier nur für anorganische Parameter, da nur diese für die Beurteilung von SWS bzw. EOS relevant sind.

Für die Beurteilung des Einsatzes von mineralischen Ersatzbaustoffen in Deutschland werden allerdings die GFS der LAWA nicht direkt angewendet, sondern es kommen verschiedene Anwendungsregeln zum Tragen. Gemäß EBV darf innerhalb des Bewertungszeitraums von 200 Jahren die Konzentration am Ort der Beurteilung (1 Meter unter UK des Bauwerks bzw. der am tiefsten liegenden Einbauschicht) keines der zu betrachtenden Stoffe die GFS bzw. den so genannten Bezugsmaßstab übersteigen (vgl. auch Kapitel 13.3.1). In der Regel ist der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) der maßgebliche kritische Wert am Ort der Beurteilung für die Bewertung der Einbaumöglichkeiten der MEB. Bei einigen, auch natürlich vorkommenden Elementen, wird die GFS jedoch bereits in Sickerwässern von unbelasteten Böden überschritten. In diesen Fällen werden höhere Werte als die GFS als Bezugsmaßstab für WF 2-Eluate abgeleitet, um natürliche unbelastete Böden weiterhin uneingeschränkt verwenden zu können. Hierzu wurden hunderte natürliche Bodenmaterialien aus Hintergrundgebieten im WF 2-Eluat untersucht und statistisch ausgewertet (detailliert in Kapitel 3.4.2 in UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018). Die Geringfügigkeitsschwellenwerte bzw. die Bezugsmaßstäbe stellen also die Zielwerte der Modellierungen zur Grenzwertableitung für mineralische Ersatzbaustoffe in Deutschland dar und können für den nachfolgenden tabellarischen Vergleich herangezogen werden. Da in Österreich eine entsprechende Anwendungsregel (wie hier zur Berücksichtigung von Hintergrundwerten) fehlt, müssen die österreichischen Grundwasserschwellenwerte zur Beurteilung der Auswirkungen von mineralischen Ersatzbaustoffen direkt herangezogen werden.

Beim Vergleich der Werte in **Tabelle 2** wird deutlich, dass gerade für die zur Bewertung von Stahlwerkschlacken oder EOS besonders relevanten Parameter, Fluorid, Molybdän und

Vanadium keine Grundwasserschwellenwerte in Österreich festgelegt sind. Es kann aber gezeigt werden, dass mit der Ausnahme von Kupfer die Zielwerte der medien-schutzbasierten Beurteilung in Deutschland und die österreichischen Grundwasserschwellenwerte vergleichbar sind (geringe Abweichungen für Arsen und Nickel, konservativere Werte für Chlorid, Sulfat und Blei in Österreich, dagegen sind Cadmium und Chrom (ges.) in Deutschland strenger bewertet). Der niedrige Geringfügigkeitsschwellenwert für Kupfer in Deutschland beruht auf der zusätzlichen ökotoxikologischen Beurteilung des Grundwassers durch die LAWA. Zieht man den österreichischen Schwellenwert für die Beurteilung von Oberflächengewässern heran, so liegt dieser mit 8,8 µg/L (QZV Chemie OG) aber ebenfalls im niedrigen Bereich der GFS. Der Grenzwert für Kupfer nach der deutschen novellierten Trinkwasserverordnung (TVO, 2003) liegt aufgrund der humantoxikologischen Bewertung dagegen ebenfalls im mg/L Bereich (2.000 µg/L).

Tabelle 2: Vergleich der für die medien-schutzbasierte Beurteilung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Deutschland relevanten Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS der LAWA, 2017) bzw. Bezugsmaßstäbe (BM, UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018) mit den österreichischen Grundwasserschwellenwerten (QZV Chemie GW) für anorganische Stoffe.

Stoff/Parameter	GFS (LAWA, 2017) [µg L ⁻¹]	Zielwert medien-schutzbasiertes Modell: GFS bzw. BM (UBA Texte 26/2018) [µg L ⁻¹]	QZV Chemie GW (RIS, 2020) [µg L ⁻¹]
Chlorid	250.000	250.000	180.000
Sulfat	250.000	250.000	225.000
Fluorid	900	900	-
Antimon	5	5	-
Arsen	3,2	8	9
Blei	1,2	23	9
Cadmium	0,3	2,0	4,5
Chrom (ges.)	3,4	10	45
Kupfer	5,4	20	1.800 ¹
Molybdän	35	35	
Nickel	7	20	18
Vanadium	4	20	
Zink	60	100	

1: Wert nach QZV Chemie OG (RIS, 2020): 8,8 µg/L

Zwischenfazit Vergleich Grundwasserschwellenwerte:

Nicht nur die Zielsetzung des vorsorgenden Grundwasserschutzes der beiden Länder ist vergleichbar („Durch die Einbringung oder das Versickern von Stoffen in das Grundwasser dürfen bestimmte Werte nicht überschritten werden“) sondern auch die Zielgrößen des Grundwasserschutzes in Form von konzentrationsbasierten Grenzwerten. Der Vergleich der GFS der LAWA (2017) und der Grundwasser- und Oberflächengewässerschwellenwerte nach QZV Chemie GW und OG zeigt, dass für die Beurteilung der Zulässigkeit des Einsatzes von mineralischen Ersatzbaustoffen vergleichbare Grenzen zwischen Erheblichkeit und Unerheblichkeit von Einwirkungen auf das Grundwasser in Deutschland und Österreich bestehen und das deutsche GFS-Konzept auf Österreich grundsätzlich übertragbar ist. Mit Sicherheit aber können „österreichische GFS“ höchstens so groß sein, wie die in der QZV Chemie GW festgelegten Schwellenwerte. Da in Österreich Anwendungsregeln (wie in Deutschland beispielsweise zur Berücksichtigung von Hintergrundwerten) fehlen, müssen die österreichischen Grundwasserschwellenwerte zur Beurteilung der Auswirkungen von mineralischen Ersatzbaustoffen aus fachlicher Sicht direkt herangezogen werden.

6.4.2 Grenzwerte für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen

Der Vergleich von Grenzwerten im Eluat (es gibt in beiden Ländern auch Grenzwerte im Feststoffgehalt, die hier nicht betrachtet werden) für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen ist ungleich schwieriger. Erstens sind die Grenzwerte in *WF* 10-Eluaten (Österreich) und in *WF* 2-Eluaten (Deutschland) aufgrund der methodischen Verdünnungseffekte nicht direkt miteinander vergleichbar. Zweitens unterscheiden sich die Festlegungen / Anwendungsregeln in Deutschland. Gemäß der Anwendungsregeln der LAWA (2017) und deren Umsetzung im UBA-Grenzwertableitungskonzept für die Ersatzbaustoffverordnung sind die GFS bzw. Bezugsmaßstäbe im *WF* 2-Eluat von mineralischen Ersatzbaustoffen nur dann direkt einzuhalten, wenn die Untergrundkonstellation ungünstig ist, also wenn keine Unterlagerung durch Sand oder Lehm/Schluff/Tonböden vorliegt und der Grundwasserabstand einen Meter + 0,5 m Sicherheitsabstand unterschreitet (vgl. Kapitel 6.1.1. und dortiger Tabellenauszug aus der EBV zu den Einbaukonfigurationen). Die so genannten medienschutzbasierten Einbauwerte (ME) entsprechen in diesem Fall der GFS bzw. dem BM. Die einzuhaltenden Materialwerte im *WF* 2-Eluat für die Materialklassifizierung beinhalten zudem einen so genannten Verhältnismäßigkeitsfaktor in Höhe von 1,5⁶.

⁶ Faktor, der durch das BMUB zur Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit festgelegt wurde, indem die ME mit 1,5 multipliziert wurden. Aus fachlicher Sicht stellt der Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 einen Kompromiss aus Nachhaltigkeit, Unsicherheit von

Bei einem Grundwasserabstand von mindestens einem Meter zzgl. Sicherheitsabstand, werden gemäß dem UBA-Grenzwertableitungskonzept zwei günstige Fälle unterschieden: Unterlagerung mit Sand oder Unterlagerung mit Lehm/Schluff/Ton (Details zur Ableitung der Einbaukonfigurationen und Generalisierung der Sorptionseigenschaften von Böden zeigt Kapitel 3.4.3 in UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018). Basierend auf der Anwendungsregel der LAWA (2017, vgl. Kapitel 6.2.1) wird „bei der Abschätzung der Stoffkonzentrationen im Sickerwasser beim Eintritt in das Grundwasser [...] das Abbau- und Rückhaltevermögen der ungesättigten Bodenzone in begrenztem Maß berücksichtigt...“.

Das Prozedere der Grenzwertableitung ist in Kapitel 8 und in Anhang 13.3 beschrieben (für ein Detailverständnis wird auf UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018 verwiesen). In Kapitel 8.6 sind die daraus resultierenden abschließenden medienenschutzbasierten Einbauwerte (ME) für die relevanten Parameter der Stahlwerksschlacken zusammengefasst.

Zur besseren Einordnung der Grenzwerte für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Österreich im Verhältnis zu den Materialwerten der Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland wird in **Tabelle 3**, vorbehaltlich der oben genannten Grenzen der Vergleichbarkeit wegen der methodischen Unterschiede, folgender Vergleich angestellt:

Für die Zulassung eines mineralischen Ersatzbaustoffes gemäß EBV in Deutschland in allen technischen Einbauweisen und Einbaukonfigurationen, also auch im ungünstigen Fall direkt über dem Grundwasser, muss dieser die medienenschutzbasierten Einbauwerte für den ungünstigen Fall in der wasserwirtschaftlich empfindlichsten Einbauweise Nr. 13 im WF 2 Eluat einhalten (Bauweise mit den höchsten Sickerwasserraten ohne Verdünnungseffekte, vgl. **Tabelle 8**, Spalte ungünstig, Zeile Bauweise Nr. 13 in Kapitel 8.6). Diese Werte werden dann als Materialwerte oder über Fußnotenregelungen festgelegt.

Tabelle 3 Spalten 2 bis 4: Diese Materialwerte (Konzentrationen im WF 2-Eluat) für den umweltoffenen Einsatz in Deutschland (Spalte 2) können einerseits wiederum mit den österreichischen Grundwasserschwelldaten nach QVZ Chemie (Spalte 3, diese wären aufgrund des Fehlens von Anwendungsregeln direkt anzusetzen) und andererseits auch mit österreichischen Werten für den umweltoffenen Einsatz bestimmter Materialien verglichen werden. Zwar gibt es in Österreich offenbar keine systematischen Anwendungsregeln zur Herleitung solcher Werte. Für die umweltoffene Verwertung von Bodenmaterial ist im Bundes-Abfallwirtschaftsplans (2017) aber eine Qualitätsklasse A2-G (Spalte 4) aufgenommen

Modelleingangsparametern, Modellzuverlässigkeit und der Lebensdauer von Bauwerken dar. Der Faktor 1,5 war bereits Grundlage des ersten Arbeitsentwurfs der ErsatzbaustoffV im Jahre 2007 und wurde mit den beteiligten Kreisen intensiv diskutiert.

worden (Band 1, Seite 276f.). Diese Grenzwerte sind Eluatkonzentrationen im *WF* 10-Schütteleluat und gelten für Bodenaushubmaterialien und Recyclingbaustoffe, die im und unmittelbar über dem Grundwasser verwendet werden können (Herstellung von Recycling-Baustoffen der Qualitätsklasse A2-G nur mit nicht verunreinigtem Bodenaushubmaterial bzw. daraus gewonnenen, nicht verunreinigten Bodenbestandteilen). Bei der Qualitätsklasse A2-G sind nicht nur die Eluatkonzentrationen geregelt, sondern auch niedrige Gesamtgehalte (im Bereich von Bodengrenzwerten für eine universelle Nutzbarkeit von Böden).

Tabelle 3 Spalten 5 bis 7: Ein mineralischer Ersatzbaustoff in Deutschland, der in allen technischen Einbauweisen nach EBV im günstigen Fall „Sand“ zulässig ist, muss die medien-schutzbasierten Einbauwerte für den günstigen Fall „Sand“ in der empfindlichsten Einbauweise Nr. 13 einhalten (Bauweise mit den höchsten Sickerwasserraten ohne Verdünnungseffekte (vgl. **Tabelle 8**, Spalte „günstig Sand“, Zeile Bauweise Nr. 13 in Kapitel 8.6). An diesen medien-schutzbasierten Einbauwerten sind die Materialwerte der Materialklasse RC-1 und SWS-1 (hier muss mit Fußnote 2 aber ein niedrigerer Wert für Vanadium festgelegt werden) orientiert (Spalte 5). Zwar gibt es in Österreich keine Grenzwertklassifizierung nach Einbaukonfigurationen nach Recycling-Baustoffverordnung (RBV). Zum Vergleich wird hier dennoch die günstigste RC-Baustoffklasse U-A in Österreich herangezogen (Spalte 7, nicht geklammerte Werte).

Ein mineralischer Ersatzbaustoff, der in Deutschland in allen technischen Einbauweisen nach EBV im günstigen Fall „Lehm/Schluff/Ton“ zulässig ist, muss die medien-schutzbasierten Einbauwerte für den günstigen Fall „Lehm/Schluff/Ton“ in der wasserwirtschaftlich empfindlichsten Einbauweise Nr. 13 einhalten (Bauweise mit den höchsten Sickerwasserraten ohne Verdünnungseffekte (vgl. **Tabelle 8**, Spalte „günstig Lehm/Schluff/Ton“, Zeile Bauweise Nr. 13 in Kapitel 8.6). An diesen medien-schutzbasierten Einbauwerten sind die Materialwerte der Materialklasse RC-2 und SWS-2 (hier muss mit Fußnote 2 aber ein niedrigerer Wert für Molybdän und Fluorid festgelegt werden) orientiert (Spalte 6). Zum Vergleich könnte hier die RC-Baustoffklasse U-B in Österreich herangezogen werden (Spalte 7, geklammerte Werte).

Weiter werden hier auch die Grenzwerte nach österreichischer Recycling-Baustoffverordnung (RBV) für Gesteinskörnungen aus Stahlwerksschlacken direkt aus der Produktion gemäß RBV-Klasse D aufgeführt (Spalte 7, kursive Werte). Diese Materialien sind ausschließlich zur Herstellung von Asphaltmischgut zugelassen.

Bei den österreichischen Werten handelt es um Konzentration im *WF* 10-Eluat, die nicht direkt mit *WF* 2-Konzentrationen verglichen werden können. Deshalb sind in Spalten 2, 5 und 6 jeweils geklammert neben den deutschen Materialwerten im *WF* 2-Eluat, Schätzwerte der korrespondierenden, in der Regel verdünnten *WF* 10-Werte genannt. Die

Umrechnungsfaktoren beruhen auf Erfahrungen des Autors aus zahlreichen Forschungsprojekten. Sie dienen nur als Orientierung und erheben keinen Anspruch auf eine abschließende wissenschaftliche Belastbarkeit. Die Umrechnungsfaktoren für Chlorid und Sulfat von 4 bzw. 2,7 stammen aus Untersuchungen von Abklingfunktionen ausführlicher Säulenversuche und können als robust angesehen werden (vgl. UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018). Für Antimon, Arsen, Blei und Cadmium wird in der Regel kein systematisches Abklingverhalten in ausführlichen Säulenversuchen festgestellt (vgl. UBA Texte 04/2011, Susset & Leuchs, 2011). Einzelbefunde für Nickel, Kupfer und Zink zeigen Umrechnungsfaktoren zwischen 1,8 und 2,8. Hier wurde der Faktor 2 verwendet. Für Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium wurden im Rahmen der vorliegenden Begutachtung umfassende Recherchen angestellt. Es resultieren fachlich belastbare Spannen von Umrechnungsfaktoren für Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium von 1,4 bis 2,0; 2,7 bis 3,8; 1,8 bis 3,1 bzw. 1,9 bis 2,6 für eine Abschätzung der Verdünnung (vgl. Kapitel 9.2.2.4).

Tabelle 3: Vergleich der medienschutzbasierten Einbauwerte (ME) für verschiedene anorganische Stoffe zur Beurteilung der Zulässigkeit der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (MEB) in technischen Einbauweisen nach der deutschen Ersatzbaustoffverordnung (EBV, Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021) mit verschiedenen österreichischen Grenzwerten für die Verwertung. Es werden in Deutschland drei Einbaukonfigurationen unterschieden: Die ME für die freie Verwendung von MEB, auch im ungünstigen Fall eines Grundwasserabstandes von weniger als 1 Meter (Spalte 2), werden mit den österreichischen Grundwasserschwellenwerten (Spalte 3, QZV Chemie GW) und den Grenzwerten für den umweltoffenen Einsatz von Bodenmaterialien der Qualitätsklasse A2-G nach dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan (Spalte 4, BAWP) verglichen. Die ME für die Verwendung von MEB im günstigen Fall eines ausreichenden Grundwasserabstandes über Sand (Spalte 5, SWS-1₂) und RC-1) oder über Lehm/Schluff/Ton (Spalte 6, SWS-2₂) und RC-2) werden mit den Qualitätskriterien aus der österreichischen Recycling-Baustoffverordnung (RBV) für RC-Baustoffe der Klassen U-A und U-B, sowie mit der Klasse Stahlwerksschlacken D verglichen. SWS D sind ausschließlich als Asphaltmischgut, also eingebunden, zulässig. Es ist zu beachten, dass die deutschen Grenzwerte im WF 2-Eluat gelten und nicht direkt vergleichbar sind mit den österreichischen WF 10-Werten. In der Klammer und kursiv sind deshalb Schätzwerte der korrespondierenden verdünnten WF 10 Konzentrationen genannt. Die Umrechnungsfaktoren beruhen auf Erfahrungen des Autors aus zahlreichen Forschungsprojekten und Recherchen im Rahmen der vorliegenden Begutachtung. Sie dienen als Orientierung und erheben keinen Anspruch auf eine abschließende wissenschaftliche Belastbarkeit. Fett gedruckt: Stoffe und Werte, die für die Bewertung von Stahlwerksschlacken regelungsrelevant sind und im Fokus der hiesigen Fragestellung stehen. Kursiv und geklammert: Umrechnungswerte im WF 10-Eluat.

Stoff/Parameter	ME für den umwelt-offenen Einsatz in allen Bauweisen „ungünstig“ (EBV) [µg L ⁻¹]	QZV Chemie GW [µg L ⁻¹]	BAWP Q A2G Boden-materialien freie Verwendung [µg L ⁻¹]	ME für die umwelt-offene Verwendung in allen Bauweisen „günstig Sand“ (EBV) SWS-1,2), RC-1 [µg L ⁻¹]	ME für die umwelt-offene Verwendung in allen Bauweisen „günstig Lehm/Schluff/Ton“ (EBV) SWS-2,2), RC-2 [µg L ⁻¹]	RBV RC-Baustoffe U-A (U-B) [µg L ⁻¹]	RBV SWS (D) [µg L ⁻¹]
Chlorid	160.000 (40.000)	180.000	100.000	160.000 (40.000)	160.000 (40.000)	-	
Sulfat	600.000 (220.000)	225.000	150.000	600.000 (220.000)	600.000 (220.000)	250.000	
Fluorid	1.400 (1.000 – 1.400)	-	1.500	1.400 (1.000 – 1.400)	1.400 (1.000 – 1.400)	-	1.000
Antimon	7,5 (7,5)	-	-	7,5 (7,5)	7,5 (7,5)	-	
Arsen	12 (12)	9	6	22 (22)	85 (85)	-	
Blei	35 (35)	9	10	91 (91)	252 (252)	-	
Cadmium	3 (3)	4,5	3	3 (3)	7 (7)	-	4
Chrom (ges.)	15 (4-6)	45	30	151 (40-56)	284 (75-105)	60 (100)	30
Kupfer	30 (15)	1.800 ¹	60	105 (53)	137 (69)	100 (200)	
Molybdän	53 (14-30)		35	53 (14-30)	53 (14-30)	-	50
Nickel	30 (15)	18	20	30 (15)	154 (77)	40 (60)	
Vanadium	30 (12-16)		50	54 (21-28)	452 (174-238)	-	100
Zink	150 (75)		400	155 (78)	839 (419)	-	

Zwischenfazit Vergleich Grenzwerte für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen

Zu bestehenden und in Kraft tretenden Verwertungsregeln für Stahlwerksschlacken in Deutschland gibt es keine vergleichbaren Regelungen in Österreich. Ein Vergleich von Grenzwerten im Eluat für die Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen ist aufgrund der unterschiedlichen Eluat-Methodik (*WF 10-Eluate Österreich, WF 2-Eluate Deutschland*) und der unterschiedlichen Festlegungen / Anwendungsregeln nur bedingt möglich. Zur Einordnung wurden die Materialwerte in Deutschland, die für *WF 2-Eluate* gelten, mit Umrechnungsfaktoren in das *WF 10-Eluat* umgerechnet. Die Umrechnungsfaktoren für die hier relevanten Stoffe aus Stahlwerksschlacken wurden im Rahmen dieser Begutachtung auf der Grundlage umfassender Datenrecherchen fachlich unterlegt.

Zur Einordnung der medienschutzbasierten Einbauwerte bzw. Materialwerte für den umweltoffenen Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in Deutschland wurden diese mit den österreichischen Grundwasserswellenwerten nach QVZ Chemie und den österreichischen Werten für die umweltoffene Verwertung von Bodenmaterial nach Bundes-Abfallwirtschaftsplan in der Qualitätsklasse A2-G verglichen. Dabei ergibt sich eine nahezu identische Bewertung für Fluorid, Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Molybdän und eine tolerantere Bewertung für Chrom (ges.), Kupfer und Vanadium in Österreich. Betrachtet man die für Stahlwerksschlacken relevanten Parameter Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium, würde sich nach dem Analogieschluss zur umweltoffenen Verwertung von Bodenmaterial eine ähnlich strenge Bewertung für die umweltoffenen Verwertung von Stahlwerksschlacken in Österreich ergeben, wie sie in Deutschland in der Ersatzbaustoffverordnung vorgesehen ist.

Zwar gibt es in Österreich keine Grenzwertklassifizierung nach Einbaukonfigurationen in der Recycling-Baustoffverordnung (RBV). Zur Einordnung der medienschutzbasierten Einbauwerte bzw. Materialwerte in Deutschland für Einbauweisen im günstigen Fall eines hinreichenden Grundwasserabstands von 1,5 Meter und günstigen Bodeneigenschaften Sand oder Lehm/Schluff/Ton kann aber ein Analogieschluss zu den RC-Baustoffklassen U-A, U-B und der Klasse D für Stahlwerksschlacken für Asphaltmischgut aus der österreichischen Recycling-Baustoffverordnung vorgenommen werden. Sulfat, Chrom (ges.) und Nickel werden in Österreich demnach sehr ähnlich bewertet, Kupfer in Deutschland etwas konservativer. Die Klasse U-A ist demnach vergleichbar mit Werten in Deutschland für die Zulassung von mineralischen Ersatzbaustoffen bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen über Sand. Die Klasse U-B ist demnach vergleichbar mit Werten in Deutschland für die Zulassung von mineralischen Ersatzbaustoffen bei hydrogeologisch günstigen Bedingungen über Lehm/Schluff/Ton. Bis auf Chrom (ges.) liegen für die Klasse U-A und U-B keine für Stahlwerksschlacken regelungsrelevanten Parameter vor, da diese Klassen für Bau- und

Abbruchabfälle festgelegt wurden und die für Stahlwerksschlacken relevanten Stoffe Fluorid, Molybdän und Vanadium dort keine Rolle spielen.

Wichtig ist hier jedoch der Blick auf die Qualitätsklasse D der Stahlwerksschlacken nach Recycling-Baustoffverordnung: EOS sind hier ausdrücklich ausgenommen. Stahlwerksschlacken der Klasse D dürfen ausschließlich als Asphaltmischgut, also in der Decke gebunden eingesetzt werden. Fluorid ist hier strenger bewertet als der obere Umrechnungswert im WF 10-Eluat für den medienenschutzbasierte Einbauwert bei umweltöffener Verwertung in Deutschland. Chrom (ges.) liegt im Bereich des medienenschutzbasierten Einbauwertes für den günstigen Fall Sand und die Werte von Molybdän und Vanadium überschreiten letztere um den Faktor von ca. 2 bzw. 4, liegen aber noch sehr deutlich unter den medienenschutzbasierten Einbauwerten für den günstigen Fall Lehm/Schluff/Ton.

Dieser Analogieschluss zeigt, dass Stahlwerksschlacken in Österreich, die ausschließlich als Asphaltmischgut, also in der gebundenen Decke zulässig sind, sogar deutlich strenger bewertet sind, als Stahlwerksschlacken in Deutschland, die auch in teildurchströmten Einbauweisen bei hydrogeologisch günstigen Voraussetzungen noch zulässig sind. Außerdem sind Elektroofenschlacken ausgenommen. Schon alleine dieser Analogieschluss zeigt, dass die umweltoffene Verwertung von Elektroofenschlacken in Österreich ohne jegliche Einschränkungen (z.B. aus der Betrachtung der Wasserdurchlässigkeit von Einbauweisen und der hydrogeologischen Bedingungen) nach dem deutschen medienenschutzbasierten Grenzwertableitungskonzept nicht zulässig wäre und in Österreich selbst in einem starken Widerspruch zur bestehenden Regelung der Verwertung von Stahlwerksschlacken als Asphaltmischgut in gebundenen Decken nach der Recycling-Baustoffverordnung steht.

7 Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten nach der Bauproduktenverordnung und dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik (AP-4)

7.1 EU-Bauproduktenverordnung

7.1.1 Allgemeine Zielsetzung der EU-Bauproduktenverordnung

Seit Juli 2013 gilt die EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPV), welche harmonisierte Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten festlegen soll. Übergeordnete Zielsetzung der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (EU-BauPV) ist es, wie schon in der vorhergehenden Richtlinie 89/106/EWG, den freien Verkehr mit Bauprodukten auf dem Binnenmarkt und ihre uneingeschränkte Verwendung zu fördern. Insbesondere die Novelle der Grundanforderung (Basic Requirement, BR) Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ und die Ergänzung einer neuen Grundanforderung 7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ an Bauwerke in der EU-BauPV stärken Aspekte des Umweltschutzes und sollen ein europäisches Mindestschutzniveau gewährleisten. Auch andere Umweltaspekte, wie eine bessere Information der Nutzer der Bauprodukte zu gefährlichen Stoffen in der CE-Kennzeichnung, haben das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union in der Verordnung aufgegriffen. Zudem darf die Europäische Kommission die Bauproduktenverordnung bei Bedarf durch sogenannte delegierte Rechtsakte ergänzen, so dass die Regelungen noch deutlich konkreter ausgestaltet werden können⁷.

Die Kommission kann somit über die Festlegung von wesentlichen Merkmalen eines Bauprodukts hinausgehend, die der Hersteller stets in einer Leistungserklärung zu deklarieren hat, mit delegierten Rechtsakten Schwellenwerte oder Leistungsklassen für wesentliche Merkmale festlegen. Für das hier betrachtete Thema der Stofffreisetzungseigenschaften von mineralischen Bauprodukten stellt sich demnach die Frage, ob die im Produkt beinhaltenen und/oder freisetzbaren Schadstoffe lediglich benannt, Messwerte (Konzentrationen) zu den benannten Schadstoffen angegeben werden oder ob aufgrund der Messwerte auch die Einhaltung von Schwellenwerten oder von bestimmten Schadstoffklassen angegeben wird. Allerdings lässt die Verordnung das Recht der Mitgliedstaaten unberührt, zusätzliche Anforderungen festzulegen, die nach ihrer Auffassung notwendig sind, um den Schutz der Gesundheit, der Umwelt und von Arbeitnehmern, die Bauprodukte verwenden,

⁷ Quelle: Auszüge aus Informationsseite des UBA zur BauPVO

(<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-onsum/produkte/bauprodukte/eu-recht-fuer-bauprodukte/eu-bauproduktenverordnung>)

sicherzustellen. Zudem darf jeder Mitgliedstaat fordern, dass die europäisch erklärten Leistungen eines Bauprodukts seinen Anforderungen für die vorgesehene Verwendung entsprechen. Dies heißt übertragen auf das Schadstoffthema: Die ggf. zu entwickelnden EU-Leistungsklassen mit deklarierten Werten müssen so ausgestaltet sein, dass Mitgliedsstaaten ohne weitere Analyse die Passung zu Ihren Anforderungen für die Zulassung in bestimmten Einbauweisen herauslesen können. Das Umweltbundesamt in Deutschland (UBA DE) setzt sich für eine Vereinheitlichung der Deklaration von Umwelt- und Gesundheitsaspekten bei den im Binnenmarkt gehandelten Bauprodukten ein und hält die Erstellung von Leistungserklärungen, lediglich entsprechend einem Katalog von wesentlichen Merkmalen am Ort des Inverkehrbringens, für unzureichend (vgl. UBA-Informationseite im Internet). Vielmehr sollen nach Meinung des UBA Leistungsklassen für die wesentlichen Merkmale von Bauprodukten in harmonisierten Normen dazu dienen, die Unterschiede in den einzelnen Mitgliedsstaaten zu berücksichtigen (u.a. klimatische, geologische und geografische Unterschiede).

Die EU-BauPV selbst bestimmt somit nur den Rahmen. Harmonisierte Europäische Normen oder Europäische Technische Bewertungen legen die nötigen technischen Details fest. Hierzu vergibt die Europäische Kommission so genannte Mandate (Ersuchen, Normungsaufträge), unter welchen die einschlägigen Normungsgremien des CEN ihre Arbeitsprogramme zur Erstellung von Normen abarbeiten.

7.1.2 Umwelanforderungen nach EU-BauPV im Besonderen - Grundanforderung Nr.3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ und Grundanforderung Nr.7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“

Mit der EU-BauPV wurde die Grundanforderung Nr.3 (BR 3) novelliert und insbesondere durch die nachfolgend fett gedruckten Themen ergänzt: „Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass es **während seines gesamten Lebenszyklus** weder die Hygiene noch die Gesundheit **und Sicherheit** von **Arbeitnehmern**, Bewohnern oder Anwohnern gefährdet und sich **über seine gesamte Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung noch bei Nutzung oder Abriss** insbesondere durch folgende Einflüsse übermäßig stark auf die **Umweltqualität oder das Klima** auswirkt:

- a) *Freisetzung giftiger Gase;*
- b) ***Emission von gefährlichen Stoffen, flüchtigen organischen Verbindungen, Treibhausgasen oder gefährlichen Partikeln in die Innen- oder Außenluft;***
- c) *Emission gefährlicher Strahlen;*

- d) **Freisetzung gefährlicher Stoffe in Grundwasser, Meeresgewässer, Oberflächengewässer oder Boden;**
- e) *Freisetzung gefährlicher Stoffe in das Trinkwasser oder von Stoffen, die sich auf andere Weise negativ auf das Trinkwasser auswirken;*
- f) *unsachgemäße Ableitung von Abwasser, Emission von Abgasen oder unsachgemäße Beseitigung von festem oder flüssigem Abfall;*
- g) *Feuchtigkeit in Teilen des Bauwerks und auf Oberflächen im Bauwerk.*

Neu aufgenommen wurde BR 7: „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“: Das Bauwerk muss derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden und insbesondere Folgendes gewährleistet ist:

- a.) *Das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile müssen nach dem Abriss wiederverwendet oder recycelt werden können;*
- b.) *das Bauwerk muss dauerhaft sein;*
- c.) *für das Bauwerk müssen umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärrohstoffe verwendet werden.*

Mit den oben fett gedruckten Ergänzungen in BR 3 und der Neuaufnahme von BR 7 wird auch die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment bzw. LCA) verankert, nach der sämtliche Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung des Produktes beurteilt werden müssen.

Für die gegenständliche Fragestellung der Anforderungen an die Untersuchung der Umwelteigenschaften von Bauprodukten, hier insbesondere Stahlwerkschlacken, nach der EU-BauPV ist in erster Linie die oben fett gedruckte Konkretisierung d.) von BR 3 und hier insbesondere der Teilaspekt der „Freisetzung gefährlicher Stoffe in Grundwasser und Boden“ wichtig und wird nachfolgend näher beleuchtet.

7.1.3 Mandat zur Entwicklung europäisch harmonisierter Prüfmethode unter der EU-BauPV

Zur Umsetzung von BR 3 sollen zunächst unter dem Mandat M/366 (EU KOM, März 2005, EU KOM DG Growth, 2019) horizontale Prüfmethode u. a. zur Bestimmung der Stoffinhalte und der Freisetzung von Schadstoffen aus Bauprodukten in verschiedene Umweltmedien entwickelt werden. Dazu wurde im Jahr 2006, noch unter der früheren Bauproduktenrichtlinie (Construction Products Directive - CPD 89/106), CEN TC 351 „Construction products – Assessment of release of dangerous substances“ gegründet. In der Working Group 1 (WG 1) des CEN/TC 351 wurden ein Tank- und ein Säulenversuch zur Bewertung der Freisetzung

gefährlicher Stoffe aus mineralischen Bauprodukten in Boden und Grundwasser sowie eine Handlungshilfe zur Auswahl geeigneter Prüfmethode entwickelt.

7.1.4 Mandate zur Umsetzung von BR 3 in europäisch harmonisierte Produktnormen

Im Wesentlichen sind hier zwei Mandate relevant. Unter dem Mandat 125/rev.1 EN für Zuschlagsstoffe/Gesteinskörnungen (M 125 der EU KOM, 1998, ergänzt im Juni 2010, EU KOM DG Growth, 2019) sollen die harmonisierten Produktnormen so überarbeitet werden, dass BR 3 eingehalten wird und CE-Produkte ohne zusätzliche nationale Anforderungen in nationalen Märkten platziert werden können. Aktuell wird auch das Mandat 124 für Straßenbaustoffe durch umweltrelevante Merkmale ergänzt (M 124 der EU KOM, 1998, Ergänzungen im Entwurf vom 10. April 2018, EU KOM DG Growth, 2019). Die Anforderungen und Zielsetzungen sind in den Mandaten detailliert beschrieben und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Sicherstellung, dass die Freisetzung von als gefährlich eingestuften Substanzen aus Bauprodukten (oder ggf. der Feststoffgehalt) jeglichen EU-/nationalen Schwellenwert unterschreiten,
- Messung der Stofffreisetzungspotentiale (oder der bloßen Präsenz verbotener Stoffe oder der Gehalte von Stoffen, die nicht im Eluat gemessen werden können) unter Verwendung der europäisch harmonisierten Prüfmethode des CEN TC 351,
- es sind alle Stoffe zu berücksichtigen, die in EU-Verordnungen und durch die EU notifizierte nationalen Verordnungen geregelt sind. In einem ersten Schritt dienen Vorschlagslisten (so genannte Indicative List) zur Orientierung, die alle 5 Jahre überprüft werden und erweiterbar sind,
- Schaffung transparenter, verständlicher Systeme für die Produktdeklaration, damit die Hersteller die Konformität ihrer Produkte mit den regulatorischen Anforderungen feststellen können,
- wenn eine eindeutige Definition und Deklaration der Produkte und/oder deren Verwendung in einer harmonisierten Produktnorm und damit verbunden ein Ausschluss bestimmter Stoffe/Komponenten/Materialien möglich sind, kann eine Laboranalyse vollständig vermieden oder auf relevante Parameter beschränkt werden und
- es sollen Produktnormen identifiziert werden, für die Deklarationskategorien für die potenzielle Freisetzung oder den potenziellen Gehalt regulierter gefährlicher Stoffe erforderlich sind, um den Regulierungsanforderungen zu entsprechen.

In den ergänzten Mandaten finden sich umfassende Tabellen mit konkreten Vorschlägen der zu verwendenden Untersuchungsmethoden und der zu untersuchenden Substanzen. Wichtige Grundlage hierfür ist die so genannte Indicative List (Indikationsliste regulierter gefährlicher Substanzen, die potenziell in Bauprodukten unter der EU-BauPV vorkommen und/oder durch diese freigesetzt werden können, NEN 2012). Mit dieser Liste schlägt die EU KOM und ihre Expertengruppe EGDS (Expert Group Dangerous Substances in the field of Construction) dem CEN TC 351 und den Produkt TCs Substanzen und Parameter vor, die bei der Entwicklung der europäisch harmonisierten Prüfmethode und den Produktnormen betrachtet werden sollen. Die Liste basiert auf Auswertungen sämtlicher europäischer und der

notifizierte nationalen Regelungen, unter anderem im Bereich Boden und Grundwasser (aber auch Innenraumluft, etc.) und wird ständig aktualisiert. Gegenstand zukünftiger Aktualisierung wird auch der EU-notifizierte Regierungsentwurf der MantelV vom 3. Mai 2017 des BMU in Deutschland sein. Für natürliche Gesteinskörnungen werden ausschließlich Untersuchungen im Eluat (Stofffreisetzung), für rezyklierte Gesteinskörnungen zusätzlich im Feststoff (Gehalte) gefordert. Es bleibt den Produkt-TCs überlassen, die effizienteste Vorgehensweise zu bestimmen, um die regulierten gefährlichen Stoffe zu ermitteln, die für die jeweiligen Produkte relevant sind. Der finanzielle und technische Prüfungsaufwand kann und soll vermieden werden, wenn eine klare Definition und Deklaration eines Produkts und/oder sein bestimmungsgemäßer Gebrauch in eine Produktnorm aufgenommen werden. Aus dieser muss hervorgehen, dass Hersteller und Behörden Prüfungen vollständig vermeiden oder sich dabei auf einige wenige relevante Stoffe, Bestandteile und Materialien beschränken können.

7.2 Aktueller Stand der Normungsarbeiten für die Umweltdeklaration unter der EU-BauPV

Durch WG 1: "Freisetzung in Boden und Wasser" des CEN TC 351 wurden mittlerweile drei verschiedene Vornormen verabschiedet:

- CEN/TS 16637-1: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 1: Leitfaden für die Festlegung von Elutionsverfahren und zusätzlichen Prüfschritten (Deutsche Fassung DIN SPEC 18046-1:2018-12)
- CEN/TS 16637-2: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenelution (Deutsche Fassung DIN SPEC 18046-2:2014-11)
- CEN/TS 16637-3: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 3: Horizontale Perkulationsprüfung im Aufwärtsstrom (Deutsche Fassung DIN SPEC 18046-3:2016-12)

CEN/TS 16637-1 dient als Leitfaden für die Auswahl der geeigneten Labormethode in Abhängigkeit der Freisetzungsszenarien von Bauprodukten in bestimmten Bauweisen, wie zum Beispiel die Perkulationsprüfung im Aufwärtsstrom (Säulenversuch) nach CEN/TS 16637-3 für granulare Materialien (z.B. ungebundene Gesteinskörnungen in Tragschichten) oder die dynamische Oberflächenelution (Tankversuch) nach CEN/TS 16637-2 für undurchlässiges, monolithisches Material oder schwach durchlässige, kompaktierte granulare Materialien. Weiter werden Empfehlungen zu Art und Umfang der Probenahme, Probenaufbereitung und Probenlagerung gegeben.

Für die beiden Elutionsverfahren CEN/TS 16637-2 und -3 wurden im Jahr 2019 die europäischen Validierungsringversuche für anorganische und organische Stoffe erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden im Jahr 2020 durch den CEN TC 351 beraten: Die Schwankungsbreiten der Standardabweichungen für die laborinterne und laborübergreifende

Reproduzierbarkeit liegen im für Elutionsmethoden üblichen Bereich. Ebenfalls erfolgreich abgeschlossen wurde die Validierung der Analytiknormen, die durch CEN TC 351/WG 5 (‘‘Analyse von Feststoffgehalten und Eluaten’’) entwickelt wurden. Das Deutsche Spiegelgremium hat der Veröffentlichung der Manuskripte mit wenigen Anpassungen im August 2020 als prEN 12637 1-3 zugestimmt. Es wird nun in Kürze der Start des sogenannten Enquiry des CEN TC 351 erwartet. Im Jahr 2021 ist mit der Verabschiedung der CEN-Normen als Europäische Norm (EN, DIN EN 12637 1-3) zu rechnen.

Wie in Kapitel 7.1.1 erläutert, werden in enger Abstimmung zwischen CEN TC 351 und Produkt TCs die Vor- und Nachteile verschiedener Konzepte zur Dokumentation der Testergebnisse in harmonisierten Produktnormen diskutiert. CEN TC 351 ist hier damit beauftragt, eine Technische Richtlinie CEN/TR – Reporting of release results in hENs zu entwickeln. Die eigentliche Umsetzung in harmonisierte technische Normen obliegt den Produkt TC’s. Hierbei geht es um die Fragestellungen: Werden die Substanzen und Parameter lediglich benannt, deren Konzentrationen erklärt oder Leistungsklassen (bzw. hier: Schadstoffklassen) in Anlehnung an Material- und Zuordnungsklassen der Mitgliedsstaaten abgeleitet.

Bislang ist vorgesehen, dass die Emissionswerte für gefährliche Stoffe vom Inverkehrbringer als deklarierte Werte angegeben werden. Einige Industrievertreter lehnen dies ab, u.a. weil für einige Produkte sehr viele Einzelwerte zu deklarieren wären und weil der Anwender des Produkts mit der Verantwortung des Abgleichs der deklarierten Werte mit den nationalen Anforderungen überfordert werden könnte. Es gibt daher einen Vorschlag, ein Klassenkonzept einzuführen, wobei die Klassen bestehenden nationalen Anforderungen eines Mitgliedsstaats entsprechen könnten. Der Bericht soll im Wesentlichen als Kommunikationsmittel mit der Kommission dienen, auch in Bezug auf die anstehende Überarbeitung der BauPV. Auch im Gemeinschaftsausschuss wurden Sympathien für das Klassenkonzept geäußert, da deklarierte Einzelwerte bei einigen Produkten zu Marktverzerrungen führen könnten. Für Deutschland bestätigen die Vertreter der Bauaufsicht, dass sie ein Klassenkonzept akzeptieren könnten, solange sichergestellt ist, dass dadurch alle nationalen Anforderungen abgedeckt werden.

7.3 Aktuelle Pläne zur Umsetzung der Umweltdeklaration in Normen

Die technischen Produktkomitees (TC) legen fest, ob Bauprodukte überhaupt und wenn ja, auf welche Parameter, mit welchen Labormethoden und welcher Testfrequenz untersucht und mit welchen statistischen Sicherheiten die Ergebnisse deklariert werden müssen. Das für Gesteinskörnungen/Zuschlagsstoffe zuständige CEN/TC 154 hat hierzu eine Handlungsanweisung erarbeitet.

Zunächst wurden die betroffenen Produkte identifiziert und festgestellt, dass für das Untersuchungserfordernis die Berücksichtigung der Endanwendung maßgebend ist. Es geht

also nicht immer um die Freisetzungspotentiale geregelter, gefährlicher Stoffe aus der Gesteinskörnung selbst, sondern unter den Freisetzungsbedingungen der Gesteinskörnung in der relevanten Endanwendung. Wie **Tabelle 4** zeigt, sind die CEN-Experten der Auffassung, dass Gesteinskörnungen in gebundenen Bauprodukten nicht untersucht werden müssen.

Tabelle 4: Diskussionstand im CEN/TC 154 zur Untersuchungserfordernis umweltrelevanter Merkmale von Gesteinskörnungen in Bauprodukten und zur Auswahl der Elutionsverfahren nach CEN/TS 16637-2 (Tanktest) und -3 (Säulenversuch), Abkürzungen: GK: Gesteinskörnung; WBS: Wasserbausteine.

Anwendungsbereich	Norm	Verwendung	Säulenversuch	Tanktest	Bemerkung
Straßen-/Hochbau Lieferkörnungen (Sand/Splitt/Schotter/Kies)	EN 13139	GK für Mörtel	-	-	Prüfung des Mörtels
	EN 12620	GK für Beton	-	-	Prüfung des Betons
	EN 13043	GK für Asphalt	(X) bei Abstreusplitt	-	Prüfung des Asphalts
	EN 13242 (a)	GK für hydraulisch gebundene Gemische	-	-	Prüfung des gebundenen Gemisches
	EN 13242 (b)	GK für ungebundene Gemische	X	(X) Nur schwach durchlässige „All-in“-Gemische	
Wasserbau	EN 13383	WBS	(X) bei hohem Abrieb	X	
Gleisschotter	EN 13450	Gleisschotter	(X) bei hohem Abrieb	X	
Unbekannt		<i>unbekannt</i>	X	-	

Für Gesteinskörnungen, deren Verwendungsweg unbekannt ist (letzte Zeile in **Tabelle 4**) und für „ungebundene Gemische für den Straßenbau“ nach DIN EN 13285, die sich im zuständigen Technischen Komitee CEN TC 227 noch im Abstimmungsverfahren befindet, wird eine Untersuchung im Säulenversuch erforderlich werden.

Weiterhin soll die Art der Leistungserklärung festgelegt werden: Welcher Messumfang und welche Testfrequenz sind notwendig und mit welchen statistischen Sicherheiten sind die Werte zu erklären. Hierzu sehen die Europäische Kommission mit der BauPV drei Nachweiskategorien für Bauprodukte vor:

- Nachweiskategorie I: Produkte, die „ohne Prüfung“ (abgekürzt WT für "without testing") als brauchbar gelten;
- Nachweiskategorie II: Produkte, die nach einer Erstprüfung „ohne weitere Prüfung“ (abgekürzt WFT für "without further testing") als brauchbar anerkannt werden können und
- Nachweiskategorie III: Produkte, für die eine „weitere Prüfung“ (abgekürzt FT für "further testing") in der Produktnorm als Brauchbarkeitsnachweis verlangt wird.

Unter die Nachweiskategorie I „ohne Prüfung“ könnten Gesteinskörnungen fallen, die so in Produkte eingebunden sind, dass sie keine Schadstoffe freisetzen können (vgl. **Tabelle 4**, Zeilen 1 bis 4).

Die Chance, Bauprodukte und Endanwendungen mit potenziellen Stofffreisetzungen bereits im Vorfeld aufgrund vorhandener Daten, z.B. mittels so genannter WFT-Dossiers, in die Nachweiskategorie II „WFT“ einzuteilen, wird derzeit aufgrund der unklaren Anforderungen an die Datenqualität und an die statistischen Sicherheiten als gering angesehen. Außerdem basieren vorhandene Datengrundlagen der Mitgliedsstaaten in der Regel auf nationalen Prüfmethode, die von den CEN-Methoden abweichen.

Vielmehr wird darauf gesetzt, über regelmäßige Übereinstimmungsuntersuchungen und über die „weitere Prüfung“ (FT) zu zeigen, dass Deklarationswerte wie beispielsweise die Grenzwerte der Niederländischen Verordnung über die Bodenqualität (Soil Quality Directive) oder die Materialwerte nach der MantelIV kontinuierlich über einen längeren Zeitraum mit einer hohen statistischen Sicherheit eingehalten werden, so dass Produkte aus der weiteren Prüfung entlassen werden können (No Further Testing, NFT). Mit regelmäßigen Übereinstimmungsuntersuchungen ist das so genannte Type- oder Compliance Testing im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle gemeint. Hierfür können vereinfachte Prüfmethode verwendet werden. So sieht CEN/TS 16637-3 einen vereinfachten Säulenkurztest bis zu einer Wasser- Feststoffrate von 2 l/kg vor. Der Teufel steckt hier aber im Detail: Die Festlegung des Zeitraums, der Mindestanzahl der Proben und die Herleitung und Festlegung der Kenngrößen des statistischen Vertrauensbereichs von Deklarationswerten (z.B. Angabe eines Mittelwertes mit Standardabweichung und statistischem Faktor zur Bestimmung der Testfrequenz) stehen noch am Anfang der Diskussion.

Eine weitere Herausforderung ist die Festlegung der Art der Probenahme (Haufwerksbeprobung, Beprobung aus dem Silo, vom Band), des Probenahmezeitpunktes (es soll eine repräsentative Fraktion des lieferfähigen Marktprodukts, also nach Durchlaufen des üblichen Produktionsprozesses, beprobt werden) und die Clusterbildung für vergleichbare Rohstoffquellen bei mineralischen Primärrohstoffen (wie können Produktfamilien von z.B. Typgesteinen ähnlicher Geologie gebildet werden, um den Untersuchungsaufwand zu reduzieren).

Abschließend wäre dann in Abstimmung mit dem CEN TC 351 zu klären, ob Leistungsklassen (bzw. hier: Schadstoffklassen) in Anlehnung an Material- und Zuordnungsklassen der Mitgliedsstaaten abgeleitet werden. Für die Nachweiskategorie II „WFT“ wäre nach dem Mandat 125 (siehe Kapitel 1.3 erster Spiegelanstrich) wohl nur eine Leistungsklasse denkbar, im Rahmen derer Werte deklariert werden, die sicherstellen, dass die Freisetzung von als

gefährlich eingestuften Substanzen aus Bauprodukten (oder ggf. der Feststoffgehalt) jeglichen EU-/nationalen Schwellenwert unterschreiten. Für die Nachweiskategorie III „FT“ könnten Leistungsklassen an den Grenzwertesystemen der Mitgliedsstaaten orientiert werden. Allerdings würden in den Niederlanden nach der Soil Quality Directive allein für granulare Materialien mindestens drei Klassen (offene, geschlossene und gebundene Bauweisen) und in Deutschland für jeden mineralischen Ersatzbaustoff bis zu drei spezifische Materialklassen resultieren. Die Spiegelung aller Materialklassen in den EU-Leistungsklassen ist eine große Herausforderung.

7.4 Aktuelle Position der Kommission zum Stand der Umsetzung der Deklaration umweltrelevanter Merkmale in harmonisierten Produktnormen

Die Anpassung der europäischen Gesteinskörnungsnormen in **Tabelle 4** an die EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPV), womit die dort beschriebenen Produkte unter die CE-Kennzeichnung fallen würden, zieht sich seit Jahren hin. Deshalb arbeiten die Mitgliedsstaaten weiterhin mit nationalen Normen. Ende 2019 hat die EU-Kommission (KOM) eine zusammenfassende Bewertung zur Wirksamkeit der EU-BauPV vorgelegt. Im Ergebnis legt die KOM dar, dass die fortgesetzte Nutzung nationaler Marken und der national unterschiedliche Maßstab bei der Zertifizierung den Europäischen Binnenmarkt weiter behindern. Das erwartete Maß an Rechtsklarheit wurde durch die EU-BauPV nicht erreicht. Aus Sicht der Kommission liegen Schwachstellen hierfür in unzureichend harmonisierten Produktnormen, die ungelöste rechtliche und technische Probleme enthalten würden.

Das europäische Normungsinstitut CEN versucht mit seinen technischen Gremien seit Jahren eindeutige, umsetzbare Vorgaben für die Gestaltung harmonisierter Produktnormen von der KOM zu erhalten. Neben einer möglichen Überarbeitung der EU-BauPV stellt die Kommission nun weitergehende Überlegungen zu einer möglichen neuen Aufgabenverteilung zwischen EU-Kommission und CEN an. „Hoheitliche“ Themen, wie zum Beispiel die Umsetzung der Grundanforderung 3 der EU-BauPV bezüglich der umweltrelevanten Merkmale, sollen nach Ansicht der EU KOM nicht mehr allein den Normungsgremien überlassen werden, sondern durch die Kommission selbst geregelt werden.

Aufgrund dieser Unstimmigkeiten und im Raum stehenden Umstrukturierungen ist in nächster Zeit nicht mit der Veröffentlichung und Einführung der überarbeiteten 2. Normengeneration für Gesteinskörnungen zu rechnen. Es gelten weiterhin die nationalen Ausgaben. Der Druck der Kommission auf die Mitgliedsstaaten in Sachen Umsetzung steigt aber stetig an.

7.5 Mögliche Auswirkungen auf die Regulierung in Deutschland und Österreich

7.5.1 Übernahme von EU-Prüfmethoden in die Regelwerke der Mitgliedstaaten

Viele mineralische Ersatzbaustoffe (MEB) im Regelungsbereich der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Deutschland oder in der Recycling-Baustoffverordnung (RBV) in Österreich sind zugleich mineralische Bauprodukte im Sinne der EU-BauPV. Andere mineralische Ersatzbaustoffe sind Abfälle oder nicht harmonisierte Produkte. Neben dem in Kapitel 7.2 erläuterten EU-Säulenversuch für Bauprodukte, der voraussichtlich im Jahr 2022 als validierte Europäische Norm (EN) vorliegt, wird unter der EU-Landfill-Directive auch ein EU-Säulenversuch für Abfälle nach DIN EN 14405 (2017) "Charakterisierung von Abfällen - Untersuchung des Elutionsverhaltens - Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen)" zu einer vollwertigen EN für den Abfall-/Deponiebereich weiterentwickelt. Im neuen CEN/TC 444 „Test methods for environmental characterization of solid matrices“ sollen mindestens die Normen aus dem Abfallrecht zusammengeführt und harmonisiert werden.

Die Bedeutung der europäischen Prüfnormen für die nationalen Regelwerke hängt entscheidend davon ab, ob es mineralische Ersatzbaustoffe (MEB) gibt, die gleichzeitig Bauprodukte im Sinne der EU-BauPV sind. Nach Einschätzung von Ilvonen et al. (2013) ist dies für viele MEB in der deutschen EBV der Fall. Für diese MEB bzw. Bauprodukte kann in den EU-Mitgliedstaaten, wie Deutschland oder Österreich, dann keine weitere Prüfung des gleichen Leistungsmerkmals nach einem anderen Verfahren verlangt werden. Dieses Vorgehen gilt für harmonisierte Bauprodukte, die aufgrund des Aufbereitungs- und des Herstellprozesses nach der harmonisierten Produktnorm die Abfalleigenschaft verloren haben und als Bauprodukt eingesetzt werden sollen. Für Abfälle – auch solche unter der EBV in Deutschland – sind voraussichtlich die europäischen Prüfnormen für Abfälle des CEN TC 444 in Bezug zu nehmen, sobald diese als validierte EN vorliegen. Ob und wann in Deutschland die DIN-Normen innerhalb der MantelV durch europäische Normen tatsächlich abgelöst werden, ist noch nicht abschließend geklärt.

Eigentliches Ziel und **Grundprinzip der Europäischen Normung** als Grundpfeiler des EU-Binnenmarktes ist die Vereinheitlichung aller in Europa geltenden Normen (vgl. www.DIN.de, „1*1 der Normung“): *„Normen, die auf europäischer Ebene erarbeitet werden, müssen von den nationalen Normungsorganisationen aller europäischen Länder unverändert als nationale Normen übernommen werden. Entgegenstehende nationale Normen müssen zurückgezogen werden“*. Die Übernahme internationaler und europäischer Normen in das nationale Normenwerk erleichtert den Unternehmen den Export, weil länderspezifische technische Handelshemmnisse weitgehend abgebaut werden. Unternehmen können Produkte und

Dienstleistungen nach europäischen oder sogar international gültigen Normen produzieren und prüfen lassen und diese europa- bzw. weltweit vertreiben. Europäische Normen bilden somit einen wichtigen Pfeiler des EU-Binnenmarktes.“

Deshalb wurde auch das nationale Delegationsprinzip eingeführt: Die Erarbeitung Europäischer Normen findet auf europäischer Ebene statt, hier gilt das nationale Delegationsprinzip. Die Meinungsbildung über die wesentlichen Inhalte erfolgt nämlich in jedem Mitgliedsland in sogenannten Spiegelgremien der nationalen Normungsorganisationen, in Deutschland bei DIN. Auf diese Weise können alle an einem Normungsthema Interessierten ihre Meinung ohne Sprachbarrieren über die nationale Ebene einbringen. Aus den Spiegelgremien wiederum werden Experten in das europäische Arbeitsgremium entsandt. Sie vertreten dort die nationale Meinung und können die inhaltliche Federführung für europäische Normungsvorhaben übernehmen. Für die Ausgestaltung von Normen ist es oft von entscheidender Bedeutung, dass die nationalen Interessen im Erarbeitungsprozess qualifiziert und frühzeitig vertreten werden. Durch das nationale Delegationsprinzip ist sichergestellt, dass nationale Unternehmen auf europäischer Ebene an Normen mitarbeiten. Es stärkt die Selbstverwaltung der Wirtschaft. Da viele europäische Richtlinien für Detaillösungen auf privatwirtschaftlich erarbeitete Normen verweisen, können die technischen Details und Festlegungen letztlich von den betroffenen Unternehmen selbst eigenverantwortlich und konsensbasiert erarbeitet werden.

Rechtssystematisch und bezüglich des Grundprinzips der Europäischen Normung dürfte für den EU-Mitgliedsstaat Österreich dieselbe Situation vorliegen, so dass auch in Österreich zur Diskussion stehen dürfte, ob und wann die ÖNORMEN durch die EN ersetzt werden müssen.

7.5.2 Potenziell abweichende Messergebnisse nach EU-Elutionsmethoden oder nationalen Prüfnormen wie DIN- oder ÖNORM-Verfahren – Bedeutung für die Regulierung in Deutschland und Österreich

Für den Eignungsnachweis im Hinblick auf umweltrelevante Merkmale granularer perkolierbarer Bauprodukte sieht das CEN unter der BauPV ausschließlich Säulenversuche (prEN 16637-3, siehe oben) vor. Insbesondere werden aber Kurzverfahren zum Beispiel für die werkseigene Produktionskontrolle weiterhin benötigt. EN 16637-1 (Entwurf vom 15.7.2020) sieht für eine solche werkseigene Produktionskontrolle nach Kapitel 5.4.2 (2), c.) Folgendes vor: Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle soll überprüft werden, ob das Produkt mit den zuvor im Eignungsnachweis (type testing) nachgewiesenen Eigenschaften übereinstimmt. Hierfür reicht es aus, die Stofffreisetzung für eine bestimmter *WF*-Rate zu überprüfen und dementsprechend nur ein Eluat bis zur gewünschten *WF*-Rate zu erstellen

oder verschiedene Eluatfraktionen zu kombinieren und zu untersuchen, zum Beispiel *WF* 0 bis 2 L/kg oder *WF* 0 – 10 L/kg.

In Deutschland soll mit der EBV aus den in Kapitel 8.2.1 detailliert erläuterten Gründen zukünftig eine kumulative Konzentration bei *WF* 2 L/kg als Referenzkonzentration für den Grenzwertevergleich herangezogen werden. Referenzverfahren ist hierbei die deutsche Säulenversuchsnorm nach DIN 19528 (2009) für den Eignungsnachweis. Nur für die werkseigene Produktionskontrolle und die Fremdüberwachung ist nach der EBV in Deutschland gleichwertig der Schütteltest bei *WF* 2 nach DIN 19529 (2012) zulässig. Ein Schütteltest bei *WF* 10 ist für eine sichere Umweltbewertung nicht geeignet, wird derzeit aber noch nach verschiedenen Ländererlassen und nach der LAGA 1997 angewendet. Dabei nutzt man derzeit noch die bereits im Jahr 2015 zurückgezogene „DEV S4“ nach DIN 38414-4, 10/1984, was hoch problematisch ist, weil dieser *WF* 10-Schütteltest für mineralische Abfälle nie validiert wurde. Der DEV S4 - Versuch weist einen sehr begrenzten Anwendungsbereich auf (zulässig nur für Anorganika und Schlämme/Sedimente, für Abfälle/MEB nicht genormt, hohe *WF*, Verdünnung, Messunsicherheit, keine Aussage für bewertungsrelevante Konzentrationen möglich; 1-Punktverfahren, keine Aussage zum zeitlichen Stofffreisetzungsvorgang; für Organika nicht geeignet/nicht zugelassen; aufwendiger Flüssig-/Fest-Trennungsschritt zur Eluataufbereitung: Absetzen, Dekantieren, Zentrifugation, Druckfiltration, dadurch weiterer Zeitbedarf und Fehlerquellen).⁸

In Österreich erfolgt durch Querverweis in der RBV auf die Vorgaben des Anhangs 4, Teil 1, Kapitel 5 der Deponieverordnung (DVO 2008) die Eluatuntersuchung nach den europäisch genormten Methoden ÖNORM EN 12457-4 zur „Charakterisierung von Abfällen – Auslaugung – Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen – Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)“, ausgegeben am 1. Januar 2003, nach ÖNORM CEN/TS 14405 „Charakterisierung von Abfällen – Auslaugungsverhalten – Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen), ausgegeben am 1. August 2004, oder nach der Deutschen Norm DIN CEN/TS 19528 „Elution von Feststoffen – Perkolationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen“; ausgegeben am 1. Januar 2009.

⁸ Detaillierte Erläuterungen zu Vor- und Nachteilen verschiedener Elutionsmethoden in Deutschland finden sich in Susset et al., 2017 (UBA Texte 112/2017).

Weiters betont EN 16637-1 (Entwurf vom 15.7.2020) in Kapitel 5.4.2: (3) Solange das Testschema auf dem Säulenversuch nach CEN/TSprEN 16637-3 basiert und der Kurztest nach CEN/TSprEN 16637-3 durchgeführt wird, ist der kumulative Austrag bis zu einer bestimmten *WF* identisch mit dem kumulativen Austrag der Referenzmethode.

Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass bei Verwendung anderer Methoden, wie zum Beispiel der *WF* 10 Schütteltest nach EN 12457-4 oder vergleichbarer nationaler Normen, wie zum Beispiel der zurückgezogen deutsche Schütteltest nach DEV S 4, sehr genau untersucht werden muss, ob die Ergebnisse vergleichbar sind.

EN 16637-1 (Entwurf vom 15.7.2020) definiert in Kapitel 6 auch so genannte indirekte Methoden. Diese werden nicht als horizontale Referenzmethoden anerkannt: *„Eine indirekte Methode ist generell nicht horizontal, aber zweckbestimmt für ein spezielles Produkt oder eine Bandbreite von Produkten.“* Sie haben das Ziel zu überprüfen, ob das Produkt mit dem Eignungstest der Referenzmethode noch übereinstimmt und können unter Umständen für werkseigene Produktionskontrollen oder Vergleiche mit Grenzwerten eingesetzt werden.

EN 16637-1 (Entwurf vom 15.7.2020) formuliert in Kapitel 6.2 wesentliche Anforderungen an indirekte Methoden und betont unter 6.2 (2): Wenn diese für ein spezielles Produkt oder eine Bandbreite von Produkten angewendet wird, sollte eine indirekte Methode Messergebnisse erzeugen, die vergleichbar oder korrelierbar mit den Ergebnissen der Referenzmethode nach CEN/TSprEN 16637-3 sind. Unter Kapitel 6.3 nennt EN 16637-1 (Entwurf vom 15.7.2020) folgende Beispiele für indirekte Methoden:

- a) Feststoffgehalte,
- b) Schütteleluate nach EN 12457-1, EN 12457-2, EN 12457-3 und EN 12457-4.

Unabhängig von der Wasser- zu Feststoffrate stellt sich also die Frage, ob die Ergebnisse nach pr EN 16637-3 vergleichbar sind mit den Ergebnissen nationaler Normen bei gleicher Wasser- zu Feststoffrate.

Im Sinne des oben erläuterten nationalen Delegationsprinzips hatten vor dem Hintergrund der für die EBV entwickelten DIN 19528 und DIN 19529 die Delegierten des DIN Normenausschusses Wasserwesen (NAW) im CEN TC 351 WG1 im Auftrag des UBA versucht, im Normungsprozess zur prEn 16637-3 den EU-Säulenversuch so nahe wie möglich an der nationalen Norm zu orientieren. Dies hat zu kontroversen Fachdiskussionen zu den Probenaufbereitungsschritten und Prüfbedingungen geführt und den Normungsprozess stark verzögert: Während sich niederländische Delegierte für eine Zerkleinerung der Proben auf 95 Massenprozent < 4 mm entsprechend der niederländischen Norm einsetzten, hatten die deutschen Delegierten versucht, die DIN 19528 durchzusetzen, bei der die Proben in der

Originalkörnung, so wie sie später tatsächlich eingesetzt wird, untersucht werden. Mit einer nahezu vollständigen Probenzerkleinerung auf < 4 mm hätte aus dem Bauproduktenrecht ein Säulenversuch gedroht, der die Eluat-Konzentrationen von Bauprodukten aufgrund der Veränderung von Lieferkörnungen (Kornzerkleinerung, neue frische Kontaktflächen, anderes pH-Milieu) systematisch stark überschätzt. Vor dem Hintergrund dieser technischen Diskussion im CEN TC 351 WG 1 wurden die Autoren aus den Niederlanden und Deutschland, die an den Grenzwertableitungen für die Soil Quality Directive (J. Dijkstra, A. van Zomeren) bzw. für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland (B. Susset) beteiligt waren, von der damaligen DG Enterprise der Kommission damit beauftragt, die Wirkungsabschätzungsmodelle für Boden und Grundwasser und die daraus abgeleiteten Grenzwerte der beiden Länder miteinander zu vergleichen. Susset et al. (2014) wiesen nach, dass die Einbaugrenzwerte in den Niederlanden für den offenen und teiloffenen Einbau von körnigen mineralischen Ersatzbaustoffen 3- bis 12-fach höher bzw. weniger konservativ sind, als die Materialwerte und medienschutzbasierten Einbauwerte in der Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland. Die niederländischen Einbaugrenzwerte wären mit dem deutschen Besorgnisgrundsatz zum vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz nicht vereinbar (siehe Begründungen in Susset, 2015). Bei Übernahme der EU-Normen als Prüfmethode für die Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in deutschen Regelwerken könnten diese aufgrund der methodisch bedingten Konzentrationsüberschätzungen die im Vergleich konservativen deutschen Grenzwerte nicht mehr einhalten. Ähnliche Probleme würden sich auch bezüglich der ggf. festzulegenden EU-Leistungsklassen ergeben (siehe Kapitel 7.4), da diese nicht direkt auf die Materialklassen in Deutschland übertragen werden könnten.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Studie für die Kommission hatte das damalige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) im Jahr 2015 die Kommission (DG Enterprise, und DG Environment) angeschrieben und die Befürchtung geäußert, dass die EU-Elutionsnormen zu einem Ausschluss von Bauprodukten und Abfällen aus der Verwertung und einer vermehrten Deponierung führen. Damit würden die Ressourceneffizienz- und Verwertungsziele der Bundesregierung, ohne Erfordernis aus Sicht des Medienschutzes, gefährdet.

Nach jahrelangem fachlichem Disput wurde nun mit der Verabschiedung der Vornorm CEN TS 16637-3 ein Kompromiss umgesetzt: Der Korngrößenanteil < 4 mm soll bei Materialien, die aufbereitet werden müssen, mindestens 45 Massenprozent bis maximal 55 Massenprozent betragen und es wird eine mittlere Pumprate entsprechend einer Kontaktzeit von ca. 7,5 h eingestellt. Unter Ausnutzung der zulässigen Abweichungen von der Säulengeometrie und der Pumprate kann der Versuch, was die Versuchsdauer, also den Zeit- und Kostenaufwand

angeht, nun nahe an der deutschen Norm DIN 19528 betrieben werden, womit mit Blick auf die Mantelverordnung schon umfassende Erfahrungswerte vorliegen. Wenig praktikabel bleibt die Anforderung an den Korngrößenanteil < 4 mm mit mindestens 45 Massenprozent bis maximal 55 Massenprozent. Zwar ist dies gegenüber der ursprünglichen Forderung, die gesamte Körnung auf mindestens 95 Massenprozent < 4 mm zu zerkleinern schon ein deutlicher Fortschritt. Da aber die meisten gängigen Kornverteilungen (z.B. 0/32, 0/45) weniger als 45 Massenprozent einer Kornfraktion < 4 mm besitzen, ist in Zukunft oftmals ein umständlicher Aufbereitungsschritt durch Sieben und Zerkleinern erforderlich. Neben diesem praktischen Problem kann die Aufbereitung auch nach diesem Kompromiss noch zu einer Veränderung des Materials und dessen Freisetzungseigenschaften führen.

Die Frage, ob Grenzwerte, die in den Mitgliedsstaaten für eine bestimmte Elutionsmethode abgeleitet wurden, auch nach Einführung und Übernahme der EU-Elutionsnormen, wie z.B. prEN 16627-3 in das Regelwerk der Mitgliedsstaaten eingehalten werden können, stellt sich in allen Mitgliedstaaten, die noch nicht nach dieser Norm arbeiten. So dürfte auch in Österreich dieselbe Situation vorliegen wie in Deutschland.

7.5.3 Aktueller Wissensstand zu potenziell abweichenden Messergebnissen nach EU-Elutionsmethoden bzw. nationalen Prüfnorm

Es liegen bereits viele Forschungsergebnisse zu den methodischen Effekten von Prüfmethoden vor. Die Fragestellung der Vergleichbarkeit von Messergebnissen der CEN- und DIN-Normen wurde zum Beispiel durch das Umweltbundesamt in Deutschland aufgegriffen: Das Umweltbundesamt hat hierzu ein UFOPLAN-Vorhaben durchgeführt. Industriebranchen führen eigene Vergleichsuntersuchungen mit ihren mineralischen Bauprodukten durch.

Das Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen (ZAG Tübingen) hat im Jahr 2017 das Projekt "Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil I: Stofffreisetzungverhalten mineralischer Abfälle" für das Umweltbundesamt (FKZ: 371374228/1) abgeschlossen (Susset et al., 2017, UBA Text 26/2017). Es wurden die Freisetzungspotentiale von Recycling-Baustoffen und Hausmüllverbrennungsaschen an Parallelproben vergleichend mit Säulenversuchen nach DIN- (DIN 19528) und nach EU-Normen (DIN EN 14405 aus dem Abfallrecht und CEN/TS 16637-3 aus dem Bauproduktrecht) untersucht. Wie die nachfolgende **Abbildung 3** exemplarisch für den Austrag von Chrom (ges.) in Eluaten von RC-Baustoffen zeigt, nehmen die Konzentrationsüberschätzungen gegenüber dem DIN-Säulenversuch mit zunehmendem Anteil der auf < 4 mm zerkleinerten Kornfraktion zu. Deutliche Überschätzungen gibt es deshalb nach der Säulenorm DIN EN 14405 aus dem EU-Abfallrecht gegenüber der DIN-Norm, weil hier nach wie vor ein Anteil der Kornfraktion < 4

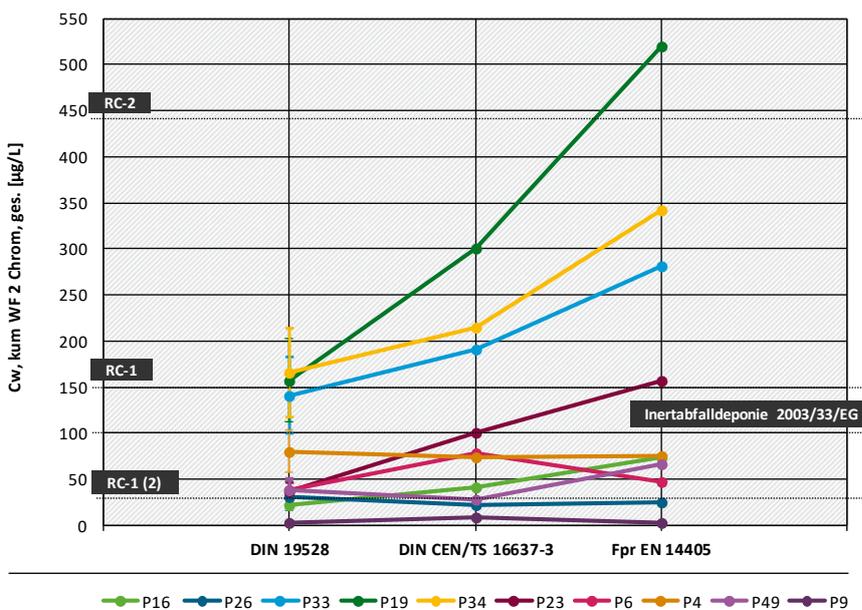
mm von mindestens 90 Massenprozent gefordert wird. Die Abweichungen zwischen dem nun verabschiedeten Kompromiss für den Säulenversuch aus dem Bauproduktenrecht (Kornfraktion < 4 mm von mindestens 45 bis maximal 55 Massenprozent) und der deutschen Norm (Originalkörnung) sind für die hier untersuchten RC-Baustoffe und Hausmüllverbrennungsaschen geringer und liegen nur selten im bewertungsrelevanten Bereich. D.h. der EU-Säulenversuch nach CEN/TS 16637-3 führt kaum zu Klassenverschiebungen nach der EBV in Artikel 1 der MantelV (vgl. Susset et al. 2017 und 2018).

Das Institut für Baustoffforschung (FEhS) hat eigene Untersuchungen mit Stahlwerksschlacken zur Vergleichbarkeit von Messergebnissen der CEN- und DIN-Normen durchgeführt (unveröffentlicht).

Abbildung 2: Einfluss methodischer Effekte von EU-Säulenversuchen versus DIN-Säulenversuch auf die Umweltbewertung von RC-Baustoffen: Vergleich der kumulierten Konzentrationen bis WF 2 ($C_{w, \text{kum WF 2}}$) in Säuleneluat nach DIN 19528 (Kontaktzeit 5 h, kein Brechanteil < 4 mm), DIN CEN/TS 16637-3 (Kontaktzeit ca. 10 h, unterschiedliche Brechanteile im Mittel von 10 bis 20 Massenprozent, mindestens 45 Massenprozent < 4 mm) und prEN 14405 (Kontaktzeit ca. 20 h und unterschiedlich hohe Brechanteile von im Mittel 40 bis 60 Massenprozent, mindestens 90 Massenprozent < 4 mm) für 10 untersuchte RC-Baustoffe. Zusätzlich eingezeichnet sind Fehlerbalken entsprechend des laborübergreifenden Vergleichsvariationskoeffizienten nach DIN 19528, die Materialwerte für RC-Baustoffe nach deutscher EBV und Grenzwerte im WF 2-Eluat von Abfällen für Inertabfalldeponien nach EU – Richtlinie 2003/33/EG. Abb. verändert aus Susset et al. (2017).

Regelungsrelevanz methodischer Abweichungen für RC-Baustoffe

kumulative Konzentrationen bis WF 2 in Säuleneluat, Laborvergleichsvariationskoeffizient nach DIN 19528



Quelle: Daten ZAG-Labor (2016); Proben aus MUKE (2015)

7.6 Zusammenfassung

7.6.1 Stand der Umsetzung EU BauPV in den Mitgliedsstaaten

Vor dem Hintergrund sehr weit gediehener und konkreter Umsetzungspläne der Umweltdeklaration in europäisch harmonisierten Normen durch das CEN und des in Kürze als validierte Norm vorliegenden EU-Säulenversuchs nach prEN 16637-3, der in den Mitgliedsstaaten eingeführt und angewendet werden muss, ist auch für Elektroofenschlacken in Österreich zukünftig zu erwarten, dass für EOS Umweltdeklarationswerte in Säuleneluat nach Europäischer Norm abgeleitet werden müssen.

Messergebnisse aus den EU-Säulenversuchen sind, wenn überhaupt, nur bei gleichen Wasser- zu Feststoffraten vergleichbar. Kurzverfahren und indirekte Testverfahren für die werkseigene Produktionskontrolle in den Regelwerken der Mitgliedstaaten müssen mit den Ergebnissen der EU-Säulenversuche für den Eignungsnachweis direkt vergleichbar sein oder systematisch korrelieren.

Solange die Umweltdeklaration in den europäisch harmonisierten Normen nicht abschließend umgesetzt ist, wird sich die Veröffentlichung und Einführung der überarbeiteten 2. Normengeneration weiter hinziehen (vgl. Kapitel 7.4).

Beachtenswert ist, dass die EU-Kommission anstrebt „hoheitliche“ Themen, wie zum Beispiel die Umsetzung der Grundanforderung 3 der EU-BauPV bezüglich der umweltrelevanten Merkmale, nicht mehr allein den Normungsgremien zu überlassen, sondern selbst zu regeln. Der Druck der Kommission auf die Mitgliedsstaaten in Sachen Umsetzung steigt also stetig an.

Aktuell arbeiten die Mitgliedsstaaten mit den europäisch harmonisierten Normen der 1. Generation weiter. Diese beinhalten jeweils die Anhänge ZA (normativ) und ZA (informativ) zu Abschnitten, die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie betreffen.

Am Beispiel der europäischen Norm: „Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau“, die in Deutschland als deutsche Fassung EN 13242 (2013) und in Österreich als österreichische Fassung ÖNORM EN 13242 (2014) eingeführt ist, kann aufgezeigt werden, dass für Bauprodukte selbstverständlich und in allen Fällen eine mögliche Freisetzung von gesetzlich geregelten gefährlichen Stoffen (RDS, indicative list) in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Mitgliedstaaten, am Ort der Verwendung, überprüft werden müssen. Als Ausgangsstoffe sind in Tabelle A 1 unter anderem unter D 4 und D 5 auch Elektroofenschlacken genannt (vergleiche relevante Auszüge unten).

Relevante Auszüge EN 13242 Anhang ZA (normativ):

- „In allen Fällen muss die mögliche Freisetzung von gesetzlich geregelten gefährlichen Stoffen in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Mitgliedstaaten am Ort der Verwendung überprüft werden.“
- „Unter einer Mandatserweiterung erarbeitet CEN/TC 154 zurzeit Anforderungen an die Erklärung der potenziellen Freisetzung von geregelten gefährlichen Stoffen aus Gesteinskörnungen unter der Wesentlichen Anforderung Nr. 3. Die Klassifizierungen der Herkunftsarten nach diesem Anhang sollen als Grundlage für die Bildung von Produktfamilien im Hinblick auf die Erfassung von Daten und die Entwicklung von herkunftsspezifischen Anforderungen für geregelte gefährliche Stoffe verwendet werden.“

Relevante Auszüge EN 13242 Anhang ZA (informativ):

- „ANMERKUNG 1: Zusätzlich zu den konkreten Abschnitten dieser Norm, die sich auf gefährliche Stoffe beziehen, kann es weitere Anforderungen an die Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, geben (z. B. umgesetzte europäische Rechtsvorschriften und nationale Gesetze sowie Rechts- und Verwaltungsvorschriften). Um die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie zu erfüllen, ist es notwendig, die besagten Anforderungen, sofern und wo auch immer sie Anwendung finden, ebenfalls einzuhalten.“
- „ANMERKUNG 2: Eine Informations-Datenbank über europäische und nationale Bestimmungen über gefährliche Stoffe im Bauwesen ist auf der Website der Kommission EUROPA (Zugang über <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/cpd-ds>) verfügbar.“

7.6.2 Bedeutung für die gegenständliche Fragestellung

Deutschland: In Deutschland hat das Deutsche Institut für Baustofftechnik in Berlin im Zuge der Novellierung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) die Umwelteigenschaften von zum Beispiel Recycling-Baustoffen geregelt. Da die EBV noch nicht eingeführt und die EU-Normenreihe 16637 1-3 noch nicht abgeschlossen ist, wird die EN 12457-4 in Bezug genommen.

DIN EN 13285 für „ungebundene Gemische für den Straßenbau“, befindet sich im zuständigen Technischen Komitee CEN TC 227 noch im Abstimmungsverfahren. In Deutschland wird hier nach den technischen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau TL SoB (Ausgabe 2004/Fassung 2007) gearbeitet, sofern es sich um geregelte Straßenbaumaßnahmen handelt. Die Bewertung der chemischen Eigenschaften, unter anderem auch von Elektroofenschlacken, erfolgt in Verbindung mit der TL G SoB, Teil Güteüberwachung (Ausgabe 2004/Fassung 2007) und der TL Gestein -StB 04 (Ausgabe 2004/Fassung 2007). Die einzuhaltenden Eluatwerte im WF 10 Eluat zeigt nachfolgender Tabellenauszug aus der TL Gestein -StB 04 **Tabelle 1** in Kapitel 6.3.1.1. Einzelne Bundesländer in Deutschland führen für die Bewertung solcher Materialien, wie auch der Elektroofenschlacke, entweder die TL Gestein STB ein oder haben eigene Ländererlasse zur Bewertung der chemischen Eigenschaften (vgl. Kapitel 6.3.1.1.).

Am 1. August 2023 tritt die e EBV in Kraft und löst damit die chemischen Überwachungswerte in den Technischen Regelwerken und der Ländererlasse ab und ersetzt diese durch die bundeseinheitlichen Regelungen.

Fazit: Unter keinen Umständen kann in Deutschland ein Material, ob Bauprodukt oder nicht und unabhängig vom Einsatzbereich (im geregelten oder ungeregelten Bereich, ohne Untersuchung der Umwelteigenschaften eingesetzt werden.

Österreich: Nach unserem Kenntnisstand ist die Situation in Österreich ähnlich. Auch in Österreich wäre EOS als Bauprodukt anzusehen, wenn die aus der EU-Bauproduktenverordnung und den nationalen Ausführungsbestimmungen resultierenden Anforderungen erfüllt werden. Für die Elektroofenschlacke der Marienhütte liegt eine Leistungserklärung vom Dezember 2019 auf Basis der, im vorhergehenden Kapitel beispielhaft erläuterten, harmonisierten Europäischen Norm EN 13242 (Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulische gebundene Baustoffe für Ingenieur- und Straßenbau, Ausgabe 15.7.2015) als Grundlage der CE-Kennzeichnung vor. Die bei der Verwendung zu beachtenden Umwelanforderungen ergeben sich aus dem Verweis der Anhänge ZA auf die nationalen Ausführungsbestimmungen.

Das Österreichische Institut für Bautechnik veröffentlicht eine Baustoffliste ÖE mit festgelegten Leistungsanforderungen oder Verwendungsbestimmungen. Diese liegt in der aktuelle Fassung OIB-095.2-015/19 aus dem Jahr 2019 vor. Bei den industriell hergestellten Gesteinskörnungen für den Ingenieur- und Straßenbau gemäß EN 13242 wurde in der Baustoffliste ÖE folgende Leistungsanforderung hinsichtlich Umweltverträglichkeit festgelegt: *„Hinsichtlich Umweltverträglichkeit industriell hergestellter Gesteinskörnungen sind die Bestimmungen der ÖNORM B 3132 (2016.08.01) einzuhalten.“*

Die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind in Abschnitt 4.4 der ÖNORM B 3132 wie folgt festgelegt: *„Im Zuge der Erstprüfung sind bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen die Festlegungen gemäß Abschnitt 5 zu berücksichtigen.“* Die entsprechende Passage in Abschnitt 5 lautet: *„Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind im Zuge der Erstprüfung Untersuchungen und eine gutachterliche Stellungnahme betreffend die umweltrelevanten Inhaltsstoffe erforderlich.“* Ergänzend ist in Abschnitt 6 festgelegt: *„Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen sind die umweltrelevanten Inhaltsstoffe mindestens zweimal jährlich zu prüfen. Der Parameterumfang ist im Zuge der Erstprüfung auf Basis der gemäß Abschnitt 5 geforderten Untersuchung festzulegen.“*

Fazit: Der Vergleich der österreichischen Bewertungssystematik mit der deutschen lässt erwarten, dass auch in Österreich unter keinen Umständen ein Material, ob Bauprodukt oder nicht und unabhängig vom Einsatzbereich (im geregelten oder ungeregelten Bereich), ohne Untersuchung der Umwelteigenschaften eingesetzt werden kann.

Die aus der öffentlich zugänglichen Leistungserklärung für EOS der Marienhütte hervorgehende Absicht, diesen Stoff als industriell hergestellte Gesteinskörnung für alle denkbaren Anwendungsformen ohne irgendwelche Einschränkungen in Verkehr zu bringen, widerspricht nach unserem Erkenntnisstand den Vorgaben nach der österreichischen Bewertungssystematik. So ist in der Leistungserklärung zur Umweltverträglichkeit ohne jegliche Differenzierung v.a. nach Einsatzbereichen nur der Vermerk „eingehalten“ angegeben und es wird pauschal auf einige Gutachten aus dem „Nebenprodukte-Verfahren“ verwiesen, in denen aber bei weitem nicht alle Einsatzmöglichkeiten der EOS behandelt werden.

8 Grundlagen der antizipierenden Sickerwasserprognose nach UBA-Grenzwertableitungskonzept für die Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland (AP-5)

8.1 Vorgezogene antizipierende Sickerwasserprognose

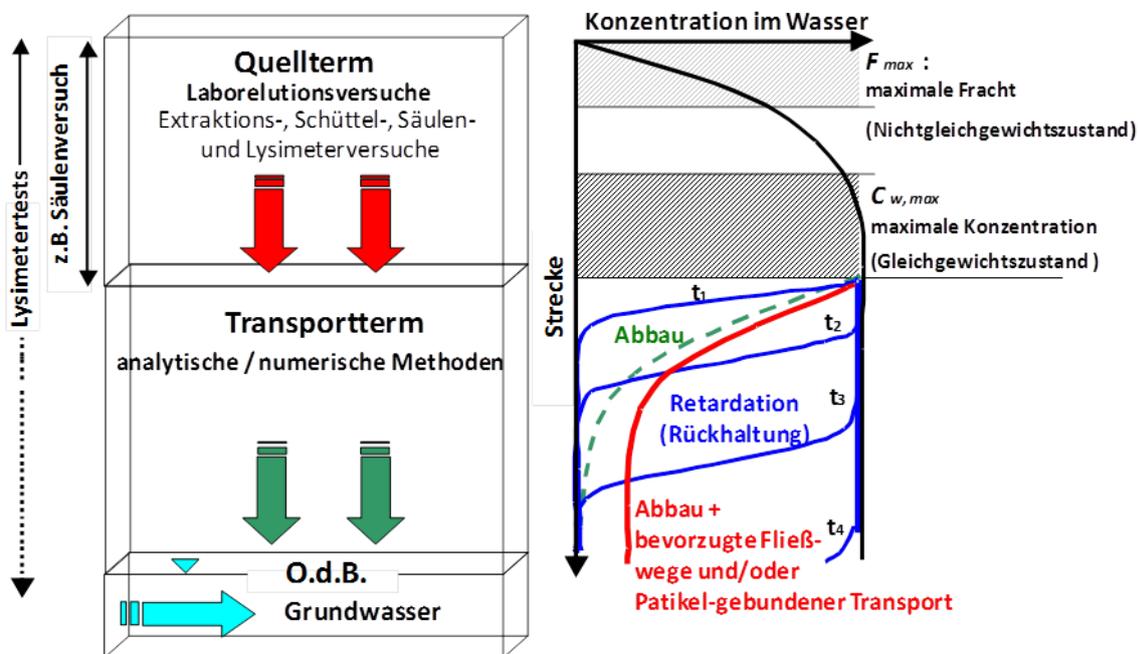
Die Bewertungen im Rahmen dieser Begutachtung basieren auf der so genannten antizipierenden Sickerwasserprognose nach Susset & Leuchs (2011) auf der Grundlage der Sickerwasserprognose nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz in Deutschland (BBodSchV, 1999) und den Ergebnissen des Forschungsverbundes „Sickerwasserprognose“ des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung (BMBF-SIWAP).

Die klassische Sickerwasserprognose nach BBodSchV (1999) wird in der Regel für die Beurteilung von Altlasten im Nachsorgebereich angewendet. Für die Beurteilung der Zulässigkeit von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Einbauweisen und/oder Bauwerken müssen aber strengere Maßstäbe des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes angewendet werden (LAWA, 2017). Unter Berücksichtigung der fachpolitischen Randbedingungen und Festlegungen aus dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz und der Sickerwasserprognose nach BBodSchV (1999) - vgl. Kapitel 2.1.1 in Susset et al., 2018 - und Verwendung der experimentellen Methoden und wissenschaftlichen Modellwerkzeuge aus BMBF-SIWAP (u.a. Susset & Leuchs, 2008; Grathwohl & Susset, 2011) haben Susset & Leuchs (2011) eine vorgezogene bzw. antizipierende Sickerwasserprognose zur Beurteilung der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen (MEB) in technischen Bauwerken entwickelt.

Bei dieser generalisierten Ableitung von Grenzwerten für Salze, Metalle und Organika für die Verwertung von MEB wird entsprechend der Konzeption der klassischen Sickerwasserprognose nach BBodSchV (1999) in zwei voneinander getrennten Schritten vorgegangen (Grathwohl & Susset, 2001; Susset & Grathwohl, 2011, Eberle et al., 2010). Man spricht entsprechend von einem Quellterm und einem Transportterm (vgl. **Abbildung 3**):

- Im ersten Schritt wird der Quellterm bestimmt, also die Höhe und der zeitliche Verlauf der Stofffreisetzung mit dem Sickerwasser aus dem Material.
- Im zweiten Schritt wird für retardierbare und/oder abbaubare Stoffe eine Transportprognose durchgeführt, in dem die Rückhaltung und der Abbau der Schadstoffe im Sickerwasser und die Stoffanreicherung im Unterboden bei der Durchsickerung der ungesättigten Zone über einen bestimmten Zeitraum betrachtet wird.

Abbildung 3: Unterteilung der Sickerwasserprognose nach BBodSchV (1999) zur Grundwasser- und Bodengefahrenbeurteilung in einen Quellterm und einen Transportterm. Säulenversuche werden typischerweise zur Beschreibung der Dynamik des Quellterms eingesetzt, während Feldlysimeter auch den Transportterm miteinschließen können. Rechts: Zunehmende Konzentrationen im Sickerwasser mit zunehmender Sickerstrecke im Quellterm. In Abhängigkeit von der Sickerstrecke und der mittleren Verweilzeit des Sickerwassers können sich maximale Schadstofffreisetzungsraten (F_{max}) innerhalb kurzer Strecken (Nichtgleichgewichtsbedingungen infolge geringer Kontaktzeiten) und bei hinreichender Kontaktzeit maximale Konzentrationen im Sickerwasser unter Gleichgewichtsbedingungen ($C_{w,max}$) einstellen. Unter Feldbedingungen werden i.d.R. Gleichgewichtsbedingungen erreicht (vgl. Grathwohl & Susset, 2009; Lopez Meza et al., 2010). Unterhalb des Quellterms kann Abbau zu einem dauerhaften Rückgang der Sickerwasserkonzentrationen führen (Grathwohl & Susset, 2001; Susset, 2004), während Sorption nur zu einer ggf. starken Verzögerung des Durchbruchs der Konzentrationen am Ort der Beurteilung und einer ggf. vorübergehenden Anreicherung im Boden führt. Präferentielles Fließen und/oder Partikel-gebundener Transport kann zu einem verfrühten Durchbruch eines bestimmten Anteils der durch den Quellterm freigesetzten Stoffe führen. Abbildung verändert nach Grathwohl & Susset (2001) aus Susset et al. (2018).



Die Quantifizierung dieser Prozesse im Rahmen einer antizipierenden Sickerwasserprognose für die aus den MEB freigesetzten Stoffe und Stoffgruppen ist deshalb der Kern der Systematik für die Ableitung von medianschutzbasierten Einbauwerten für die Ersatzbaustoffe und Bodenmaterialien (Susset & Leuchs, 2011).

Die antizipierende Sickerwasserprognose wurde in verschiedenen Forschungsprojekten des UBA weiterentwickelt und schließlich zur Beurteilung der Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken für die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) eingesetzt. Im Folgenden werden nur diejenigen Fachgrundlagen berichtet, die für das weitere Verständnis der nachfolgenden Begutachtung relevant sind. Es handelt sich hier im

Wesentlichen um Auszüge aus den UBA Texten 26/2018 (Susset et al., 2018) und 53/2020 (Finkel et al., 2020). Details können dort nachgelesen werden.

Die Prüfung und Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von MEB und Bodenmaterialien in wasserdurchlässigen Einbauweisen basiert auf sogenannten medienschutzbasierten Einbauwerten (ME), die für die in der EBV geregelten Stoffe und Stoffgruppen sowie für die in der EBV berücksichtigten Einbauweisen und Untergrundkonstellationen ermittelt werden. Die Verwertung eines MEB in einer bestimmten Einbauweise und Untergrundkonstellation ist nur dann zulässig, wenn alle ME im Sickerwasser eingehalten werden. Die Umsetzung des Fachkonzepts bzw. der UBA-Ableitungssystematik basiert auf den mit den Länderarbeitsgemeinschaften und dem BMU diskutierten verschiedenen Festlegungen und Annahmen, die eine standardisierte Bewertung der Einbaumöglichkeiten von MEB ermöglichen. Sie stellt die wesentliche Grundlage der materiellen Regelungen der EBV in den verschiedenen Arbeitsentwürfen bis zur Kabinettsfassung der MantelV (BMUB, 2017) und dem Bundesratsbeschluss vom 6. November 2020 dar. Die Bewertung von geschlossenen Bauweisen war nicht Gegenstand dieses UBA-Vorhabens. Wie in Susset & Leuchs (2011) erläutert, können diese nicht medienschutzbasiert beurteilt werden. Die Bewertung der Zulässigkeit von MEB in geschlossenen Bauweisen erfolgte durch das BMU in Analogie zu Regelungen der LAGA (Eckpunktepapier 2004) und der FGSV (RuA StB, 2001).

Zwei Kriterien sind für die Ableitung der medienschutzbasierten Einbauwerte im Rahmen der antizipierenden Sickerwasserprognose generell relevant:

- (i) das Anreicherungskriterium (AK), d.h. die Beschränkung der Stoffanreicherung im Unterboden auf ein akzeptables Maß, sowie
- (ii) das Durchbruchskriterium (DK), d.h. die Beschränkung der Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (OdB) auf Werte unter dem Geringfügigkeits-schwellenwert (GFS) oder einem alternativ festgelegten Bezugsmaßstab (BM) innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

Für die Entscheidung, ob ein mineralischer Ersatzbaustoff für ein spezifisches technisches Bauwerk oder eine dauerhafte Verfüllung zugelassen werden kann oder nicht, muss die typische Qualität von mineralischen Ersatzbaustoffen hinsichtlich der Elution von Schadstoffen für die EBV beurteilt und klassifiziert werden. Basierend auf einer Vielzahl von Untersuchungen mit unterschiedlichen Laborelutionsmethoden und Feldlysimetern zur Basischarakterisierung von mineralischen Ersatzbaustoffen wurde ein Säulenversuch zur Übereinstimmungsuntersuchung entwickelt und durch das Deutsche Institut für Normung standardisiert und validiert. Mit dieser Referenzmethode (Säulenversuch nach DIN 19528, 2009) wurden bewertungsrelevante Stoffe für die weiterführende Gefahrenbeurteilung identifiziert und Grenzkonzentrationen in Eluatzen zur Klassifizierung von Materialqualitäten der zu regulierenden mineralischen Ersatzbaustoffe bestimmt. Die Bestimmung relevanter

Stoffe und Stoffgruppen und die Materialklassifizierung basiert auf einer Vielzahl von Analysendaten für verschiedene mineralische Ersatzbaustoffe und für Bodenmaterialien aus verschiedenen Untersuchungs- und Forschungsprojekten (u. a. Susset & Leuchs 2008, 2011; Dehoust et al. 2007) und auf neu erhobenen Analysedaten in den Jahren 2007-2017 bis zur Kabinettsfassung der EBV (vgl. Kapitel 9.1.1 in diesem Bericht, Grathwohl & Susset, 2009, Bleher et al., 2017). Gemäß den BMUB-Vorgaben und basierend auf den bisher in den LAGA-Eckpunkten (2004) bewerteten Parametern wurden jeweils die Element- und Stoffgehalte in Eluaten untersucht. Das ggf. unterschiedliche Stofffreisetzungs- und Transportverhalten verschiedener Schwermetallspezies und verschiedener Oxidationsstufen (z. B. Bewertung verschiedener Oxidationsstufen von Kupfer, etc.) sind nicht Gegenstand der UBA-Ableitungssystematik. Unterschiedliche Spezies und Oxidationsstufen werden, wie nach bisheriger Sachlage (LAGA M 20, 1997, LAGA-Eckpunkte, 2004 und daran orientierte Länderregelungen), auch zukünftig in der EBV nicht unterschieden.

8.2 Quellterm in der antizipierenden Sickerwasserprognose

8.2.1 Geeignete Laborverfahren

Susset et al. (2018) erläutern im Detail die Herleitung und Normenentwicklung des Säulenversuches nach DIN 19528 (2009) und diskutieren die Eignung verschiedener Laborverfahren für die Sickerwasserprognose. Im Folgenden wird auf Grundlage der UBA Texte zusammengefasst:

Textbox 1: Eignung von Laborverfahren zur Bewertung der Stofffreisetzung aus mineralischen Ersatzbaustoffen

Feststoffuntersuchungen

- Grenzwerte für Schadstoffgehalte im Feststoff sind nicht dazu geeignet, Grundwasser- und Bodengefahrenpotentiale zu begrenzen. Eine Ausnahme bilden die bodenartspezifischen Vorsorgewerte für die günstigsten Materialklassen von Bodenmaterial und Baggergut, BM-0 und BG-0. Aufgrund der Hypothese, dass bei deren Einhaltung auch die Geringfügigkeitsschwellenwerte oder Bezugsmaßstäbe im Eluat eingehalten werden, fungieren diese auch als medienschutzbasierte Beurteilungswerte für den Grundwasserschutz.
- Eine Grundwasser- und Bodengefahrenbeurteilung sollte deshalb auf Eluatuntersuchungen im Wasser basieren.
- In der MantelV wurde deshalb der Paradigmenwechsel von einer Bewertung aufgrund von Feststoffgehalten hin zu Materialwerten im Eluat vollzogen.
- Die Notwendigkeit einer Begrenzung von Feststoffgehalten unter abfallwirtschaftlichen Gesichtspunkten bleibt davon unberührt.

- Festlegungen von Materialwerten im Feststoffgehalt durch das BMU erfolgten unabhängig von der in den UBA-Projekten durchgeführten medienschutzbasierten Beurteilung des Pfades Boden-Grundwasser.

Eluatuntersuchungen

- Laborsäulenversuche liefern realitätsnahe Ergebnisse zur Beurteilung mineralischer Ersatzbaustoffe und Altlastenmaterialien hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials für Boden und Grundwasser (Quellterm Sickerwasserprognose).
- Eine Wasser- zu Feststoffrate von 2 Liter/Kilogramm *WF 2* entspricht einer normierten Zeit und bei den gängigen technischen Bauweisen der EBV mit Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis 4 Metern, gemittelten, mittelfristigen und damit bewertungsrelevanten Konzentrationen im Sickerwasser - je nach Mächtigkeit der Einbauweise nach wenigen Jahren bis 50 Jahren.
- Der bisher gängige Schütteltest bei *WF 10* prognostiziert langfristige und damit kaum bewertungsrelevante mittlere Konzentrationen im Sickerwasser, je nach Einbaumächtigkeit, nach vielen Jahrzehnten bis 300 Jahren
- Die aufgrund Verdünnung bei *WF 10* niedrigen Konzentrationen, oftmals im Bereich der Bestimmungsgrenzen, sind mit höheren Unsicherheiten behaftet. Diese können letztlich zu einer Fehlinterpretation und Unterschätzung des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials führen, welchen mit hohen und nur schwierig ableitbaren Sicherheitsaufschlägen auf Grenzwerte begegnet werden müsste.
- In der MantelV wurde deshalb der Paradigmenwechsel von einer Bewertung im Eluat bei hohen *WF 10* hin zu bewertungsrelevanten *WF 2* vollzogen.
- Mit der DIN 19528 (2009) liegt ein validiertes Säulenversuchsverfahren vor, das den Ansprüchen hinsichtlich einer genaueren Betrachtung des Verhaltens von mineralischen Ersatzbaustoffen und der Praktikabilität Rechnung trägt.
- Auch auf Europäischer Ebene herrscht Konsens, dass ein Säulenversuch das Mittel der Wahl für die Untersuchung granularer Materialien ist. Die entsprechende CEN TS 16637-3 befindet sich kurz vor der Einführung als Europäische Norm (vgl. Kapitel 7.2).

8.2.2 Stofffreisetzungsprozesse und Schematisierung des Quellterms

Im Rahmen von BMBF-SIWAP und diversen UBA-Projekten wurden die wesentlichen chemischen und physikalischen Stofffreisetzungsprozesse aus mineralischen Ersatzbaustoffen untersucht. Susset et al. (2018) haben unter Zugrundelegung dieser Ergebnisse und weiterer Ergebnisse aus der internationalen Literatur die wesentlichen Stofffreisetzungsprozesse analysiert und modelliert. Für die Bewertung des Quellterms im Rahmen der antizipierenden Sickerwasserprognose mussten schließlich für eine generalisierte Abschätzung des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken Konventionen getroffen und Quelltermtypen schematisiert werden. Die drei folgenden Textboxen fassen die wesentlichen Erkenntnisse zusammen.

Textbox 2 Stofffreisetzungsprozesse

- Die an der Stofffreisetzung beteiligten bzw. die Freisetzung steuernden Prozesse sind je nach betrachteter Stoffgruppe unterschiedlich.
- Bei Schwermetallen sind in der Regel mehrere Prozesse zu beachten, die sich häufig auch gegenseitig beeinflussen (siehe Literaturlauswertung und -verweise in Susset et al., 2018).
 - Komplexierung: metallische Verbindungen, v.a. Kupfer und Nickel können in Böden und mineralischen Abfällen organisch komplex gebunden sein, was zu einer höheren Mobilität und einer höheren gelösten Konzentration des betreffenden Stoffes führen kann, als es bei Gleichgewichtsbedingungen und den hydrogeochemischen Randbedingungen zu erwarten wäre.
 - pH-Wert: kann sich während der bzw. durch die Freisetzung ändern; beeinflusst sowohl die Sorption (z.B. bei Arsen und Vanadium) als auch die Löslichkeit von Stoffen in unterschiedlicher stoffspezifischer Weise; beeinflusst die Freisetzung von Sekundärsubstanzen wie Trübe und DOC.
 - Redoxpotential: beeinflusst die Spezierung (Oxidationsstufe) und damit die Bindungsformen und die Mobilität von Schwermetallen; der Einfluss der Redox-Prozesse ist dabei in der Regel eng an den pH-Wert gebunden.
 - Boden- bzw. MEB-Bestandteile: die Bindungsstärke der Metalle hängt von den Boden- bzw. Materialeigenschaften ab, v.a. von den Gehalten an Huminstoffen, Tonmineralen und Sesquioxiden.
- Bei organischen Verbindungen sind für die Freisetzung bzw. Desorption in der Regel folgende Faktoren von vorrangiger Bedeutung
 - Sorptionsneigung der Verbindung: bestimmt - zusammen mit dem Gehalt an organischem Kohlenstoff - die freisetzbare Stoffmenge; ist in der Regel in etwa umgekehrt proportional zur Löslichkeit der Verbindung.
 - Gehalt an organischem Kohlenstoff des betrachteten Bodens oder MEB: bestimmt im Wesentlichen die Sorptionskapazität und damit - zusammen mit der Sorptionsneigung der Verbindung - die freisetzbare Stoffmenge; auch die Art des organischen Kohlenstoffs kann eine Rolle spielen.
 - Korngröße bzw. Korngrößenverteilung des betrachteten Bodens oder MEB: die Größenverteilung der Boden- oder MEB-Körnung bestimmt die bei der Freisetzung zurückzulegenden Diffusionsstrecken und damit die Dynamik des Freisetzungsprozesses; je kleiner die Korngröße ist desto schneller ist der Desorptionsprozess.
- Bei Salzen erfolgt die Freisetzung vergleichsweise schnell und ist gekennzeichnet von hohen Austragsraten aufgrund der hohen Löslichkeiten und einem raschen und deutlichen Abklingverhalten. Entscheidend sind hier die Anteile des zu bewertenden mineralischen Ersatzbaustoffs an salzhaltigen Materialien (z.B. Gipsanteile in RC-Baustoffen) sowie dessen Vorbehandlung (z.B. Auswaschung leicht löslicher Salze).

Textbox 3 Stofffreisetzungsmuster/Quelltermtypen

- Für eine generalisierte Abschätzung des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken müssen Konventionen getroffen und Quelltermtypen schematisiert werden. Schließlich kann nicht für jede Beurteilung der Verwertbarkeit eines MEB das Freisetzungsverhalten im Einzelfall untersucht und gesetzlich geregelt werden.
- Je nachdem, welche der oben beschriebenen Prozesse die Stofffreisetzung aus einem MEB dominieren, ergeben sich unterschiedliche Freisetzungsmuster in Bezug auf den zeitlichen Verlauf der Freisetzung.
- Vereinfachend lassen sich für die EBV drei grundlegende Stofffreisetzungsmuster unterscheiden:
 - Quelltermtyp I → "endliche Quellen": Rasche Freisetzung von Salzen und mobilen Anteilen von Schwermetallen, gekennzeichnet von hohen Austragsraten aufgrund der hohen Löslichkeiten und einem raschen und deutlichen Abklingverhalten,
 - Quelltermtyp II → "intermediäre Quellen": Intermediäres Stofffreisetzungsverhalten von i.d.R. Schwermetallen mit anfänglich schneller Auswaschung mobiler bzw. leicht gebundener Stoffanteile und anschließend diffusionslimitiertem Austrag, mit einem mittel- bis langfristigen Tailing der Eluatkonzentrationen.
 - Quelltermtyp III → "unendliche Quellen": Stark sorbierende Organika und stark an MEB gebundene Schwermetalle mit relativ konstanten Konzentrationen im Eluat aufgrund relativ konstanter Freisetzungsraten im oder nahe am Gleichgewicht zwischen wässriger und Festphase. Später folgt ein Rückgang der Eluatkonzentrationen, wenn sich Nichtgleichgewichtsbedingungen einstellen.

Textbox 4 Modellierung der Stofffreisetzung und Generalisierung des Quellterms

- Für Salze kann ein gut reproduzierbares Abklingverhalten innerhalb einer Materialart gefunden werden, das durch Typkurven aufgrund einer analytischen Lösung der Advektions-Dispersionsgleichung beschrieben werden kann.
- Für jeden mineralischen Ersatzbaustoff mit relevanten Salzkonzentrationen kann für die EBV eine maximal zulässige Konzentration in WF 2-Eluaten berechnet werden, die einen kurzfristigen Konzentrationsrückgang auf GFS an der Unterkante des technischen Bauwerks/der Einbauschicht innerhalb eines Beurteilungszeitraums von 4 Jahren gewährleistet.
- Die Freisetzungsrates und das Abklingverhalten von Schwermetallen variiert für die meisten MEB stark von Probe zu Probe und kann nur für einzelne MEB und einzelne Schwermetalle mit einer generalisierten Typkurve beschrieben werden.
- Organika zeigen i.d.R. kein generalisierbares Abklingverhalten.
- Zur Modellierung des Freisetzungsmusters II wurde im Rahmen des parallellaufenden UBA-Vorhabens mit FKZ: 371374228/1 das Modell erweitert: Die "Restkonzentrationen" im Tailing kann zwar gut angenähert werden. Für die Bewertung in der EBV spielen diese Langzeitkonzentrationen aber keine Rolle, da sie nicht zur Konzentration bis WF 2 beitragen.
- Für die Umsetzung der Systematik zur Ableitung von ME in der EBV sind demnach nur zwei Freisetzungsmuster relevant:
 - Freisetzungsmuster I - Schnelles Abklingen auf eine geringe Freisetzungsrates (nachgewiesenes reproduzierbares Abklingverhalten);
 - Freisetzungsmuster III - Lang anhaltende, relativ konstante Freisetzung.
- Die Freisetzung von Stoffen nach dem Freisetzungsmuster I wird durch eine Abklingkurve 1. Ordnung beschrieben (d.h., die Geschwindigkeit des Abklingens ist proportional zur Sickerwasserkonzentration), die im Wesentlichen durch einen Parameter, den Verteilungskoeffizienten zwischen Festphase und wässriger Phase in dem jeweiligen MEB gesteuert wird.
- Für die Freisetzung von Stoffen nach dem Freisetzungsmuster III ist keine besondere Berechnung der Freisetzung erforderlich, es wird eine konstante kumulative Sickerwasserkonzentration bis WF 2 angenommen.
- Stoffe, die ein teilweises Abklingen der Freisetzung mit anschließendem langem Tailing zeigen (Freisetzungsmuster II) werden i.d.R. – im Sinne eines konservativen Ansatzes – dem Freisetzungsmuster III zugeordnet.
- Für einzelne Schwermetalle und MEB konnte ein generisches Abklingverhalten nachgewiesen und in der UBA-Ableitungssystematik für die Grenzwerte der EBV berücksichtigt werden

8.3 Transportterm in der antizipierenden Sickerwasserprognose

Retardation/Abbau können gemäß den Festlegungen und Randbedingungen aus dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz nur dann berücksichtigt werden, wenn der höchste zu erwartende Grundwasserabstand mehr als 1 Meter unterhalb der Unterkante des technischen Bauwerks oder der Unterkante, der am tiefsten liegenden technischen

Einbauweise mit mineralischen Ersatzbaustoffen liegt. Zur Ableitung von medianschutzbasierten Einbauwerten für retardierbare und/oder abbaubare Stoffe werden drei Fälle unterschieden: Liegen ungünstige Bodeneigenschaften vor oder liegt der höchste zu erwartende Grundwasserstand weniger als 1 Meter unterhalb der Unterkante des technischen Bauwerks/der Einbausicht sind grundsätzlich - abgesehen vom Vorliegen bauwerkspezifischer Verdünnungsfaktoren - die GFS oder Bezugsmaßstäbe im Säulenkurzeluat bis *WF* 2 unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsfaktors 1,5 unmittelbar einzuhalten. In diesem Fall ist keine Transportmodellierung notwendig. Für Fallgestaltungen, bei welchen die Mächtigkeit der grundwasserfreien Transportschicht mehr als einen Meter beträgt, wurde abhängig von der Bodenart (Sand oder Lehm/Schluff/Ton) für jeden retardierbaren und ggf. abbaubaren Stoff eine maximal zulässige, konstante Quelltermkonzentration im *WF* 2-Eluat berechnet, die auch bei dauerhafter Einwirkung auf das Bodensegment nicht zu einem Durchbruch von Sickerwasser mit Konzentrationen oberhalb der Geringfügigkeitsschwellen/Bezugsmaßstäbe und nicht zu einer Anreicherung von mehr als 50 % der Filterkapazität (= Vorsorgewerte – Hintergrundwert) innerhalb des Beurteilungszeitraums von 200 Jahren führt.

Für das generalisierte Regelungskonzept der EBV wurden zwei Bodenkategorien unterschieden: sandige Böden mit i.d.R. moderatem Retardations- und Abbaupotential und schluffig/lehmig/tonige Böden mit i.d.R. höherem Retardations- und Abbaupotential. Diese Bodenszenarien wurden durch Beyer et al. (2007, 2008) und Grathwohl et al. (2006) auf der Grundlage einer statistischen Auswertung typischer Bodeneigenschaften der Hauptbodeneinheiten in Deutschland aus der Bodenübersichtskarte (BÜK 1000) der BGR (BGR, 2005) im Maßstab 1:1.000.000 und einer darauf aufbauenden Klassifizierung von Unterboden/Untergrundeinheiten parametrisiert. Susset & Leuchs (2011) diskutieren im Einzelnen die Zielgrößen dieser Auswertung. Im Folgenden wird kurz zusammengefasst: Zielgrößen der Auswertung sind Profilmächtigkeit (ohne A-Horizonte), Tongehalt, pH-Wert, TOC-Gehalt sowie einige bodenphysikalische Kenngrößen. Grundsätzlich wurden jeweils Werte bestimmt, die von allen oder 90 % der auswertbaren Sand- bzw. Schluffprofile der Bodenübersichtskarte 1000 mindestens eingehalten werden können bzw. i. d. R. günstiger sind. Dies gilt auch für die Auswahl der Lagerungsdichten und nutzbaren Feldkapazitäten (höhere Trockenraumdichten bzw. geringe nutzbare Feldkapazitäten führen zu einer höheren Retardation, also stärkeren Verzögerung des Schadstofftransportes gegenüber dem konservativen Tracer). Insgesamt soll damit sichergestellt werden, dass 90% der sandigen oder schluffigen Böden in Deutschland, die hier für die Transportmodellierung der medianschutzbasierten Einbauwerte verwendeten Sorptionsqualitäten mindestens einhalten oder übertreffen. Damit wurde die Voraussetzung für eine generalisierbare Bewertung in

einem Regelwerk geschaffen, so dass ohne Einzelfallprüfung bei Nachweis des Standardfalls mit einfachen Mitteln eine Entscheidung über die Zulässigkeit einer Verwertungsmaßnahme getroffen werden kann. Im Vollzug ist deshalb keine Messung der Transportparameter im Boden, sondern nur eine einfache kartografische oder bodenkundliche Entscheidung notwendig, ob ein ungünstiger Fall (höchster zu erwartender Grundwasserstand < 1 m unterhalb des Bauwerks oder ungünstige Rückhalteigenschaften, wie z.B. von Karstgebirgen oder Kiesterrassen), ein moderat günstiger Fall (mindestens 1 Meter Sandboden und höchster zu erwartender Grundwasserstand > 1 Meter unterhalb des Bauwerks) oder ein günstiger Fall (mindestens 1 Meter Lehm, Schluff oder "bessere" Böden mit noch höherem Sorptionsvermögen, wie z.B. Ton und höchster zu erwartender Grundwasserstand > 1 Meter unterhalb des Bauwerks) vorliegt. Gemäß der nun durch den Bundesrat beschlossenen EBV (BR-Beschlussdrucksache 587-20(B), Bundesrat, 2020) muss jeweils zusätzlich ein Sicherheitsabstand von der Bauwerksunterkante zum Grundwasser von 0,5 Meter eingehalten werden.

Für die Transportmodellierung wurde die in Susset & Leuchs (2011) beschriebene analytische Lösung der Advektions-Dispensionsgleichung durch Liedl et al. (2006) in ein Tabellenkalkulationsprogramm umgesetzt. Die Retardation wurde mit Pedotransferfunktionen von Utermann et al. (2005) abgeschätzt (substratübergreifende Freundlichisothermen). Hierzu wurde die substratübergreifende Freundlichisotherme nach Utermann mit den oben genannten statistisch abgeleiteten Bodenparametern für die beiden generalisierten Bodenkategorien parametrisiert und mittels Linearisierung für den jeweiligen Konzentrationsbereich (detailliert in Susset & Leuchs, 2011) der konzentrationsabhängige Verteilungskoeffizient berechnet. Die maximal zulässige konstante Quelltermkonzentration, die eine Rückhaltung des betrachteten Stoffes über den jeweiligen Beurteilungszeitraum gewährleistet, wurde iterativ bestimmt. Abbau wurde mit einem einfachen kinetischen Ansatz 1. Ordnung unter Verwendung konservativer Abbauraten modelliert (vgl. Gleichungen und Diskussion der Abbauraten in Susset & Leuchs, 2011). Sämtliche Berechnungsschritte wurden durch Finkel et al. (2020) in ein benutzerfreundliches Modell-Anwendungstool übersetzt (vgl. Kapitel 8.4).

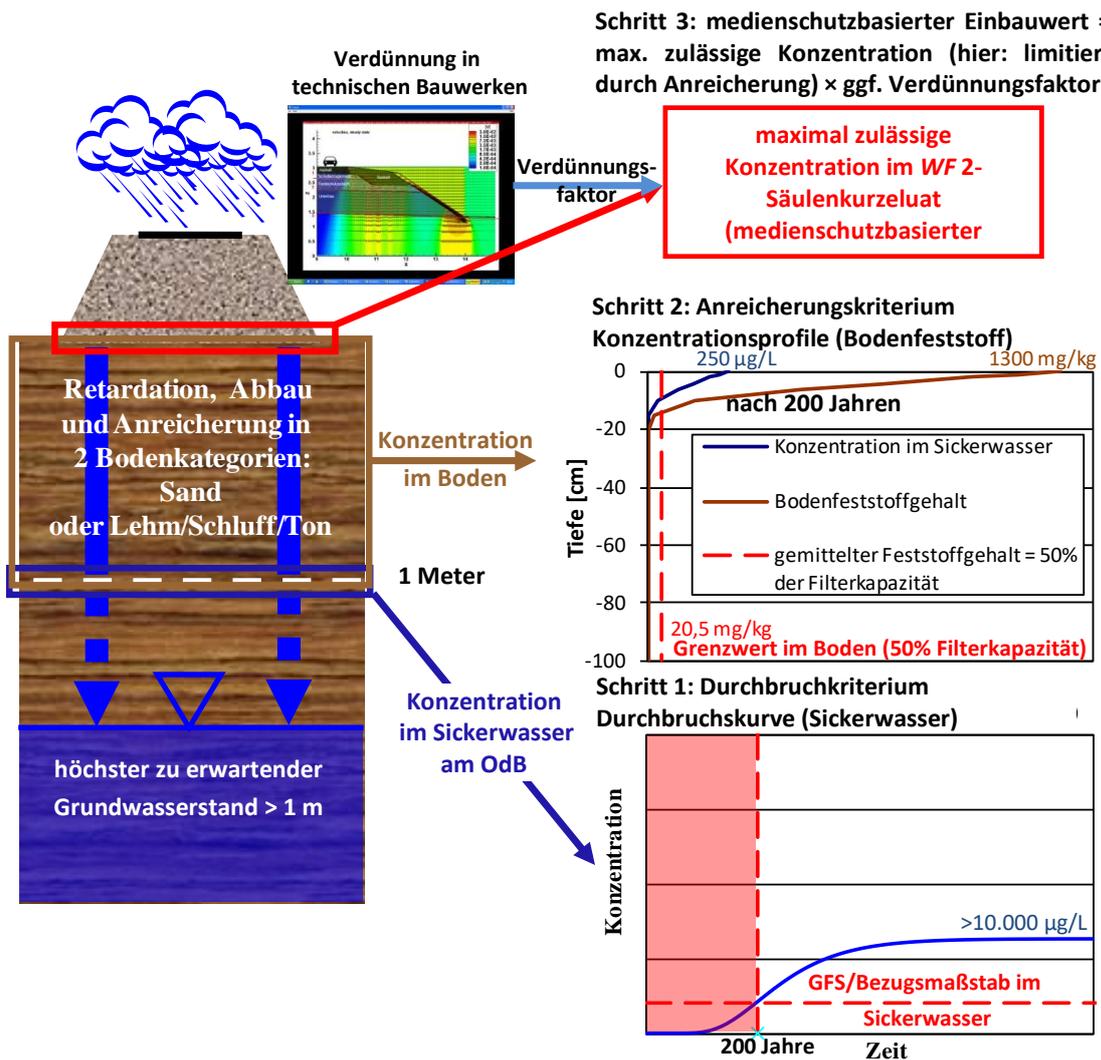
Zur Berechnung der Anreicherung wurde die insgesamt im Beurteilungszeitraum in Abhängigkeit der Höhe der konstanten Quelltermkonzentration freigesetzte Stoffmenge (Emission) auf die Masse des darunterliegenden Bodens bezogen. Damit ergibt sich eine über 1 Meter Transportzone gemittelte Feststoffkonzentration, die nicht mehr als 50 % der Filterkapazität, gegeben durch den Bodenvorsorgewert abzüglich des Hintergrundwertes, betragen darf. Hieraus ergibt sich eine maximal zulässige, konstante Quelltermkonzentration aus dem Anreicherungskriterium.

Für jedes relevante Schwermetall und für die relevanten organischen Schadstoffe und jede Einbauweise bzw. jedes technische Bauwerk wurden schließlich maximal zulässige Quelltermkonzentrationen für die verschiedenen Sickerwasserraten bestimmt, die entweder durch das Anreicherungs- oder das Durchbruchkriterium limitiert sind. Die medienschutzbasierten Einbauwerte erhält man durch Multiplikation der maximal zulässigen konstanten Quelltermkonzentration mit den bauwerksspezifischen Verdünnungsfaktoren, die sich ggf. aus den verschiedenen hydraulischen Bedingungen ergeben.

Zur Berechnung der medienschutzbasierter Einbauwerte für retardierbare und/oder abbaubare Stoffe wird die antizipierende Sickerwasserprognose in drei Schritten durchgeführt.

- (i) **Prüfung des Durchbruchkriteriums:** Berechnung der zulässigen (konstanten) maximalen Quelltermkonzentration im WF 2 - Eluat, die eine Rückhaltung der Stoffe in einem Meter Rückhaltezone über einen nachhaltigen Zeitraum, der seitens des BMUB für den Vorsorgebereich mit 200 Jahren für technische Bauwerke festgelegt wurde, gewährleistet. Wie das Beispiel in **Abbildung 4** zeigt, wären für das hier betrachtete wenig mobile Schwermetall sehr hohe konstante Quellstärkekonzentrationen zulässig ($> 10.000 \mu\text{g/L}$) und die Konzentrationsfront würde dennoch innerhalb von 200 Jahren nicht an der Unterkante auftreten. Die Durchbruchdauer von Sickerwasserkonzentrationen oberhalb der GFS- oder der Bezugsmaßstäbe würde hier auch bei sehr hohen Quellkonzentrationen einen Zeitraum von mehreren 1000 Jahren einnehmen. Für abbaubare Stoffe, wie z. B. PAK, wird zusätzlich der Bioabbau berücksichtigt. Effektiver Bioabbau führt zu einer zusätzlichen Verzögerung des Durchbruchs und zu einer Absenkung der dauerhaft und maximal erreichbaren Konzentration.
- (ii) **Prüfung des Anreicherungskriteriums:** Berechnung der zulässigen (konstanten) maximalen Quelltermkonzentration im WF 2 - Eluat, so dass die Stoffanreicherung der zurückgehaltenen Stoffe im Beurteilungszeitraum gemittelt über 1 Meter Bodenprofil (einfache Berechnung durch Bezug der Emission im Betrachtungszeitraum auf die Masse des Bodenvolumens) nicht zu einer Anreicherung von mehr als 50 % der Filterkapazität führen. Wie das Beispiel in **Abbildung 4** zeigt (rote Strichlinie und Konzentrationsprofile) führt hier bereits eine konstante Quellstärke von $250 \mu\text{g/L}$ zu einer Anreicherung auf $20,5 \text{ mg/kg}$ gemittelt über das Bodenprofil. Dieser Wert entspricht 50 % der Filterkapazität von 41 mg/kg in Schluffböden für das hier betrachtete Schwermetall.
- (iii) **Bestimmung der zulässigen maximalen Quelltermkonzentration:** Im hier gezeigten Beispiel beträgt die zulässige maximale Quelltermkonzentration folglich $250 \mu\text{g/L}$, da hier das Anreicherungskriterium limitiert. Der medienschutzbasierte Einbauwert zur Bewertung der Zulässigkeit des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen nach EBV ergibt sich schließlich durch die Multiplikation der maximal zulässigen Quelltermkonzentration mit evtl. gegebenen bauwerksspezifischen Verdünnungsfaktoren.

Abbildung 4: Schemaskizze zur Veranschaulichung der Ableitung medienschutzbasierter Einbauwerte von Schwermetallen und Organika im Rahmen der antizipierenden Sickerwasserprognose für verschiedene Einbauweisen von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken, unter Berücksichtigung von Retardation und ggf. Abbau von Metallen und Organika sowie der gemittelten Anreicherung in einer 1 Meter mächtigen Bodenzone. Ggf. können Verdünnungseffekte innerhalb der technischen Bauwerke aus der Quelltermprognose bei der Ableitung von medienschutzbasierten Einbauwerten berücksichtigt werden, indem die maximal zulässige Quelltermkonzentration mit entsprechenden Verdünnungsfaktoren multipliziert wird. OdB: Ort der Beurteilung, C_s : Konzentration im Feststoff, C_w : Konzentration im Sickerwasser aus Susset et al. (2018).



8.4 Systematik der Ableitung von medien-schutzbasierten Einbauwerten und Umsetzung in BEMEB

Im Rahmen des UBA-Vorhabens: „*Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil II: Modellierung der Stoffmigration und Erarbeitung eines DV-gestützten Leitfadens*“ (FKZ: 371374228/2) des ZAG Tübingen wurden die UBA-Ableitungssystematik der EBV, die medien-schutzbasierten Einbauwerte und Materialwerte sowie die Zulässigkeiten von Einbauweisen, einschließlich des eingesetzten Bewertungsverfahrens, in ein benutzerfreundliches Anwendungstool übersetzt (BEMEB-Tool, BEMEB = Beurteilung des Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe). Mit BEMEB wurden sämtliche bisherigen Modellierungen des LANUV NRW und des Zentrums für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen (ZAG) sowie die Grenzwertableitungen (medien-schutzbasierten Einbauwerte), die Ableitungen von Materialwerten und die „+/-“-Bewertungen in den Einbautabellen sowie die Fußnotenregelungen nachgerechnet und überprüft. Bezüglich der detaillierten Herleitung von Berechnungsformeln wird zur Platzersparnis und besseren Lesbarkeit in diesem Gutachten an verschiedenen Stellen auf den UBA-Text 53/2020 (Finkel et al., 2020) verwiesen. Anhand BEMEB können alle Berechnungen durch die Fachöffentlichkeit im Detail nachvollzogen und selbst ausgeführt werden.

Die standardisierte Bewertung der Einbaumöglichkeiten der MEB für die EBV wird anhand von Standardszenarien durchgeführt, in welchen die bei der Ausarbeitung des Fachkonzepts getroffenen Festlegungen in Bezug auf die stoff-, boden- und einbauweisespezifischen Eingangsparameter der Bewertung sowie hinsichtlich der Definition von Quellterm und Transportterm zusammengeführt werden. Sämtliche Standardbewertungen wurden in das Bewertungstool BEMEB (Finkel et al., 2020) überführt. BEMEB ermöglicht jedoch auch individuelle Bewertungen bzw. Berechnungen mit von den EBV-Standardszenarien abweichenden Annahmen. Ausgehend von den EBV-Standardszenarien, können zum Beispiel die Mächtigkeit der Rückhaltezone, Bodenkennwerte für die Transportprognose oder die Lebensdauer der Quelle, etc. geändert und die Auswirkungen überprüft werden.

Im Rahmen dieser Begutachtung wird das BEMEB-Tool für eine individuelle Bewertung der Auswirkungen von Stahlwerksschlacken auf Boden und Grundwasser in verschiedenen Einbauweisen eingesetzt. Dabei werden auf Basis der zu erwartenden *WF* 2-Eluatkonzentrationen der EOS in Österreich die Durchbruchskurven und die Anreicherung im Boden bei deren Einsatz in verschiedenen technischen Einbauweisen berechnet und nach dem UBA-Fachkonzept aus dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz in Deutschland bewertet. Die für das Verständnis der vorliegenden Begutachtungen notwendigen Randbedingungen und Berechnungsmethoden zur Herleitung der ME für die Standardbauweisen sind in Anhang 13.2 erläutert. Weitere Details zeigen Finkel et al. (2020)

und Susset et al. (2018). Die individuelle Bewertung der EOS in verschiedenen technischen Einbauweisen im Rahmen dieser Begutachtung basiert auf diesen Standardbewertungen.

8.5 Parametrisierung der Modelle für die Standardbewertungen der Einbauweisen nach Ersatzbaustoffverordnung

Für eine vollständige Nachvollziehbarkeit aller Bewertungen der Einbauweisen in Deutschland müsste man sämtliche Modelle, Formeln, Ableitungen von mittlerem Niederschlag und Sickerwasserraten, Bodenkennwerte und Sorptionseigenschaften erläutern. Alle diese Daten sind aber in Susset et al. (2018, UBA Texte) und Finkel et al. (2020, UBA Texte) im Detail beschrieben. Im Folgenden werden nur die für die Bewertung von Stahlwerksschlacken erforderlichen Parameter erläutert.

8.5.1 Niederschlag (N) analog zu EBV-Standardbewertung

Den Modellierungen der verschiedenen Bauwerke bzw. Bauwerkskonstellationen (Beyer, 2007) nach dem UBA-Fachkonzept für die EBV liegen als Mittelwerte für die Bundesrepublik Deutschland abgeschätzte Infiltrationsraten zugrunde. Für die Abschätzung dieser Infiltrationsrate wurde das Wasserhaushaltsverfahren BAGLUVA (Glugla, 2003) angewendet. Als mittlerer Niederschlag wurde dabei einheitlich ein Wert von 859 mm a^{-1} angenommen (BMU, 2000). Die jährliche mittlere Infiltrationsrate ergibt sich als Differenz des Jahresniederschlags und der Jahressumme der Evapotranspiration ET. Diese wird mit dem BAGLUVA-Verfahren als Funktion der Energieverfügbarkeit in Form der maximalen Verdunstung und standortspezifischer Parameter wie der Art des Oberbodens, der Oberflächenausprägung (Pflanzenbewuchs, Pflasterbedeckung, etc.) bestimmt (detailliert in Kapitel 3.2.2.1 bzw. 2.2.2.1 in UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018 weitere Details in UBA Texte 53/2020, Finkel et al., 2020).

8.5.2 Evaporation, Abfluss, Nettoinfiltration, mittlere Sickerwasserraten

Für offene Deckschichten wurde in Beyer et al. (2007) und Grathwohl et al. (2006) eine vergleichsweise geringe Evapotranspirationsrate und eine entsprechend hohe Infiltrationsrate von 583 mm a^{-1} abgeschätzt. Oberflächenabflüsse und hydraulische Verdünnungseffekte können hier nicht in Rechnung gestellt werden. Deshalb entspricht die Nettoinfiltrationsrate der mittleren Sickerwasserrate. Sowohl die Mächtigkeit als auch die Nettoinfiltrations- bzw. Sickerwasserrate spielen für die nachfolgenden Betrachtungen von Stahlwerksschlacken keine Rolle, weil hier die Retardation einer über die Dauer der Einwirkzeit konstanten Quelle regelungsrelevanter Schwermetalle, entsprechend der EBV-Standard Szenarien, betrachtet wird. Die Salze Chlorid und Sulfat sind in Stahlwerksschlacken nicht relevant. Für das in SWS regelungsrelevante Fluorid wurde kein Abklingverhalten

festgestellt und deshalb ebenfalls ein konstanter Quellterm betrachtet (detailliert in Kapitel 2.4 bzw. 2.2.2.3 in UBA Texte 04/2011, Susset & Leuchs, 2011, weitere Details in UBA Texte 53/2020, Finkel et al., 2020).

8.5.3 Mittlere Sickerwasserrate durch den Untergrund am Beispiel von Bauweisen unter Pflasterdecke analog zu EBV-Standardbewertung „Bauweisen unter Pflasterdecken“

Die Ableitung der Nettoinfiltrationsrate für beispielsweise Pflasterdecken beruht auf den Studien von Susset & Leuchs (2011; S. 44ff.) zur Sickerfähigkeit von Pflaster- und Plattenbelägen in Abhängigkeit von Liegezeit und Verkehrsbelastung sowie den Ergebnissen einer weiteren Laborstudie zur Pflaster- und Plattenversickerung (KM GmbH 2011). Aus den Ergebnissen dieser Studien wurden mittlere Werte abgeleitet (für Erläuterungen hierzu: siehe Susset et al. 2018; Kapitel 3.2.2.2). Für Pflasterdecken (EBV-Einbauweisen 15) kommt ein Wert von 242 mm a^{-1} als Netto-Infiltrationsrate zum Ansatz. Oberflächenabflüsse/hydraulische Verdünnungseffekte können hier nicht in Rechnung gestellt werden. Deshalb entspricht die Nettoinfiltrationsrate der mittleren Sickerwasserrate im Untergrund. Die Ableitung der Sickerwasserraten für alle weiteren EBV-Bauweisen ist in Susset et al. (2018) und Finkel et al. (2020) im Detail erläutert. Hier werden diese in **Tabelle 7** in Kapitel 8.5.7 zusammengefasst.

8.5.4 Transportprognose für retardierbare und/oder abbaubare Substanzen für 2 Unterbodenkonstellationen analog EBV-Standardbewertungen „günstig Sand bzw. günstig Lehm/Schluff/Ton“ – Anreicherungs- und Durchbruchkriterien für relevante Stoffe von Stahlwerksschlacken

Wie in Kapitel 8.3 erläutert, wird zur Berechnung einer maximal zulässigen Quelltermkonzentration eine antizipierende Sickerwasserprognose durchgeführt und das Anreicherungs- sowie das Durchbruchkriterium berechnet. Die Parametrisierung der Untergrundkonstellationen erfolgt analog zu den EBV-Standardszenarien. Die Teilschritte der EBV-Standardbewertung erfolgen mit BEMEB wie in Anhang 13.2 beschrieben. Im Folgenden werden die Berechnungsmethoden und Eingangsparameter für das Grundscenario entsprechend der EBV-Standardbewertungen verkürzt dargestellt (detailliert in Kapitel 3.4 sowie 2.3 und 2.4 in UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018, weiter Details in UBA Texte 53/2020, Finkel et al., 2020).

8.5.4.1 Berechnungsverfahren für das Anreicherungskriterium

Die Stoffanreicherung in der ungesättigten Bodenzone unterhalb des mineralischen Ersatzbaustoffes bzw. hier der Stahlwerksschlacken innerhalb des Bewertungszeitraums wird für die in Betracht zu ziehenden organischen Stoffkomponenten (für SWS nicht relevant) und Metalle als mittlere Konzentration in der betrachteten (im Standardfall der EBV ein Meter

mächtigen) Bodenzone als Stoffmasse pro Masse Boden berechnet - üblicherweise in der Einheit mg pro kg. Die Berechnung der Stoffanreicherung erfolgt dabei anhand der Gesamtemission aus dem MEB innerhalb des Bewertungszeitraums.

Analog zur EBV darf die Anreicherung innerhalb des Bewertungszeitraums (im Standardfall der EBV = 200 Jahre) für keine der zu betrachtenden organischen Stoffkomponenten oder Metalle mehr als 50 % der maximalen Filterkapazität (*FK*) betragen (= Anreicherungskriterium).

Berechnet wird ein Grenzwert, d.h. die maximal zulässige Quelltermkonzentration bei *WF 2*, $C_{Q,max@WF2}$, für welche das Anreicherungskriterium erfüllt wird. Dieser Wert ist jedoch nur maßgebend, wenn er größer ist als der Geringfügigkeitsschwellenwert (*GFS*) bzw. der Bezugsmaßstab (*BM*). Anderenfalls kommt der *BM* als Grenzwert zur Anwendung. Die Berechnungsmethodik ist für drei mögliche Quellterm-Szenarien, unendliche konstante Quelle (Standardfall der EBV), endliche konstante Quelle und abklingende Quelle in BEMEB vorbereitet (vgl. Box 2 in Kapitel 2.3.1 in Finkel et al., 2020). Für die hiesige Fragestellung ist nur der Fall der unendlich konstanten Quelle relevant (weil Fluorid und die hier relevanten Schwermetalle in SWS kein Abklingverhalten zeigen).

8.5.4.1.1 Berechnungsparameter für die Anreicherung

In der EBV werden zwei Bodenkategorien unterschieden (siehe **Tabelle 6**). Für die Bewertung der Stoffanreicherung ist nur die Mächtigkeit und die Lagerungsdichte des jeweiligen Bodens relevant. Hier unterscheiden sich die Bodentypen nur geringfügig (Sand: 1,42 kg L⁻¹, Lehm/Schluff/Ton: 1,45 kg L⁻¹). Die Mächtigkeit, die in der Transportprognose in Anrechnung gebracht werden darf, beträgt 1 Meter.

Die maximale Filterkapazität (*FK*) wird aus dem jeweiligen Bodenvorsorgewert abzüglich des Hintergrundwerts bestimmt (Susset und Leuchs 2011; S. 65 ff). Im Laufe des Verordnungsprozesses wurden durch das UBA neue Hintergrundwerte abgeleitet oder bestehende weiterentwickelt und durch Susset et al. 2018 berücksichtigt (vgl. Tabelle 22, S. 216 in Susset et al. 2018, UBA-Texte 26/2018).

Die mittlere Sickerwasserrate (*SWR*) an der Bauwerk-Unterkante beträgt beispielsweise für den im Hinblick auf den Medienschutz Boden/Grundwasser empfindlichsten Fall "Bauweisen unter offenen, ungebundenen Deckschichten" 583 mm a⁻¹ (siehe oben).

8.5.4.1.2 Berechnungsverfahren Durchbruchskriterium

Der Transport der im Sickerwasser gelösten Stoffe in der ungesättigten Bodenzone unterhalb des Bauwerks wird für die relevanten organischen Stoffkomponenten und Metalle durch analytische Lösungen der Advektions-Dispersions-Gleichung für den Stofftransport berechnet.

Gesucht ist eine maximale (hier: konstante) Quelltermkonzentration, für die gewährleistet ist, dass der kritische Wert, d.h. Konzentrationen in Höhe der GFS oder des BM erst nach einem Bewertungszeitraum von 200 Jahren am Ort der Beurteilung, d.h. 1 Meter unterhalb der Unterkante des Bauwerks, ankommen. Wie bei der Berechnung der Stoffanreicherung, werden hier drei mögliche Quellterm-Szenarien unterschieden: (i) unendliche konstante Quelle (Standardfall der EBV), (ii) endliche konstante Quelle und (iii) abklingende Quelle. Jedes dieser drei Szenarien stellt eine andere „obere“ Modellrandbedingung dar. Fall (i) kann als Sonderfall von Fall (ii) angesehen werden, weshalb für diese beiden Fälle dieselbe analytische Lösung nach van Genuchten und Alves (1982) verwendet wird (vgl. Box 4 in Kapitel 2.3.2 in Finkel et al., 2020). Für die hiesige Fragestellung ist nur der Fall (i) unendliche konstante Quelle relevant.

Für den Standardfall der EBV wurde ausschließlich der Fall (i) für Schwermetalle und Organika berücksichtigt (konservativer Ansatz). In BEMEB wurden auch für das Durchbruchkriterium die weiteren Fälle für Einzelfallbetrachtungen vorbereitet. Zu beachten ist, dass die verfügbaren analytischen Modelle den Stoffrückhalt durch Sorption an die Bodenmatrix durch einen Retardationsfaktor berücksichtigen, entsprechend einer linearen Sorptionsisotherme. Da für die in der EBV berücksichtigten Metalle nichtlineare, also konzentrationsabhängige Sorptionsisothermen gelten, ist eine Linearisierung erforderlich. Diese komplizierte Herleitung von konzentrationsabhängigen Sorptionsparametern war Gegenstand des UBA-Fachkonzepts für die EBV und wird hier aus Platzgründen nicht im Detail erläutert. Eine detaillierte Erläuterung zeigen Kapitel 2.4.4 in Finkel et al. (2020) und 3.4.4 in Susset et al. (2018).

8.5.4.1.3 Berechnungsparameter für den Durchbruch:

8.5.4.1.3.1 Kritischer Wert am OdB

Der kritische Wert am OdB für die Bewertung ist in der Regel gleich der GFS der jeweiligen Stoffkomponente oder –gruppe. Für Stoffe, deren Konzentration bereits in den Sickerwässern unbelasteter Böden die GFS überschreiten, werden höhere Werte als so genannte Bezugsmaßstäbe (BM) verwendet (siehe Kapitel 3.4.2 in Susset et al., 2018). Die Werte aller in der EBV geregelten Stoffkomponenten und -gruppen und deren GFS bzw. BM sind in **Tabelle 5** aus Susset et al. (2018) zusammengestellt.

Tabelle 5: Für die medien-schutz-basierte Beurteilung von MEB in der EBV (Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021) relevante GFS bzw. Bezugsmaßstäbe (BM). Im Rahmen dieses Gutachtens und für den Bundesratsbeschluss wurden im Gegensatz zum Stand der Kabinettsfassung der EBV bereits die GFS 2016 (LAWA, 2017) berücksichtigt. Rot markierte Werte: Änderungen durch Übernahme der GFS 2016 für die medien-schutz-basierte Beurteilung (unverändert aus Susset et al., 2018).

Stoff/Parameter	GFS (2004) [µg L ⁻¹]	GFS (2016) [µg L ⁻¹]	95. Perz. [µg L ⁻¹]	Zielwert Modell GFS bzw. BM ¹ [µg L ⁻¹]
Chlorid	250.000	250.000	-	250.000
Sulfat	240.000 (bereits ab 2010 250.000 berücksichtigt)	250.000	-	250.000
Fluorid	750	900	-	900
Antimon	5	5	1,0	5
Arsen	10	3,2	7,3	8
Blei	7	1,2	22,3	23
Cadmium	0,3	0,3	2,0	2,0
Chrom ges.	7	3,4	9,9	10
Kupfer	14	5,4	18,8	20
Molybdän	35	35	2,3	35
Nickel	14	7	19	20
Vanadium	4	4	19	20
Zink	58	60	94	100
Σ15 EPA PAK	0,2	0,2	-	0,2
Kohlenwasserstoffe	100	100	-	100
Phenol	8	8	-	8
ΣPCB	0,01	0,01	-	0,01
Chlorphenole, ges.	1	1	-	1
Chlorbenzole, ges.	1	1	-	1
Hexachlorbenzol	0,01	0,01	-	0,01
Atrazin	0,1	0,1	-	0,1
Bromacil	0,1	0,1	-	0,1
Diuron	0,05 (bereits ab 2010 ¹ berücksichtigt)	0,1	-	0,1
Glyphosat	0,1	0,1	-	0,1
AMPA	0,1	0,1	-	0,1
Dimefuron	0,1	0,1	-	0,1
Flumioxazin	0,1	0,1	-	0,1
Flazasulfuron	0,1	0,1	-	0,1

1: Durch BMUB/UBA mit dem Auftrag zur Umsetzung mitgeteilt.

8.5.4.1.3.2 Bodenkennwerte

In der EBV werden zwei Bodenkategorien unterschieden: „Sand“ und „Lehm/Schluff/Ton“. Die Parametrisierung dieser beiden Bodenkategorien basiert auf einem langwierigen Abstimmungsprozess mit den Länderarbeitsgemeinschaften und ist in Susset & Leuchs (2011) detailliert beschrieben. Weiterentwicklungen und einen Überblick zu den Perzentilverteilungen der Bodenkennwerte zeigen Susset et al. (2018, S. 222, Tabelle 25). Nachfolgende **Tabelle 6** aus Susset et al. (2018) zeigt eine Zusammenstellung der Kennwerte.

Tabelle 6: Kennwerte der beiden Bodenkategorien „Sand“ und „Lehm/Schluff/Ton“, die in der EBV unterschieden werden (unverändert aus Susset et al., 2018).

Bezeichnung	Einheit	Kennwert für Sand	Kennwert für Lehm/Schluff/Ton
pH (CaCl ₂)	-	4,8	6,6
Tongehalt	%	2,46	12
Oxalatlöslicher Mangengehalt Mn_{ox}	mg kg ⁻¹	231	231
Organischer Kohlenstoffgehalt C_{org}	%	0,1	0,1
F_{ed}	g kg ⁻¹	10,2	10,2
Effektive Porosität n_e	-	0,17	0,26
Lagerungsdichte ρ_b	kg L ⁻¹	1,42	1,45
Karbonatgehalt CaCO ₃	%	0	5,2
Oxalatlöslicher Eisengehalt Fe_{ox}	mg kg ⁻¹	73	2500
Oxalatlöslicher Aluminiumgehalt Al_{ox}	mg kg ⁻¹	421	38

8.5.4.1.3.3 Sorptionsparameter

Schwermetalle

Susset et al. (2018) beschreiben im Detail den Abstimmungsprozess zur Festlegung der Sorptionsparameter im Rahmen des Verordnungsverfahrens. Die Sorption der Schwermetalle wird in der EBV durch eine sogenannte substratübergreifende Isotherme berücksichtigt (Utermann et al., 2005). Diese Isothermen sind das Ergebnis linearer Regressionsanalysen von experimentell gewonnenen Daten aus Sorptionsversuchen und beschreiben die stoffspezifische Abhängigkeit der Sorption von verschiedenen unabhängigen Bodenparametern wie Karbonatgehalt, Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}), Tongehalt, pH (CaCl₂), etc. und beinhalten auch einen intrinsischen Teil mit einem Sorptionskoeffizienten (K_f^*) und einem Konzentrationsexponenten (n). Dieser sogenannte S-Ansatz geht auf die Arbeiten von Utermann et al. (2005) zurück und wurde zuletzt von Stange und Rückkamp (2016) verwendet, um die Ergebnisse von experimentellen Untersuchungen zur Sorption von Vanadium und

Arsen für deren Berücksichtigung in der EBV in der Kabinettsfassung der MantelV vom 3. Mai 2017 auszuwerten. Für Einzelheiten zu Auswahl und Eignung der substratübergreifenden Sorptionsisothermen für Unterbodenproben wird an dieser Stelle auf Utermann et al. (2005) und Susset & Leuchs (2011) verwiesen. Eine eingehende Diskussion findet sich auch in Gäbler et al. (2009).

Für die in der EBV geregelten Schwermetallverbindungen liegen die Koeffizienten der multiparametrischen Sorptionsisotherme nach Utermann et al. (2005) vor. Dabei sind jedoch nicht alle Koeffizienten für alle Schwermetalle relevant. Beispielsweise sind $pCaCO_3$, $pTon$, ppH , $pFeOx$, $pAlOx$ für alle Komponenten außer Arsen und Vanadium gleich Null. Für Chrom sind nur die beiden intrinsischen Parameter (Kf^* und n) relevant. Eine vollständige Auflistung der Regressionskoeffizienten findet sich in Tabelle 6-4 in Finkel et al. (2020) und in Tabelle 27 in Susset et al. (2018). Die Parameter wurden in BEMEB implementiert. Die teillinearisierten K_d -Werte werden für jedes Szenario durch BEMEB iterativ berechnet.

Organika

Organika müssen für die hiesige Fragestellung der Umweltwirkung von Stahlwerksschlacken nicht beurteilt werden, weil SWS nach verfügbarer Datengrundlage in Deutschland keine relevante Freisetzung organischer Stoffe aufweisen. Ableitungen der Sorptionskenngrößen für Organika finden sich in den UBA Texten.

Abbauparameter

Abbauparameter müssen für die hiesige Fragestellung der Umweltwirkung von Stahlwerksschlacken nicht beurteilt werden, weil SWS nach verfügbarer Datengrundlage in Deutschland keine abbaubaren Organika beinhalten und freisetzen. Ableitungen der Abbauparameter für Organika finden sich in den UBA Texten.

8.5.5 Quelltermprognose für die Auswaschung von Fluorid aus Stahlwerksschlacken

Salze zeigen keine nachhaltige Retardation und es kann kein Transportterm berücksichtigt werden. Im Rahmen einer Quelltermprognose wurde das Auswaschungs-/Abklingverhalten betrachtet. Die Bestimmung der maximal zulässigen Quelltermkonzentrationen von Salzen erfolgt nach dem Verfahren von Susset & Leuchs (2011). Susset et al. (2017) haben das Verfahren für das UBA in einer „Handlungsanweisung Abklingverhalten zur Bewertung des Stofffreisetzungs-/Abklingverhaltens von MEB und zur Umsetzung in Regelungskonzepte“ zusammengefasst. Die Handlungsanweisung besteht aus 4 wesentlichen Arbeitsschritten, die in Susset et al. (2017) erläutert werden:

1. Identifizierung bewertungsrelevanter Stoffe, der Materialqualitäten und Bewertung des Stofffreisetzungsverhaltens / der Signifikanz des Abklingverhaltens von MEB

2. Anpassung einer Abklingfunktion an das mittlere Stofffreisetzungsverhalten zur generischen Beschreibung des Abklingverhaltens von MEB
3. Typkurven des Abklingverhaltens, *WF*-Zeit-Konversion für MEB in definierten Einbauszenarien
4. Medienschutzbasierte Beurteilung von definierten Einbauweisen unter Berücksichtigung des Abklingverhaltens und der Materialqualitäten von MEB sowie Umsetzung in die Ableitungssystematik der EBV.

Nach Schritt 1 wurde im Rahmen des UBA-Fachkonzeptes für die hier in Rede stehenden Stahlwerksschlacken lediglich Fluorid als bewertungsrelevanter Stoff identifiziert und medienschutzbasierte Einbauwerte sowie Materialwerte für Fluorid abgeleitet. Für Fluorid wurde in den Schritten 2 bis 4 kein systematisches Abklingverhalten festgestellt. Deshalb ergeben sich die medienschutzbasierten Einbauwerte für Fluorid nach dem Fließdiagramm in **Abbildung 14** in Anhang 13.2 für Stoffe ohne anrechenbares Abklingverhalten, vgl. Kapitel 3.2.6 sowie 2.2.4 in UBA Texte 26/2018 (Susset et al., 2018) bzw. UBA Texte 53/2020 (Finkel et al., 2020).

8.5.6 Verdünnungs- und Mittelungseffekte bei teildurchströmten Einbauweisen in technischen Bauwerken und mittlere Sickerwasserrate an der Bauwerkunterkante

Maßgebend für die medienschutzbasierte Bewertung des Einbaus von MEB ist nicht die Infiltrationsrate in das Bauwerk, sondern die mittlere Sickerwasserrate an der Bauwerksunterkante, mit der die Stoffe durch die ungesättigte Zone transportiert werden, sowie die sogenannte Teilsickerwasserrate an der UK der Bauwerkschicht, in welcher der MEB eingesetzt wird (nachfolgend kurz: MEB-Schicht). Ist die Teilsickerwasserrate der MEB-Schicht geringer als die Infiltrationsrate, das ist in allen sogenannten teildurchströmten Bauweisen der Fall, dann ergeben sich Verdünnungs- und Mittelungseffekte, die aus dem Verhältnis der verschiedenen Sickerwasserraten berechnet werden können.

Der Aufbau des technischen Bauwerks und Kapillarsperreneffekte oberhalb grobkörniger Materialien, z.B. im Bankett- und Böschungsbereich bei Straßendämmen (siehe **Abbildung 5**), bestimmen die räumliche Verteilung der Sickerwasserrate (Beyer et al. 2007). Neigung und Durchlässigkeitskontrast der Schichten sind hier maßgeblich. Letzterer hängt wiederum stark vom Sättigungsgrad der Poren ab (Susset et al., 2018).

Mit einem numerischen Strömungsmodell wurden für jede in der EBV behandelten Einbauweise die Teilsickerwasserraten der einzelnen Schichten berechnet (als gemittelte Sickerwasserraten entlang der Schichtunterkante) (siehe Susset et al. 2018). Das Modell berechnet dabei die Versickerung des Niederschlags unter Berücksichtigung der material-, orts- und zeitabhängigen Durchlässigkeiten, die sich entsprechend dem van Genuchten-

Modell in Abhängigkeit der verwendeten Wassergehalts-Saugspannungs- sowie Wassergehalts-Leitfähigkeits-Beziehungen ergeben.

Die bauwerksspezifischen Eingangsgrößen der Modellierung, wie Geometrie, Trockenraumdichte und Wasserdurchlässigkeiten der Materialien, basieren auf Auswertungen der vorliegenden technischen Regelwerke. Die Eingangsparameter wurden durch die „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (UVAGE) im Laufe des Verordnungsprozesses abgestimmt.

Das Modell rechnet so lange, bis ein "stationärer" Zustand erreicht wird. Dies entspricht einer „Mittelwertberechnung“. Dabei ergibt sich eine räumlich variable Durchströmung des Bauwerks in Abhängigkeit der hydraulischen Durchlässigkeiten (für die Wassergehalte im stationären Zustand), der Porosität und der Dichte der verschiedenen Materialschichten.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis einer solchen Modellsimulation der Strömungsverhältnisse im Bauwerk. Die für die Ableitungssystematik relevanten Teilsickerwasserraten werden aus den Detailergebnissen berechnet. **Abbildung 6** veranschaulicht diese Raten für das Szenario „niedriger Straßendamm“. Der Verdünnungseffekt wird aus dem Verhältnis der jeweiligen Teilsickerwasserrate zur Gesamtinfiltrationsrate berechnet:

$$VF_{\text{Schicht X}} = \frac{\text{Teilsickerwasserrate der Schicht X}}{\text{Gesamtinfiltrationsrate in das Bauwerk}} = \frac{Q_{\text{Schicht X}}}{Q_{\text{infiltration, tot}}} \quad (1)$$

Bezieht man die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser an der UK der MEB-Schicht auf das gesamte Bauwerk bzw. auf die gesamte infiltrierende Wassermenge, ergibt sich eine kleinräumige Mittelung (Mittelung über die gesamte Bauwerksbreite, $w_{FB} + w_{BB}$). In der Ableitungssystematik der EBV wird diese Mittelung gemeinsam mit dem Verdünnungseffekt durch einen für jede Einbauweise spezifischen Quelltermfaktor F_{QT} berücksichtigt. F_{QT} wird aus dem Verdünnungsfaktor berechnet durch:

$$F_{QT} = \frac{1}{VF} \quad (2)$$

bzw. wenn ein Teil des Bauwerks, w_{FB} , durch eine undurchlässige Deckschicht (Asphalt) abgedeckt wird:

$$F_{QT} = \frac{1}{VF} \frac{w_{FB} + w_{BB}}{w_{BB}} \quad (3)$$

Des Weiteren resultiert aus der Teilumströmung von Bauwerksbereichen, dass die mittlere Sickerwasserrate, SWR , entlang der Bauwerkunterkante (UK des Unterbaus) geringer ist als die Infiltrationsrate:

$$SWR = \frac{Q_{UB}}{w_{UB,eff}} \quad (4)$$

wobei $w_{UB,eff}$ [m] die Breite der Bauwerksunterkante und Q_{UB} [$L a^{-1}$ pro m Bauwerkklänge] die mittlere Infiltrationsrate an der Bauwerksunterkante ist.

Mit dieser mittleren Sickerwasserrate an der Bauwerk-Unterseite wird die Bewertung der Stoffanreicherung und des Stofftransports in der unterlagernden ungesättigten Zone vorgenommen.

Die Werte für IBB_{gesamt} , SWR und F_{QT} für alle in der EBV geregelten Einbauweisen wurden – wie oben erläutert – in früheren Forschungsprojekten berechnet und sind Eingabeparameter für das BEMEB-Tool. Eine Zusammenstellung der Werte findet sich im nachfolgenden Kapitel.

In allen offenen Bauweisen des Erd- und Straßenbaus (Bettungssande, Tragschichten, Bodenverbesserungs- oder Verfüllungsmaßnahmen: Bauweisen 11 bis 15 und 16a und 17a) unterscheiden sich Infiltrationsrate, Teilsickerwasserrate der MEB-Schicht und die mittlere Sickerwasserrate an der Bauwerk-UK nicht, es gibt keine Verdünnungs- oder Mittelungseffekte.

Abbildung 5: Strömungsvektoren und Potentiallinien der Sickerwasserströmung in einem Straßendamm. Die Strömungsvektoren sind mit Pfeilen dargestellt. Im vergrößerten Bereich wird der Kapillarsperreneffekt veranschaulicht. Die höhere Durchlässigkeit des nahezu wassergesättigten feinen Materials führt hier zu einem bevorzugten Fließen oberhalb des Übergangs zum grobkörnigen Material. Dadurch werden mineralische Ersatzbaustoffe in der Schottertragschicht (STS) und in der Frostschuttschicht (FSS) nur teilweise durchströmt (verändert nach Susset et al. 2013; S. 37).

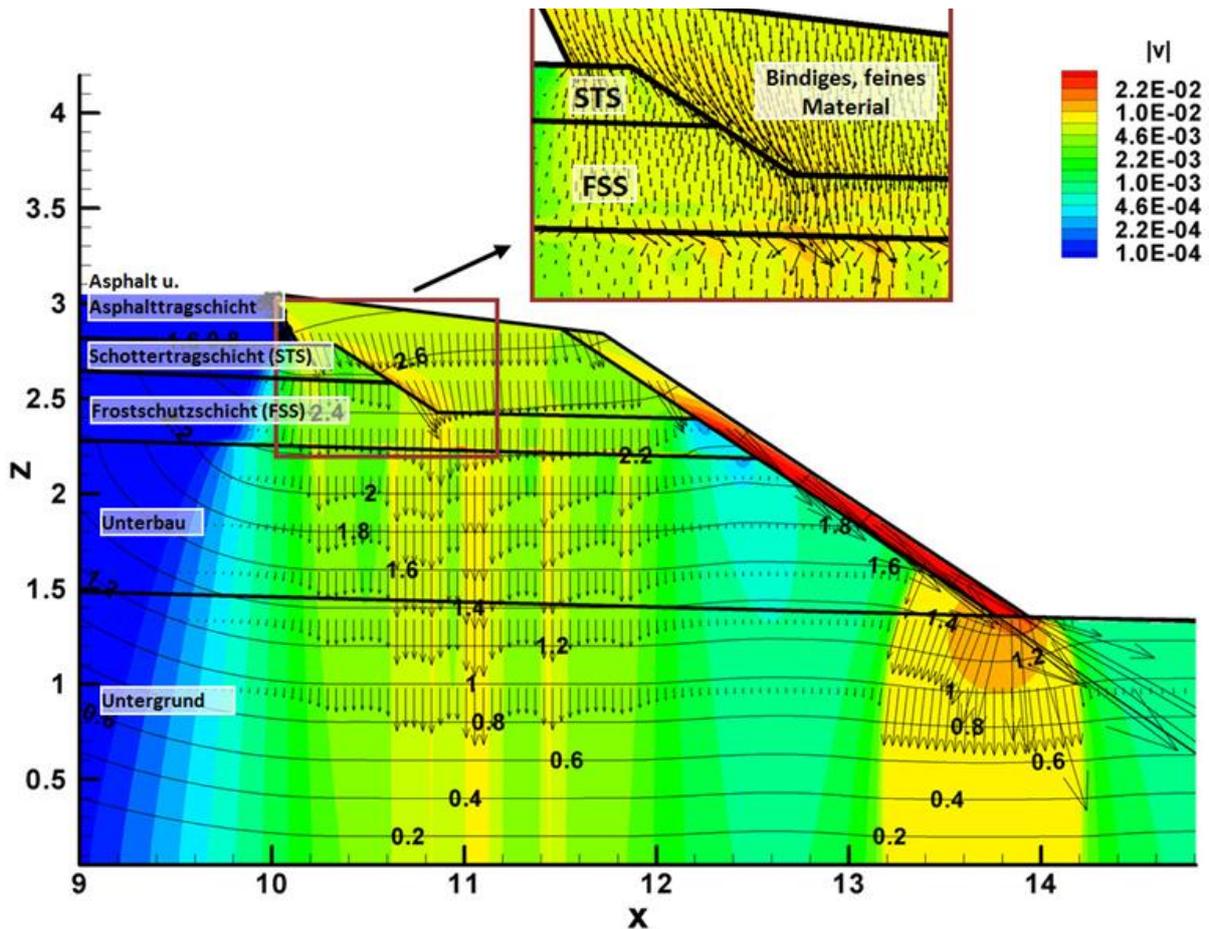
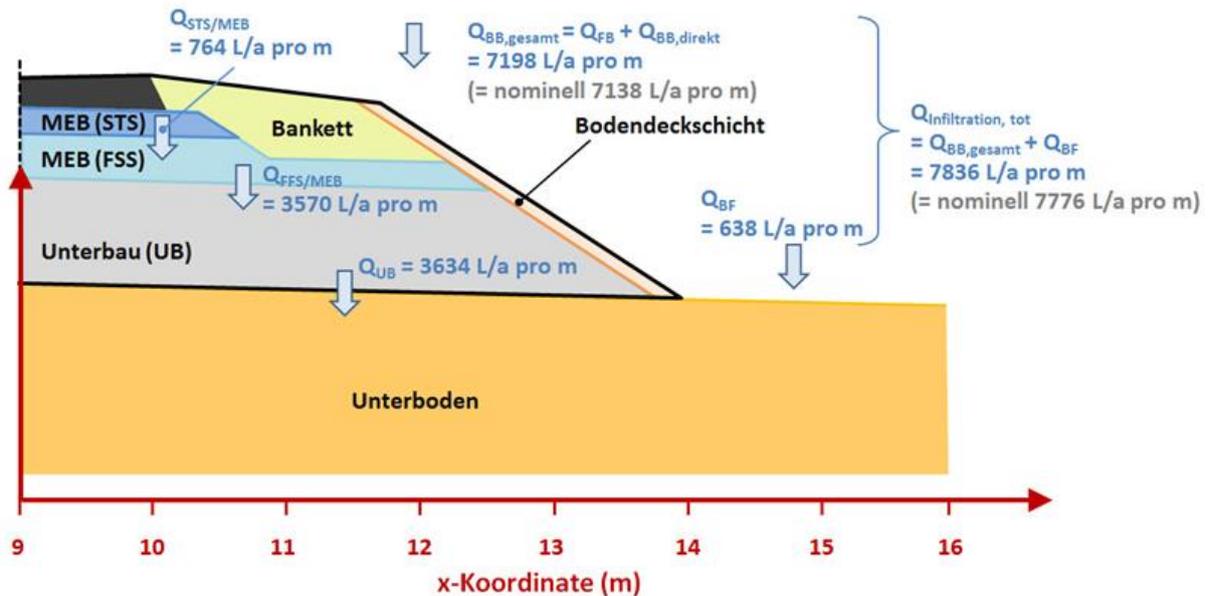


Abbildung 6: Schematische Darstellung der für die Berücksichtigung von Verdünnungseffekten relevanten Teilsickerwasserraten am Beispiel des Szenarios „niedriger Straßendamm“. Dargestellt sind die Ergebnisse der hydraulischen Simulation. Hinweis: Die Infiltrationsraten im Modell sind geringfügig höher als die nominellen Werte; da mit den Sickerwasserratenverhältnissen relative Ergebniswerte berechnet werden, ist dies jedoch von untergeordneter Bedeutung durchströmt (verändert nach Finkel et al. 2020).



8.5.7 Zusammenfassung der bauwerksspezifischen Eingangsgrößen für die nachfolgende medienschutzbasierte Beurteilung von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauweisen des Straßen-, Wege- und Erdbaus

Nachfolgende **Tabelle 7** zeigt die bauwerksspezifischen Eingangsgrößen für die weitere Ableitung von ME für alle in der EBV geregelten Bauweisen des Straßen-, Wege- und Erdbaus.

Einteilung in geschlossene, teildurchströmte und offene wasserdurchlässige Einbauweisen

Geschlossene Bauweisen: Die Einbauweisen mit den laufenden Nummern 1-6 und 9 in den Einbautabellen der EBV sind geschlossene Einbauweisen in und unter gebundenen Deckschichten, Fugenabdichtungen oder unter abdichtenden technischen Sicherungsmaßnahmen. Hier geht man von vernachlässigbaren Sickerwasserzutritten aus. Für diese Bauweisen erfolgt keine medienschutzbasierte Beurteilung nach der UBA-Ableitungssystematik.

Teildurchströmte Einbauweisen: Technische Bauwerke mit F_{QT} der Einbauweisen > 1 weisen aufgrund der hydraulischen Eigenschaften Verdünnungseffekte auf, die zu einer Teildurchströmung des technischen Bauwerks und von Einbauweisen im technischen Bauwerk führen. Zu diesen teildurchströmten technischen Bauwerken zählen Straßendämme mit gebundenen Deckschichten (z.B. Asphalt oder Betondecke) oder technischen Sicherungsmaß-

nahmen, die eine Teildurchströmung der Böschungsbereiche aufweisen, also die Einbauweisen 7 und 8, die Bauweise 10 gemäß MTSE E mit sehr geringer Teildurchströmung der Dränmatte im Böschungsbereich. Auch die Bauweisen 16 und 17 können als teildurchströmt bezeichnet werden, wenn für diese eine Kapillarsperre ausgebildet ist (Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen, sowie Dämme und Schutzwälle unter durchwurzelbarer Bodenschicht).

Offene wasserdurchlässige Einbauweisen: Alle Einbauweisen mit $F_{QT} = 1$ weisen keine Verdünnungseffekte und Teildurchströmungen auf und werden als offen wasserdurchlässig bezeichnet. Hierbei handelt es sich um die Einbauweisen 11 bis 15 unter ungebundener Deckschicht, Pflaster oder Plattenbelägen. Die Sickerwasserraten dieser Einbauweisen unterscheiden sich dennoch. Auch die Einbauweisen 16 und 17 ohne Ausbildung einer Kapillarsperre werden hier als offen wasserdurchlässig bezeichnet.

Gesamtinfiltration und Sickerwasserraten

Für die Bewertung des Abklingverhaltens von Salzen aus teildurchströmten technischen Bauwerken (niedriger und hoher Straßendamm) sind wie in Susset & Leuchs (2011, Kapitel 3.2.2.4) und in Susset et al. (UBA-Zwischenbericht 2011, S. 36, Kapitel 4.1.3.4) erläutert, die in der Tabelle 16 genannten Gesamtinfiltrationsraten der technischen Bauwerke maßgebend. Die Gesamtinfiltration wurde gemäß Kapitel 3.2.2.2 aus der mit der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (UVAGE) abgestimmten mittleren Niederschlagsrate, der Straßenbreite und den Abflussbeiwerten berechnet.

Wesentliche Eingangsgröße für die Berechnung der Retardation- und/oder des Abbaus retardierbarer und/oder abbaubarer Stoffe und der Anreicherung im Boden unterhalb eines technischen Bauwerks sind die gemittelten Sickerwasserraten entlang der Unterkante eines technischen Bauwerkes. Für die teildurchströmten technischen Bauwerke 7, 8 („niedriger Damm“) und 16, 17 („hoher Damm“) ergeben sich diese aus der Durchströmungsmodellierung (modellierte Abflussmenge entlang der Unterkante des Unterbaus, gemittelt über die Breite des Unterbaus, von 280 mm/a für den „niedrigen Damm“ bzw. 170 mm/a für den „hohen Damm“).

Bei offenen wasserdurchlässigen Bauweisen ist die relevante Sickerwasserrate an der Unterkante der Einbauschichten identisch mit der Gesamtinfiltration bzw. Grundwasserneubildungsrate mit 583 mm/a unter ungebundenen Deckschichten, 377 mm/a unter Plattenbelägen, 242 mm/a unter Pflaster und 313 mm/a unter durchwurzelbaren Bodenschichten (vgl. Kapitel 3.2.2.2 und UBA-ZWB, 2011 sowie im Anhang 7.2.8.4). Diese ist auch für die Bewertung des Abklingverhaltens von Salzen (und Schwermetallen bei Ziegelmaterial und Kupferhüttenmaterial) maßgeblich.

Modellcode

Durch die Bund-Länder Arbeitsgruppe „ErsatzbaustoffV“ wurden auch die Bauweisen 8 a-c, 13 a-c, 14 a-c, 15 a-c zusammengefasst, obwohl diese unterschiedliche Mächtigkeiten aufweisen. Die Mächtigkeiten sind nur für die Bewertung des Abklingverhaltens von Salzen, nicht für den reaktiven Stofftransport von Schwermetallen oder Organika in der Bodenzone unterhalb der Bauwerksunterkante relevant. Die Bauweisen konnten deshalb für alle MEB ohne relevante Freisetzungen von Salzen ohne weiteres zusammengefasst werden. Für MEB mit Salzausträgen und entsprechenden Materialwerten spielen die Unterschiede für die + / - Bewertung entweder keine Rolle oder wurden per Fußnoten vermerkt. Im Anwendertool BEMEB müssen diese Einbauweisen jedoch unterschieden werden. Dies erfolgt anhand des eingeführten Modellcodes. Auch die Bauweisen 16a-b und 17 a-b wurden in der EBV zusammengefasst, obwohl sich die Verdünnungsfaktoren unterscheiden. Die Bewertungen werden in der EBV über die Buchstabenkennzeichnung “K” und “M” für Kapillarsperre unterschieden. Im Modell werden die Einbauweisen einzeln bewertet.

Tabelle 7: Bauwerksspezifische Infiltrations- und Sickerwasserraten und Verdünnungsfaktoren für die medienenschutzbasierte Beurteilung der analogen Bauweisen Nr. 15: „Bauweisen unter Pflasterdecken“ als Grundlage für die EBV (Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021).

Einbauweisen			Modellierungsparameter			
Anhang 2.2 EBV (Artikel 1 BR-Beschlussesdrucksache 587-20(B) MantelV, 2020)			Beurteilungszeitraum	Schichtdicken	Infiltrations-/Sickerwasserraten	Verdünnungsfaktoren F_{qr}
			[]	[cm]	[mm/a]	[]
Code	Nr. EBV	Technische Bauwerke (Straßen-Wege-, Erdbau)				
-	1-6	geschlossene Bauweisen	keine medienenschutzbasierte Beurteilung nach UBA-Ableitungssystematik ¹			
7	7 ¹	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	4, 200	15	1803 ²	36,0
8a	8 ¹	Frostschuttschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	4, 200	35	1803 ²	7,7
8b		Bodenverbesserung unter gebundener Deckschicht	4, 200	50	1803 ²	7,7
8c		Unterbau bis 1 m ab Planum unter gebundener Deckschicht	4, 200	100	1803 ²	7,6
9	9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	keine medienenschutzbasierte Beurteilung nach UBA-Fachkonzept			

Code	Einbauweisen		Modellierungsparameter			
	Nr. EBV	Technische Bauwerke (Straßen-Wege-, Erdbau)	Beurteilungszeitraum []	Schichtdicken [cm]	Infiltrations-/Sickerwasser-raten [mm/a]	Verdünnungsfaktoren F_{qr} []
10	10	10: Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE sowie 16: Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise E des MTSE	4, 200	400	1065 ³	20,0
11	11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	4, 200	3	377 ⁴	1
12	12	Deckschicht ohne Bindemittel	4, 200	12	583	1
13a	13	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung unter Deckschicht ohne Bindemittel	4, 200	50	583	1
13b		Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel	4, 200	100	583	1
		Verfüllung von Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	4, 200	100	583	1
13c		Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel	4, 200	300	583	1
14a	14	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung unter Plattenbelägen	4, 200	50	377 ⁴	1
14b		Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Plattenbelägen	4, 200	100	377 ⁴	1
		Verfüllung von Leitungsgräben unter Plattenbelägen	4, 200	100	377 ⁴	1
14c		Verfüllung von Baugruben unter Plattenbelägen	4, 200	300	377 ⁴	1
15a	15	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung unter Pflaster	4, 200	50	242 ⁴	1
15b		Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	4, 200	100	242 ⁴	1
		Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	4, 200	100	242 ⁴	1
15c		Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	4, 200	300	242 ⁴	1

Code	Einbauweisen		Modellierungsparameter			
	Nr. EBV	Technische Bauwerke (Straßen-Wege-, Erdbau)	Beurteilungszeitraum []	Schichtdicken [cm]	Infiltrations-/Sickerwasserraten [mm/a]	Verdünnungsfaktoren F_{QT} []
16a	16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht	4, 200	400	1065 ⁵	1
16b		Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht (Kapillarsperre) sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE gemäß 10	4, 200	400	1065 ⁵	4,2
17a	17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht	4, 200	400	313 ⁴	1
17b		Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht (Kapillarsperre)	4, 200	400	313 ⁴	1,7

1 Diese Einbauweisen werden nach RuA-StB (E 2004) als wasserundurchlässig bezeichnet. Im Gegensatz hierzu wird nach UBA-Ableitungssystematik die Teildurchströmung von MEB im Straßenseitenbereich (Bankett- und Böschung) bewertet.

2 Die Durchströmungsmodellierung ergibt unter Berücksichtigung der Randbedingungen der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (UVAGE) eine entlang der Bauwerksunterkante gemittelte Sickerwasserrate in der unterliegenden Transportzone von 280 mm/a. Diese wird für die Transport- und Anreicherungsrechnungen herangezogen.

3 Die Durchströmungsmodellierung ergibt unter Berücksichtigung der Randbedingungen der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (UVAGE) eine entlang der Bauwerksunterkante gemittelte Sickerwasserrate in der unterliegenden Transportzone von 67 mm/a. Diese wird für die Transport- und Anreicherungsrechnungen herangezogen.

4 Aufgrund der in Kapitel 2.4 im UBA-Fachbericht (Susset & Leuchs, 2011) geführten Diskussionen um die Sickerfähigkeit von Pflaster- und Plattenbelägen in Abhängigkeit von Liegezeit und Verkehrsbelastung wurde bei Pflasterbelägen eine geringere Sickerwasserrate (313 mm/a) als bei Plattenbelägen und Deckschichten ohne Bindemittel (583 mm/a) angenommen. Diese Vorgehensweise wurde im Rahmen der UVAGE bestätigt und für die EBV empfohlen. Für die Kabinettsfassung der MantelV vom 03. Mai 2017 wurde eine verringerte Sickerwasserrate unter Pflaster- und Plattenbelägen von 171 mm/a durch KM GmbH im Rahmen einer aufwändigen Laborstudie abgeleitet (KM, 2010). Die BaSt (2011) hat in Abstimmung mit der UVAGE eine Mittelwertbildung aus den Werten nach Susset & Leuchs (2011) und dem neuen Wert aus dem Laborversuch vorgeschlagen (Stellungnahmen der BaSt gegenüber dem BMU vom 05. August 2011). Das BMU hat daraufhin diese Vorgehensweise durch einen erweiterten Expertenkreis prüfen lassen (BaSt, IGAM, KM GmbH, LANUV NRW, BaSt, BMU). Nach Abstimmung mit dem Expertenkreis hat das BMU das ZAG am 29. August 2011 damit beauftragt, die nach dieser Vorgehensweise gemittelten neuen Sickerwasserraten im Modell umzusetzen. Dadurch ergibt sich für Plattenbeläge eine Sickerwasserrate von 377 mm/a, die sich von der Sickerwasserrate ungebundener Deckschichten unterscheidet. Dies erforderte eine getrennte Bewertung der Bauweisen unter ungebundenen Deckschichten und unter Plattenbelägen. Für Pflaster resultiert eine Sickerwasserrate von 242 mm/a. Die resultierenden Änderungen für die ME und MW werden in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt. Die Sickerwasserrate von 583 mm/a für ungebundene Deckschichten und 313 mm/a für die Sickerwasserraten unter durchwurzelbaren Bodenschichten bleiben unverändert.

5 Die Durchströmungsmodellierung ergibt unter Berücksichtigung der neuen Randbedingungen der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ (UVAGE) eine entlang der Bauwerksunterkante gemittelte Sickerwasserrate in der unterliegenden Transportzone von 170 mm/a. Diese wird für die Transport- und Anreicherungsrechnungen herangezogen.

8.6 Medienschutzbasierte Einbauwerte für relevante Stoffe von Stahlwerksschlacken

Sämtliche nachfolgende Tabellen zu den medienschutzbasierten Einbauwerten und Materialwerten sind im parallellaufenden UBA-Vorhaben in Finkel et al. (2020) in das Datenbank-basierte Anwendertool BEMEB implementiert worden. Gesamt- und Teilergebnisse können dort übersichtlich und nach verschiedenen Fragstellungen abgerufen und in Tabellenkalkulationsprogrammen zusammengeführt und bearbeitet werden und sind damit für die Fachöffentlichkeit vollkommen nachvollziehbar.

Die medienschutzbasierten Einbauwerte ergeben sich gemäß der Ablaufschemen in 13.3.2 durch Multiplikation der maximal zulässigen Quelltermkonzentrationen (aus Kapitel 4.1, fettgedruckte limitierende Werte in Susset et al., 2018) mit den bauwerksspezifischen Faktoren aus Kapitel 8.5.7 mit dem Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5.

Nachfolgende Tabellen zeigen die medienschutzbasierten Einbauwerte für relevante Schwermetalle aus Stahlwerksschlacken für den Straßen-, Wege- und Erdbau.

Die Verwertung von Stahlwerksschlacken in einer bestimmten Einbauweise und Untergrundkonstellation ist nach dem deutschen Grenzwertableitungskonzept nur dann zulässig, wenn alle nachfolgenden ME im Eluat eingehalten werden können. Anderenfalls ist ein Einbau nicht zulässig, weil der vorsorgende Boden- und Grundwasserschutz nicht gewährleistet ist.

Tabelle 8: Medienschutzbasierte Einbauwerte für relevante Schwermetalle für Stahlwerksschlacken in den unmittelbar nach UBA-Ableitungssystematik bewerteten Einbauweisen des Straßen-, Wege- und Erdbaus für die Bewertung der Zulässigkeit von MEB nach EBV (Artikel 1 MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021)).

Medienschutzbasierte Einbauwerte [$\mu\text{g/L}$]		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht außerhalb von Wasserschutzgebieten								
		ungünstig			günstig					
Ifd Nr. Stoffe	Einbauweisen				Sand			Lehm/Schluff/Ton		
		Mo	Cr (ges.)	V	Mo	Cr (ges.)	V	Mo	Cr (ges.)	V
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	keine Modellierung geschlossener Bauweisen Bewertungen gemäß LAGA Eckpunkte (2004) und RuA-StB (E-2004)								
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht									
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht									
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht									
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten									
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung									
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	1890	540	1080	1890	11297	5101	1890	21323	33907
8	Frostschuttschicht (ToB), Bodenverbesserung und Unterbau bis 1m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	399	114	228	399	2385	1077	399	4501	7158

Medienschutzbasierte Einbauwerte [$\mu\text{g/L}$]		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht außerhalb von Wasserschutzgebieten								
		ungünstig			günstig			Lehm/Schluff/Ton		
lfd Nr. Stoffe	Einbauweisen	Mo	Cr (ges.)	V	Mo	Cr (ges.)	V	Mo	Cr (ges.)	V
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	keine Modellierung geschlossener Bauweisen								
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	1050	300	600	1050	26228	17485	1542	49506	78722
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	Bewertung relativ zur Zuordnung der Materialien zu den wasserdurchlässigen Bauweisen 13								
12	Deckschicht ohne Bindemittel									
13	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	52,5	15,0	30	52,5	151	53,9	52,5	284	452
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen	52,5	15,0	30	52,5	233	92,1	52,5	440	700
15	Bauweisen 13 unter Pflaster	52,5	15,0	30	52,5	363	178	52,5	685	1090
16a	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE	52,5	15,0	30	52,5	517	321	52,5	976	1551
16b	Wie 16 a mit Kapillarsperre sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE	221	63,0	126	221	2171	1348	221	4097	6515
17a	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht	52,5	15,0	30	52,5	281	120	52,5	530	843
17b	Wie 17 a mit Kapillarsperre	89,3	25,5	51	89,3	477	204	89,3	901	1432

Tabelle 9: Medienschutzbasierte Einbauwerte von Fluorid in den unmittelbar nach UBA-Ableitungssystematik bewerteten Einbauweisen des Straßen-, Wege- und Erdbaus für die Bewertung der Zulässigkeit von MEB nach EBV (Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021)). Rote Schrift: Änderungen gegenüber der EBV (Artikel 1 der Kabinettsfassung der MantelV vom 03. Mai 2017) aufgrund der Berücksichtigung der GFS 2016 (LAWA, 2017) wurden durch den Bundesrat nicht übernommen.

Medienschutzbasierte Einbauwerte (ME) für Fluorid [mg/L]		
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	keine
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	Modellierung
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	geschlossener
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	Bauweisen
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	Bewertungen
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	gemäß LAGA
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	Eckpunkte
8a	Frostschuttschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	(2004) und RuA-
8b	Bodenverbesserung unter gebundener Deckschicht	StB (E-2004)
8c	Unterbau bis 1m ab Planum unter gebundener Deckschicht	40.5 48.6
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	8.66 10.4
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	8.66 10.4
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	8.55 10.3
12	Deckschicht ohne Bindemittel	keine
13a	ToB, Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Deckschicht ohne Bindemittel	Modellierung
13b	Verfüllung von Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	22.5 27.0
13c	Verfüllung von Baugruben unter Deckschicht ohne Bindemittel	1.13 1.36
14a	ToB und Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Plattenbelägen	1.13 1.36
14b	Verfüllung von Leitungsgräben unter Plattenbelägen	1.13 1.36
14c	Verfüllung von Baugruben unter Plattenbelägen	1.13 1.36
15a	ToB und Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum unter Pflaster	1.13 1.36
15b	Verfüllung von Leitungsgräben unter Pflaster	1.13 1.36
15c	Verfüllung von Baugruben unter Pflaster	1.13 1.36
16a	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E MTSE	1.13 1.36
16b	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht mit Kapillarsperre sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE	4.73 5.68
17a	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht	1.13 1.36
17b	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht mit Kapillarsperre	1.91 2.29

8.7 Allgemeine Systematik der Herleitung von Materialwerten und der Materialklassifizierung

Nachfolgend wird nur die allgemeine Systematik erläutert. Die Herleitung von Materialwerten und der Materialklassifizierung von Stahlwerksschlacken ist Gegenstand des Kapitels 9.1.

8.7.1 Zielsetzung der Materialklassifizierung

Die Verwertung eines MEB in einer bestimmten Einbauweise und Untergrundkonstellation ist nur dann zulässig, wenn alle ME im Eluat eingehalten werden können. Selbstverständlich sind die ME für alle MEB (z.B. RC-Baustoffe, Böden, Schlacken, Aschen, etc.) gleichermaßen einzuhalten („level playing field“). In der Praxis kann nicht jeder MEB für jede spezifische Einbauweise im Einzelfall untersucht werden. Vor diesem Hintergrund dient die Festlegung von Materialwerten dazu, Materialklassen zu bilden, die im Rahmen der Güteüberwachung überwacht werden können und mit welchen zulässige Einbauweisen verbunden sind, die in so genannten Einbautabellen definiert werden. Sie dienen zur Vereinfachung und benutzerfreundlichen Umsetzung des Konzepts für die Verwertung in der Praxis. Theoretisch könnte man auch die Tabellen mit den medienschutzbasierten Einbauwerten veröffentlichen. Sämtliche Materialwerte- und Einbautabellen würden dann entfallen und den Umfang der Verordnung bedeutend reduzieren. Dann müsste aber für jeden Einzelfall das Analysenprotokoll einer Probe mit allen ME verglichen werden, um für die verschiedenen Einbauweisen zu entscheiden, ob die Verwertung zulässig ist oder nicht. Dies wäre weder im Rahmen einer Güteüberwachung kontrollierbar noch praktikabel. Die Systematik von Materialqualitätsklassen mit Materialwerten (bzw. die Vorgabe von Zuordnungskriterien und damit verbundenen zulässigen Einbauweisen) ist in Deutschland mit entsprechenden Verwertungserlassen oder durch die LAGA M 20 (1997) seit Jahrzehnten eingeführt und hat sich in der Praxis bewährt. Eine besondere Herausforderung bei der Materialklassenbildung ist es, Materialwerte so festzulegen, dass diese in der Praxis durch einen MEB auch erreicht werden können und zugleich den Einsatz in relevanten Einbauweisen zu ermöglichen. So macht es einerseits keinen Sinn, für MEB mit hohen Stofffreisetzungen eine Materialklasse zu bilden, deren Materialwerte an den Geringfügigkeitsschwellenwerten und Bezugsmaßstäben orientiert sind. Zwar wären dann alle Einbauweisen zulässig. In der Praxis wäre diese MEB-Klasse durch den MEB mit erhöhten Stofffreisetzungen aber nicht erreichbar. Auf der anderen Seite wäre eine Materialklasse mit zu hohen Materialwerten zwar sehr gut erreichbar, die Verwertungsmöglichkeiten wären aber für MEB, die in der Praxis tatsächlich regelmäßig niedrigere Materialwerte erreichen, verwehrt.

8.7.2 Systematik der Ableitung von Materialwerten in WF 2- Eluaten

Die Systematik der Ableitung von Materialwerten in WF 2- Eluaten ist im Ablaufschema in Abbildung 2 in Susset et al. (2018) verdeutlicht. Ausgangsbasis für die Ableitung von Materialwerten sind möglichst umfängliche und repräsentative Datengrundlagen zur Feststellung von Perzentilwerten der Konzentrationsverteilungen verschiedener Stoffe und Parameter in WF 2-Eluaten (WF 2-Eluate im Säulenkurztest bis WF 2 nach DIN 19528 (2009) als Referenzverfahren, alternativ können auch Messdaten im Schütteleluat bei WF 2 nach DIN 19529 (2012) herangezogen werden). Auf dieser Basis wurden zunächst die bewertungs- und regelungsrelevanten Stoffe und Parameter in Eluaten von MEB identifiziert. Stoffe sind per Definition bewertungsrelevant, wenn die 90. Perzentile der Konzentrationen in WF 2-Säulenkurzeluaten der jeweils aktuell verfügbaren Datengrundlagen die GFS oder BM überschreiten. Regelungsrelevant sind nach EBV nur solche Stoffe, deren Maximalwerte der WF 2-Datengrundlage die limitierenden ME für die zugelassenen Einbauweisen eines MEB tatsächlich überschreiten. Dies bedeutet, dass Parameter, deren Konzentrationen nach aktueller Datenlage immer unterhalb der ME der empfindlichsten noch zulässigen Einbauweise liegen, also der Einbauweise mit den niedrigsten Grenzwerten, nicht in die regelmäßige Güteüberwachung als Untersuchungsparameter (Materialwert) übernommen werden müssen (vgl. Zusammenfassung und Kapitel 2, sowie Susset & Leuchs, 2011 und Susset et al., 2017). Im Rahmen der Güteüberwachung wird zur Überprüfung der Relevanz von Parametern - beim einmaligen Eignungsnachweis und im Rahmen der hier empfohlenen erweiterten Fremdüberwachung zusätzlich alle 2 Jahre (vgl. Regierungsfassung MantelV vom 06. Februar 2017, die erweiterte Fremdüberwachung wurde im Laufe der Bundesressortabstimmungen für die Kabinettsfassung der MantelV vom 03. Mai 2017 gestrichen) - ein erweiterter Katalog von Stoffen und Parametern untersucht und die Ergebnisse dokumentiert (vgl. Tabelle 2 in Anlage 4 der EBV in Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021)).

Neben der Festlegung von Materialwerten für regelungsrelevante Stoffe und Parameter in den Hauptklassen (z.B. SWS-1 bis SWS-2) und der damit verbundenen zulässigen Einbauweisen können mit Fußnotenregelungen auch Zulässigkeiten von MEB in weiteren Einbauweisen oder für Untergrundkonstellationen (z.B. für den ungünstigen Fall) geregelt werden. In die Fußnotenregelung müssen nur Stoffe/Parameter aufgenommen werden, deren Materialwerte der Hauptklasse die medienschutzbasierten Einbauwerte der Bauweise/Untergrundkonstellation tatsächlich überschreiten. Das "+“- Zeichen für die Zulässigkeit eines MEB in einer Bauweise gilt dann nur unter der Bedingung einer Einhaltung aller Materialwerte der Hauptklasse und ggf. weiterer Materialwerte in der Fußnote. Fußnotenregelungen zur Zulassung weiterer Bauweisen bieten sich nur dann an, wenn die mit

den Materialwerten der Hauptklasse festgelegten Konzentrationen nur wenig oberhalb der medienschutzbasierten Einbauwerte der mit der Fußnote zu regelnden Bauweisen liegen und die Fußnotenwerte nach verfügbarer Messdatengrundlage mit hinreichend hohen Perzentilwerten erreichbar sind.

8.7.3 Datengrundlagen

Im Rahmen des Planspiels MantelV wurden sämtliche Datengrundlagen aktualisiert. Bezüglich der aktualisierten Datengrundlagen wird auf den UBA-Schlussbericht zum Planspiel "MantelV" (Bleher et al., 2017, UBA-Text 104/2017) verwiesen. Für die MEB im Regelungsbereich der EBV liegen bundesweit weitestgehend valide und für die Massenströme weitestgehend repräsentative Messdaten nach den neuen Elutionsmethoden bei WF 2 vor (vgl. Bleher et al., 2017). Die Datengrundlagen für Stahlwerksschlacken sind Gegenstand von Kapitel 9.1.1).

8.7.4 Bewertung der Einhaltung von Materialwerten

Für jeden MEB und die einzelnen Stoffe und Parameter wurden, wenn möglich, aus den verfügbaren Datengrundlagen zu WF 2-Eluaten die Perzentilwerte berechnet, mit welchen die Materialwerte eingehalten werden. Damit können besonders limitierende Stoffe und Parameter identifiziert werden. Es wird die Fragestellung beantwortet, bei welchem Prozentanteil der Proben der verfügbaren Datengrundlage ein Materialwert bezüglich eines bestimmten Parameters eingehalten wird. Aus den Schwankungsbreiten der Perzentilwerte können die Konzentrationsschwankungen innerhalb verschiedener Datensätze bestimmt werden. Diese sind ein Maß für die Heterogenität eines Materialstroms.

Verwertungsquoten unter alleiniger Betrachtung der Materialqualität: Die in der Güteüberwachungspraxis erreichbaren Verwertungsquoten eines MEB können nicht allein aus den einhaltbaren Perzentilen der Einzelparameter abgeleitet werden, sondern werden zusätzlich durch die Stoffkombinationen limitiert, da jeder MEB alle Materialwerte einer Materialklasse und ggf. spezielle Fußnotenregelung einhalten muss, um einer Materialklasse zugeordnet und damit in den Bauweisen zugelassen werden zu können. Die Ergebnisse dieser Auswertungen von Verwertungsquoten zeigen Bleher et al. (2017) im Schlussbericht zum "Planspiel MantelV" (siehe auch Tabelle 6 in Kapitel 3.1.6).

Nachvollziehbarkeit der Materialwertableitungen: Für jeden einzelnen Materialwert eines MEB kann der Ableitungsweg in Susset et al. (2018, UBA Texte 26/2018) im Detail nachvollzogen werden, indem die Tabellen mit den ME-Werten, die Materialwertetabellen (Anlage 1, EBV) und die Einbautabellen der EBV (Anlagen 2 und 3 der EBV) miteinander verglichen werden. Grundsätzlich wurden die Materialwerte an den limitierenden medienschutzbasierten Einbauwerten relevanter Einbauweisen orientiert. Wenn die

Statistiken zeigen, dass deutlich niedrigere Werte eingehalten werden als die maximal zulässigen ME der empfindlichsten noch zulässigen Einbauweise, wurden niedrigere Materialwerte festgelegt, obwohl nach dem medienenschutzbasierten Fachkonzept auch höhere Werte zulässig gewesen wären. Hierdurch sollte ein Anreiz zur Qualitätsverbesserung von MEB aufrechterhalten werden. Geschlossene Bauweisen ohne Sickerwasserzutritt können nicht medienenschutzbasiert beurteilt werden. Die Festlegung von Materialwerten für geschlossene Bauweisen ist nicht Gegenstand der Grenzwerteableitungssystematik dieses UBA-Vorhabens. Die Materialwerte der ungünstigsten Klassen, für die ausschließlich geschlossene Bauweisen zugelassen werden können, wurden im Auftrag des UBA/BMUB grundsätzlich an die Maximalwerte verfügbarer Statistiken zu den Konzentrationsverteilungen in WF 2-Eluaten angepasst.

Materialwerte im Feststoff: Die Festlegung von Materialwerten im Feststoff für die in der EBV geregelten MEB Bodenmaterial und Baggergut und für die $\Sigma 16$ EPA PAK im Feststoff von RC-Baustoffen sind nicht Gegenstand der Grenzwerteableitungssystematik der UBA-Projekte. Die entsprechenden Materialwerte wurden durch das UBA/BMUB hergeleitet. Dies gilt auch für die Überwachungswerte (Feststoffwerte) bei RC-Baustoffen nach Tabelle 2.2 in Anlage 4 der EBV, die durch das UBA/BMUB unabhängig von dem hier erläuterten Grenzwerteableitungskonzept festgelegt wurden.

9 Einordnung der Umweltqualitäten von SWS

9.1 Materialqualität von SWS in Deutschland nach UBA-Fachkonzept und Ersatzbaustoffverordnung gemäß Bundesratsbeschluss (AP-6)

9.1.1 Datengrundlagen für das WF 2-Eluat

Für das Planspiel MantelV der Bundesregierung (UBA Texte 104/2017, Bleher et al., 2017) wurden durch die Forschungsnehmer des deutschen UBA verfügbare Daten in Deutschland abgefragt. Durch das FEhS-Institut für Baustoffforschung in Duisburg wurden Daten für 175 Proben zur Verfügung gestellt (Datenfreigabe in anonymisierter Form durch FEhS, Bleher et al., 2017). Der Gesamtdatensatz von 175 Stahlwerksschlackenproben (darunter 110 Elektroofenschlacken und 65 LD-Schlacken) stellt die Grundlage für die Materialklassifizierung in der EBV dar (UBA Texte 26/2018, Susset et al., 2018).

9.1.2 Statistische Auswertung der Eluatkonzentrationen zur Bestimmung regelungsrelevanter Parameter

Tabelle 10 zeigt die statistischen Kennwerte der Analysenergebnisse der WF 2-Säulenkurzeluate nach DIN 19528 (2009) für den Gesamtdatensatz von Stahlwerksschlacken, die nach den Kriterien von Susset & Leuchs (2011) als nicht bewertungsrelevant beurteilt werden. Der aktualisierte Gesamtdatensatz zeigt, dass Chlorid, Sulfat, Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink im WF 2-Eluat von Stahlwerksschlacken nicht bewertungs- bzw. regelungsrelevant sind (die 90. Perzentilwerte unterschreiten entweder die Bestimmungsgrenze, die GFS oder den Bezugsmaßstab - also besteht per Definition keine Bewertungsrelevanz, oder sie unterschreiten die Materialwerte der günstigsten Materialklasse – also besteht per Definition keine Regelungsrelevanz).

Tabelle 10: Nicht bewertungs- oder regelungsrelevante Stoffe und Parameter, Stahlwerksschlacken Gesamtdatensatz (alle Herkünfte und Schlackenarten zusammen betrachtet und anonymisiert: EOS und LDS): Statistische Kenngrößen der Konzentrationen in WF 2-Säulenkurzeluaten. Abkürzungen: BG = Bestimmungsgrenze (aus Susset et al., 2018).

Daten- grund- lagen	Statist- ische Kenn- größen	Chlorid [mg/L]	Sulfat [mg/L]	Antimon [µg/L]	Arsen [µg/L]	Blei [µg/L]	Cadmium [µg/L]	Kupfer [µg L ⁻¹]	Nickel [µg/L]	Zink [µg/L]
		GFS:	GFS:	GFS:	BM:	BM:	BM:	BM:	BM:	BM:
		250	250	5	8	23	2	20	20	100
Ge- samt- daten - satz FEhS 2017	n	89	99	93	98	98	98	98	98	98
	Min	<BG	1,0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
	Max	22	73	9,00	6,00	28,0	6,00	6,00	16,0	58,0
	Mittel	3,6	11	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	1,50
	Med- ian	2,3	6,0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
	70. Perz.	4,0	11	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
	80. Perz.	5,0	16	<BG	<BG	1,6	<BG	<BG	<BG	<BG
	90. Perz.	8,0	25	<BG	<BG	2,3	<BG	2,00	<BG	<BG

Tabelle 11 zeigt die statistischen Kennwerte der Analysenergebnisse der WF 2-Eluate nach DIN 19528 (2009) für den Gesamtdatensatz der Stahlwerksschlacken, die nach den Kriterien von Susset & Leuchs (2011) als bewertungs- und regelungsrelevant beurteilt werden. Die Ergebnisse des aktualisierten Gesamtdatensatzes bestätigen die Regelungsrelevanz von Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium im WF 2-Eluat von SWS. Die Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert sind Orientierungswerte (Indikatorparameter) und haben keinen Grenzwertcharakter.

Tabelle 11: Bewertungs- oder regelungsrelevante Stoffe und Parameter, Stahlwerksschlacken Gesamtdatensatz (alle Herkünfte und Schlackenarten zusammen betrachtet und anonymisiert: EOS und LDS): Statistische Kenngrößen der Konzentrationen in WF 2-Säulenkurzeluaten. Abkürzungen: BG = Bestimmungsgrenze (aus Susset et al., 2018).

Daten- grundl agen	Statist- ische Kenn- größen	pH []	Leit- fähigkeit [$\mu\text{S cm}^{-1}$]	Fluorid [mg/L]	Chrom (ges.) [$\mu\text{g/L}$]	Molybdän [$\mu\text{g L}^{-1}$]	Vanadium [$\mu\text{g L}^{-1}$]
				GFS: 0,9	BM: 10	GFS: 35	BM: 20
Gesamt- daten- satz FEhS 2017	n	167	167	133	171	155	139
	Min	9,3	140	<BG	<BG	<BG	<BG
	Max	13,2	9640	3,3	187	3.200	703
	Mittel	11,5	2710	0,3	19,3	95,9	114
	Median	11,4	772	<BG	7,00	36,0	80,0
	70. Perz.	12,3	4220	<BG	11,4	54,4	158
	80. Perz.	12,5	6470	0,8	21,0	66,2	202
	90. Perz.	12,6	8730	1,2	42,0	135	248

9.1.3 Materialwerte im WF 2-Eluat für die Materialklassifizierung von Stahlwerksschlacken (SWS)

Nach der in Kapitel 8.7 erläuterten Systematik und auf der Grundlage der vorgenannten Datengrundlagen wurden nachfolgende Materialklassen und Materialwerte für die bewertungs- und regelungsrelevanten Parameter von SWS abgeleitet (detailliert in Susset et al., 2018, UBA Texte 26/2018). Die Herleitung der Materialklassen ist in Susset et al. (2018, UBA Text 26/2018 dortiges Kapitel 4.4.15.3) im Detail erläutert. Im Wesentlichen wurde wie folgt vorgegangen:

Die Materialwerte für SWS-1 wurden grundsätzlich an die ME der Einbauweisen über Sand mit hohen Anforderungen an den Medienschutz angepasst, um möglichst viele offene Bauweisen über Sand ohne weitere Einschränkungen für SWS mit günstigen Materialqualitäten zu regeln. Die verfügbaren umfassenden Datengrundlagen in Deutschland zeigen, dass insbesondere LD-Schlacken solche Qualitäten einhalten (vgl. Susset et al., 2018, UBA Text 26/2018 dortiges Kapitel 4.4.15.3).

Der Materialwert für SWS-2 von Molybdän wurde an den ME der Einbauweise 8: "Frostschuttschicht (ToB), Bodenverbesserung und Unterbau bis 1m ab Planum jeweils unter

gebundener Deckschicht“ für den ungünstigen Fall mit 399 µg/L, für Fluorid an den medienschutzbasierten Einbauwert der Einbauweise 16b: “Hinterfüllung von Bauwerken und Dämme im Böschungsbereich unter kulturfähigem Boden mit Kapillarsperre sowie Hinterfüllung in analoger Bauweise zu MTSE E“ mit 4,73 µg/L und für Vanadium an die empfindlichste wasserdurchlässige Einbauweise 13: “ToB und Bodenverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsräben unter gebundenen Deckschichten“ für den günstigen Fall Lehm/Schluff/Ton von 452 µg/L angepasst. Der Materialwert von Chrom (ges.) entspricht dem Maximalwert der Statistiken von 190 µg/L, der die ME deutlich unterschreitet. Es ergeben sich damit für SWS-2 klar definierte und eingeschränkte Einbaumöglichkeiten.

Im Resultat ergeben sich für SWS die in **Tabelle 12** zusammengefassten Materialwerte im WF 2-Eluat. Die Materialwerte von Schwermetallen sind i.d.R. auf 1 µg/L genau angegeben. Die Materialwerte für Salze sind auf 10 mg/L genau angegeben. UBA/BMUB haben die Materialwerte von Schwermetallen auf 5 oder 10 µg/L genau aufgerundet. Die Materialwerte für Salze wurden auf 100 mg/L genau angegeben. Die Materialwerte in der EBV weichen deshalb geringfügig von den hier angegebenen Materialwerten ab (vgl. Materialwertetabelle 1 nach EBV in Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021, siehe auch Kapitel 6.3.1.2). Der Vergleich mit der Materialwertetabelle 1 aus der EBV zeigt auch, dass die aufgrund der erhöhten neuen GFS für Fluorid nach LAWA (2017, siehe auch **Tabelle 5** in Kapitel 1028.5) eigentlich höheren zulässigen Materialwerte (vgl. rote Zahlen in **Tabelle 12**) durch den Bundesrat nicht übernommen wurden. Nach dem medienschutzbasierten Einbaukonzept wären eigentlich die höheren ME aus **Tabelle 9** in Kapitel 8.6 zulässig (dabei limitiert für SWS-1 der ME von Fluorid für die offene Einbauweisen von 1,36 mg/l und für SWS-2 der ME von Fluorid für die Bauweise 16b mit 5,6 mg/l). Für die zukünftige Bewertung von SWS bleibt es also bei den niedrigeren Materialwerten von Fluorid.

Tabelle 12: Abschließende Materialwerte im WF 2-Eluat und Materialklassen für Stahlwerksschlacken in der Ersatzbaustoffverordnung EBV (Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021)). Tabelle verändert aus Susset et al., 2018 (gemäß Bundesratsbeschluss wurde die Spalte mit den Materialwerten für die Materialklasse SWS-3 gestrichen). Rote Schrift: Änderungen gegenüber der EBV (Artikel 1 der Kabinettsfassung der MantelV vom 03. Mai 2017) aufgrund der Berücksichtigung der GFS 2016 (LAWA, 2017), alte Werte durchgestrichen. Der Bundesrat hält allerdings an den jeweils niedrigeren Materialwerten für Fluorid fest.

Parameter	Dimension	SWS-1	SWS-2
pH	[]	9–13	9–13
Leitfähigkeit	[μ S/cm]	10.000	10.000
Fluorid	[mg/L]	4,13 1,4	4,7 5,6
Chrom, ges.	[μ g/L]	114	190 ¹
Molybdän	[μ g/L]	53	399
Vanadium	[μ g/L]	178	452

1: Der Wert von Chrom (ges.) wurde auf den statistischen Maximalwert von 190 μ g/L unterhalb des eigentlich zulässigen ME begrenzt.

9.1.4 Folgenabschätzung für die Verwertung von Stahlwerksschlacken in Deutschland

Für die verschiedenen Materialklassen ergeben sich limitierte Einsatzmöglichkeiten von SWS in Deutschland aufgrund der medienschutzbasierten Beurteilung nach dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzept. Die Daten zu den Materialqualitäten von Stahlwerksschlacken in WF 2-Eluaten wurden durch die Universität Tübingen für das Planspiel auf der Grundlage der oben erläuterten Materialklassifizierung ausgewertet und bezogen auf die Produktionsmengen der Werke, gewichtet gemittelte prozentuale Verteilungen der Stahlwerksschlacken auf die verschiedenen Materialklassen nach EBV berechnet. Es resultierte nach der Regierungsfassung der MantelV (Bundesratsgrunddrucksache 560-17, 2017) bisher eine Verteilung auf die verschiedenen Materialklassen von:

SWS-1: 50 %

SWS-2: 20 %

SWS-3 20 %

Beseitigung: 10 %

Der Bundesrat hat allerdings eine Streichung der Materialklasse SWS-3 beschlossen (BR-Beschlussdrucksache 587-20(B) der MantelV vom 06. November 2020). Damit verändert sich die Beseitigungsquote in Deutschland: Beseitigung: 30 % statt 10 %

9.2 Materialqualität von SWS bzw. EOS in Österreich (AP-7)

9.2.1 Öffentlich verfügbare Datengrundlagen zu EOS in Österreich in *WF 10-* und *WF 2-*Eluaten

Nach Durchsicht der verfügbaren Datengrundlagen aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten öffentlich zugänglichen Dokumenten zur Einstufung der EOS der Marienhütte können ausschließlich Daten des Gutachtens der staatlich akkreditierten Prüf- und Inspektionsstelle MAPAG Baustoffuntersuchung und Umweltanalytik (MAPAG, Gutachterliche Stellungnahme vom 12. September 2012, <https://www.marienhuette.at/downloads>, intergriert auch WPK-Daten der Marienhütte, die auch an anderer Stelle, wie zum Beispiel in der gutachterlichen Stellungnahme der Montanuniversität Leoben vom 16. Dezember 2009 herangezogen wurden) für die hiesige Fragestellung der Bewertung von EOS im Eluat bei *WF 10* oder *WF 2* herangezogen werden.

Das MAPAG gibt in der dortigen Tabelle in Kapitel 7.2 auf Seite 15 statistische Kennwerte der Untersuchungen von EOS der Marienhütte im Rahmen der Güteüberwachung im Zeitraum September 2008 – Juli 2012 an. In einer Tabelle auf Seite 17 des Prüfberichts werden für drei Proben Konzentrationen im Säuleneluat nach DIN 19528 (2009) bis *WF* von ca. 4 L/kg mit *WF 10*-Schütteleluatkonzentrationen verglichen.

Für die Bewertung der Umweltverträglichkeit der EOS nach dem Grenzwertableitungskonzept des deutschen UBA für die EBV werden, wie in Kapitel 9.1 erläutert, die so genannten bewertungs- und regelungsrelevanten Stoffe aus **Tabelle 12** untersucht: Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium. Die Umweltbewertung von mineralischen Ersatzbaustoffen nach dem UBA-Fachkonzept basiert auf der Bewertung von Eluatkonzentrationen bei *WF 2* (vgl. Kapitel 8.2.1). Somit müssen die durch MAPAG angegebenen Frachten zunächst in Konzentrationen umgerechnet werden. Des Weiteren muss aus *WF-10*-Konzentrationen eine *WF 2*-Konzentration abgeschätzt werden.

Umrechnung der Messwerte der MAPAG von Frachten in Konzentrationen: Die Messergebnisse in Eluaten im Gutachten der MAPAG sind als Frachten in mg/kg Trockenmasse des Materials angegeben. Zur Umrechnung in Eluatkonzentrationen bei einer bestimmten Wasser- zu Feststoffrate (*WF*) müssen die Frachten bei einer bestimmten *WF* durch die jeweilige *WF* geteilt werden, um die Konzentrationen in mg/L zu erhalten. Die Grenzwerte für die Schwermetalle in der EBV sind in µg/L angegeben, d.h. die Werte werden zusätzlich mit dem Umrechnungsfaktor 1000 multipliziert. Der Materialwert von Fluorid wird in mg/L angegeben (keine Einheiten-Umrechnung erforderlich). **Tabelle 13** zeigt die so berechneten Konzentrationen im *WF 10*-Eluat aus den Median- und Maximalwerten der Frachten aus den Untersuchungen von EOS der Marienhütte im *WF 10*-Schütteleluat im Rahmen der

Güteüberwachung im Zeitraum September 2008 – Juli 2012 aus der Tabelle in Kapitel 7.2 auf Seite 15 des MAPAG-Gutachtens.

Tabelle 13: Berechnete Konzentrationen im *WF 10* - Eluat aus den Median- und Maximalwerten der Frachten aus den Untersuchungen von EOS im *WF 10*-Schütteleluat der Marienhütte im Rahmen der Güteüberwachung im Zeitraum September 2008 – Juli 2012

Parameter	MAPAG <i>WF 10</i> Mittel 2008 – 2012 [mg/kg]	MAPAG <i>WF 10</i> Maximum 2008 – 2012 [mg/kg]	MAPAG <i>WF 10</i> Mittel 2008 – 2012 [µg/L] F: [mg/L]	MAPAG <i>WF 10</i> Maximum 2008 – 2012 [µg/L] F: [mg/L]
Fluorid	5,56	28	0,6	2,8
Chrom ges.	< 0,1	0,19	10	19
Molybdän	0,312	0,86	31	86
Vanadium	0,656	1,64	66	164

Umrechnung der Eluat-Konzentrationen aus *WF 10*-Schüttelverfahren der MAPAG in eine Konzentration bei *WF 2*: Es besteht fachlicher Konsens, dass eine Umrechnung von Eluatkonzentrationen bei einer bestimmten *WF* in eine Konzentration bei einer anderen *WF* mit konstanten Faktoren problematisch sind. Konstante Umrechnungsfaktoren für verschiedene MEB sind nicht Stand der Technik. Die Umrechnungsfaktoren hängen von den jeweiligen Stoffeigenschaften und Bindungsformen eines Stoffes in der jeweiligen Materialprobe ab. Sobald für die Herstellung der Eluate auch noch unterschiedliche Verfahren (Schütteleluate, Säulenuate; womöglich jeweils nach verschiedenen Verfahrensvorschriften) verwendet werden, können auch methodenspezifische Abweichungen hinzukommen. Umrechnungsfaktoren sind damit substanz- und materialspezifisch und ggf. zusätzlich methodenspezifisch und damit nicht konstant (vgl. u.a. Grathwohl & Susset, 2009).

Der theoretische Umrechnungswert unter der (unrealistischen) Annahme einer maximalen Löslichkeit des freigesetzten Stoffes ergibt sich aus dem Unterschied zwischen *WF 10* und *2*, mit dem Faktor 5. Die fünffache Wassermenge führt zu einer theoretischen Verdünnung/Aufkonzentrierung der Konzentrationen um den Faktor 5. Untersuchungen von Susset & Leuchs (2011) zeigen, dass selbst für den konservativen Tracer Chlorid Faktoren von nur ca. 4 und für Sulfat von nur noch ca. 2,7 (vgl. Kapitel 6.4.2 und dortige **Tabelle 3**) resultieren. Bei Umrechnung einer *WF 10*-Konzentration in eine *WF 2*-Konzentration mit dem

Faktor 5 erhält man deshalb sicherlich in der Regel eine zu starke Überschätzung der Konzentration bei *WF 2*.

Leider liegen aus dem MAPAG-Gutachten keine Parallelversuche für EOS bei *WF 2* und *WF 10* vor, aus welchen Umrechnungsfaktoren direkt abgeleitet werden könnten. Lediglich drei EOS-Proben wurden neben dem *WF 10*-Schütteleluat auch nach der DIN 19528 bis zu einem *WF* von 4 perkoliert. **Tabelle 14** zeigt die aus den Frachten von Säulenversuchen mit drei EOS-Proben (Tabelle auf Seite 16 MAPAG) berechneten Konzentrationen im Eluat bei *WF* von ca. 4. Die gleichen Proben wurden auch bei *WF 10* untersucht und in Eluatkonzentrationen umgerechnet (siehe **Tabelle 15**).

Tabelle 14: Umrechnung der Messwerte der MAPAG in Säulenversuchen bei *WF* von ca. 4 L/kg für 3 EOS-Proben von Frachten in Konzentrationen.

Probe	MAPAG 181998 <i>WF 3,6</i> mg/kg	MAPAG 184216 <i>WF 4,11</i> mg/kg	MAPAG 185332 <i>WF 3,9</i> mg/kg	MAPAG 181998 <i>WF 3,6</i> µg/L	MAPAG 184216 <i>WF 4,11</i> µg/L	MAPAG 185332 <i>WF 3,9</i> µg/L
Fluorid	<5	<5	<5	< 1,4	< 1,2	< 1,3
Chrom ges.	<0,01	<0,01	<0,01	< 2,78	< 2,43	< 2,6
Molybdän	0,19	0,17	0,45	52,8	41,4	115
Vanadium	0,179	0,339	0,279	49,7	82,5	71,5

Tabelle 15: Umrechnung der Messwerte der MAPAG in *WF 10*- Schüttelversuchen für die 3 EOS-Proben aus vorheriger Tabelle von Frachten in Konzentrationen

Probe	MAPAG 181998 <i>WF 10</i> mg/kg	MAPAG 184216 <i>WF 10</i> mg/kg	MAPAG 185332 <i>WF 10</i> mg/kg	MAPAG 181998 <i>WF 10</i> µg/L	MAPAG 184216 <i>WF 10</i> µg/L	MAPAG 181998 <i>WF 10</i> µg/L
Fluorid	<10	<10	<10	< 1	< 1	< 1
Chrom ges.	0,011	<0,02	1,1	< 2	< 2	< 2
Molybdän	0,21	0,20	0,39	21	20	39
Vanadium	0,74	0,77	0,83	74	77	83

Tabelle 16 zeigt Umrechnungsfaktoren zwischen den Konzentrationen im Säuleneluat bei *WF 4* und den in Parallelproben untersuchten *WF 10*- Konzentrationen (Tabelle auf Seite 16 MAPAG).

Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren zwischen Säuleneluatkonzentrationen bei ca. *WF* 4 und *WF* 10-Schütteleluaten aus Messwerten der MAPAG.

Probe	MAPAG 181998 <i>WF</i> 10/ <i>WF</i> 3,6	MAPAG 184216 <i>WF</i> 10/ <i>WF</i> 4,11	MAPAG 185332 <i>WF</i> 10/ <i>WF</i> 3,9
Fluorid	n.b.	n.b.	n.b.
Chrom, (ges.)	n.b.	n.b.	n.b.
Molybdän	2,5	2,1	3,0
Vanadium	0,7	1,1	0,9

Die Umrechnungsfaktoren in **Tabelle 16** zeigen für Molybdän, selbst bei Vergleich von *WF* 4 mit *WF* 10 (hier hat bereits gegenüber *WF* 2 eine weitere Verdünnung stattgefunden) noch hohe Verdünnungs- bzw. Aufkonzentrierungsfaktoren von 2 bis 3. Vanadium zeigt bekanntlich eher ein konstantes diffusionslimitiertes Freisetzungsverhalten und auch Anstiege mit steigendem *WF*, hier repräsentiert durch Umrechnungsfaktoren von 0,7 bis 1,1. Bei einem Vergleich mit Konzentrationen bei *WF* 2 wäre zumindest für Molybdän ein noch höherer Faktor zu erwarten.

Für die weitere Bewertung der Materialqualität von EOS in Österreich im *WF* 2-Eluat und die nachfolgende Umweltbewertung sind robuste Umrechnungsfaktoren zur Berechnung von *WF* 2-Konzentrationen ganz maßgeblich. Im Rahmen dieses Gutachtens wurden deshalb umfassende Recherchen und Berechnungen zur Herleitung verlässlicherer Umrechnungsfaktoren für die 4 regelungsrelevanten Parameter in den hier relevanten Konzentrationsbereichen vorgenommen. Diese sind Gegenstand des nachfolgenden Kapitels.

9.2.2 Recherche und Ableitung von Umrechnungsfaktoren zwischen *WF* 10- und *WF* 2-Eluaten für regelungsrelevante Stoffe in Eluaten von Stahlwerksschlacken

9.2.2.1 Mantelverordnung und EU-Ratsentscheidung

Mit der Einführung der Referenzkonzentration bei *WF* 2 in der Mantelverordnung ergibt sich ein methodischer Bruch zur Deponieverordnung in Deutschland, deren Zuordnungskriterien zu Deponieklassen in der Regel noch auf *WF* 10 beruhen. Dies führt dazu, dass ein mineralischer Ersatzbaustoff, der aus Marktgründen oder aufgrund zu hoher *WF* 2-Konzentrationen nicht mehr im Regelungsbereich der MantelV verwertet werden kann, für die Zuordnung zu Deponieklassen erneut im *WF* 10-Eluat untersucht werden muss. In der Praxis war dies zwar bisher schon der Fall, da sich auch die Untersuchungsumfänge in der DepV und in den Regelungen zum Recycling schon immer unterschieden haben. Dennoch war der Druck auf den Verordnungsgeber so groß, dass im dritten Arbeitsentwurf der MantelV

vom 31.10.2012 (vorgelegt vom damaligen Umweltminister Altmaier BMU, 2012) eine Änderung der Deponieverordnung in Artikel 3 zur Einführung einer Tabelle mit entsprechenden Umrechnungsfaktoren eingeführt wurde (vgl. **Tabelle 17**). Die Umrechnungsfaktoren wurden aus Tabellenwerken der EU Waste Directive der EU-Ratsentscheidung 2003/33/EG entnommen. Diese Umrechnungsfaktoren werden in der Fachwelt allerdings sehr kritisch gesehen, da sie veraltet sind und aus Untersuchungsergebnissen von Steinkohleflugaschen abgeleitet wurden.

Begründet wurde diese Regelung wie folgt (Auszug Begründungstext, BMU, 2012):

„Mit dem neuen Absatz 11 in § 8 erfolgt zur Vermeidung von unnötigem Untersuchungsaufwand zur Herstellung eines neuen WF 10 - Eluats die entsprechende Änderung der DeponieV, um ein nach den Bestimmungen der BBodSchV oder EBV hergestelltes WF 2 - Eluat für den Anwendungsbereich der DeponieV (Deponieersatzbaustoffe, Feststellung der Deponieklasse für die Ablagerung) nutzen zu können. Hierzu können die Konzentrationen der nach der DeponieV zu bestimmenden Parameter aus dem WF 2 - Eluat auf der Grundlage der EU-Ratsentscheidung 2003/33/EG in WF 10 - Eluat – Konzentrationen anhand der neuen Tabelle 3 im Anhang 3 der DeponieV umgerechnet werden. Die Umrechnung in die entsprechenden WF 10 - Eluatkonzentrationen erfolgt durch Multiplikation der gemessenen WF - 2 Eluatkonzentration eines Parameters mit dem jeweiligen Faktor aus Tabelle 3.“

Die Ableitung der Umrechnungsfaktoren wird wie folgt erläutert:

„In der Ratsentscheidung 2003/33/EG sind für die verschiedenen Deponieklassen neben den Zuordnungswerten (Grenzwerten) im Eluat bei $L/S = 10$ l/kg auch die bei $L/S = 2$ l/kg genannt ($L/S = \text{liquid/solid-ratio}$; entspricht dem WF-Verhältnis). Die Eluat-Grenzwerte sind dort für die verschiedenen Parameter in mg/kg Trockensubstanz angegeben und wurden durch Division durch den L/S -Wert auf die in Deutschland übliche Dimension mg/l umgerechnet. Werden die nun berechneten Grenzwerte eines Parameters ins Verhältnis gestellt, ergibt sich der Umrechnungsfaktor, der durch die Ratsentscheidung 2003/33/EG als verrechtlicht gelten kann. Bei den verschiedenen Deponieklassen ergeben sich für den gleichen Parameter leicht voneinander abweichende Umrechnungsfaktoren. Es wurde zur Sicherheit der jeweils größte davon gewählt. Dieser wurde noch mit einem Faktor 1,5 korrigiert, da die WF2 - Eluate nach BBodSchV oder EBV mit einem Größtkorn von 32 mm, aber die nach EU-Ratsentscheidung mit einem Größtkorn von nur 4 mm hergestellt werden. Ein kleineres Größtkorn ergibt eine insgesamt in der Probe vorhandene größere Oberfläche, was zu höheren Auslaugraten führt. Dies soll durch den Korrekturfaktor ausgeglichen werden.“

Tabelle 17: Umrechnungstabelle von *WF 2*- in *WF 10*-Konzentrationen aus dem zweiten Arbeitsentwurf der MantelV vom 31.10.2012 (Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, Auszug aus Artikel 3: Änderung der Verordnung über Deponien – und Langzeitlager (Deponieverordnung DepV), BMU, 2012).

Tabelle 3. Parameterspezifische Faktoren zur Umrechnung der Eluatkonzentrationen nach § 8 Absatz 11 von WF-2 - Konzentrationen in WF-10 – Konzentrationen

	Parameter	Umrechnungsfaktor
	pH-Wert	1,00
	DOC	0,63
	Phenole	0,60
	Arsen	1,50
	Blei	0,75
	Cadmium	0,50
	Kupfer	0,66
	Nickel	0,60
	Quecksilber	1,20
	Zink	0,66
	Chlorid	0,45
	Sulfat	0,60
	Cyanid, leicht freisetzbar	1,50
	Fluorid	0,75
	Barium	1,00
	Chrom, gesamt	0,84
	Molybdän	0,60
	Antimon	1,05
	Selen	0,53
	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	0,48
	elektrische Leitfähigkeit	0,66

Vor diesem Hintergrund sind für die hiesige Begutachtung folgende Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* in **Tabelle 18** ableitbar: Zur Berechnung müssen die Umrechnungsfaktoren in **Tabelle 17** wieder durch den Korrekturfaktor des BMU geteilt werden, denn der Faktor 1,5 diente zur Korrektur der Korngrößeneffekte aufgrund des methodischen Bruchs, der nach Einschätzung des BMU der Verdünnung entgegenwirkt. Hier wird aber der Umrechnungsfaktor für die Verdünnung innerhalb einer Methode gesucht. Der gesuchte Umrechnungsfaktor ist dann der reziproke Wert.

Tabelle 18: Ableitung von Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* aus der EU-Ratsentscheidung 2003/33/EG. Reziproke Werte aus Tabelle 17 ohne methodische Korrekturfaktoren 1,5 (aus Tabelle 3 im dritten Arbeitsentwurf der MantelV, BMU, 2012).

Parameter	Umrechnungsfaktor <i>WF 10</i> auf <i>WF 2</i> reziproker Wert aus EU Ratsentscheidung
Fluorid	2,0
Chrom ges.	1,8
Molybdän	2,5
Vanadium	-

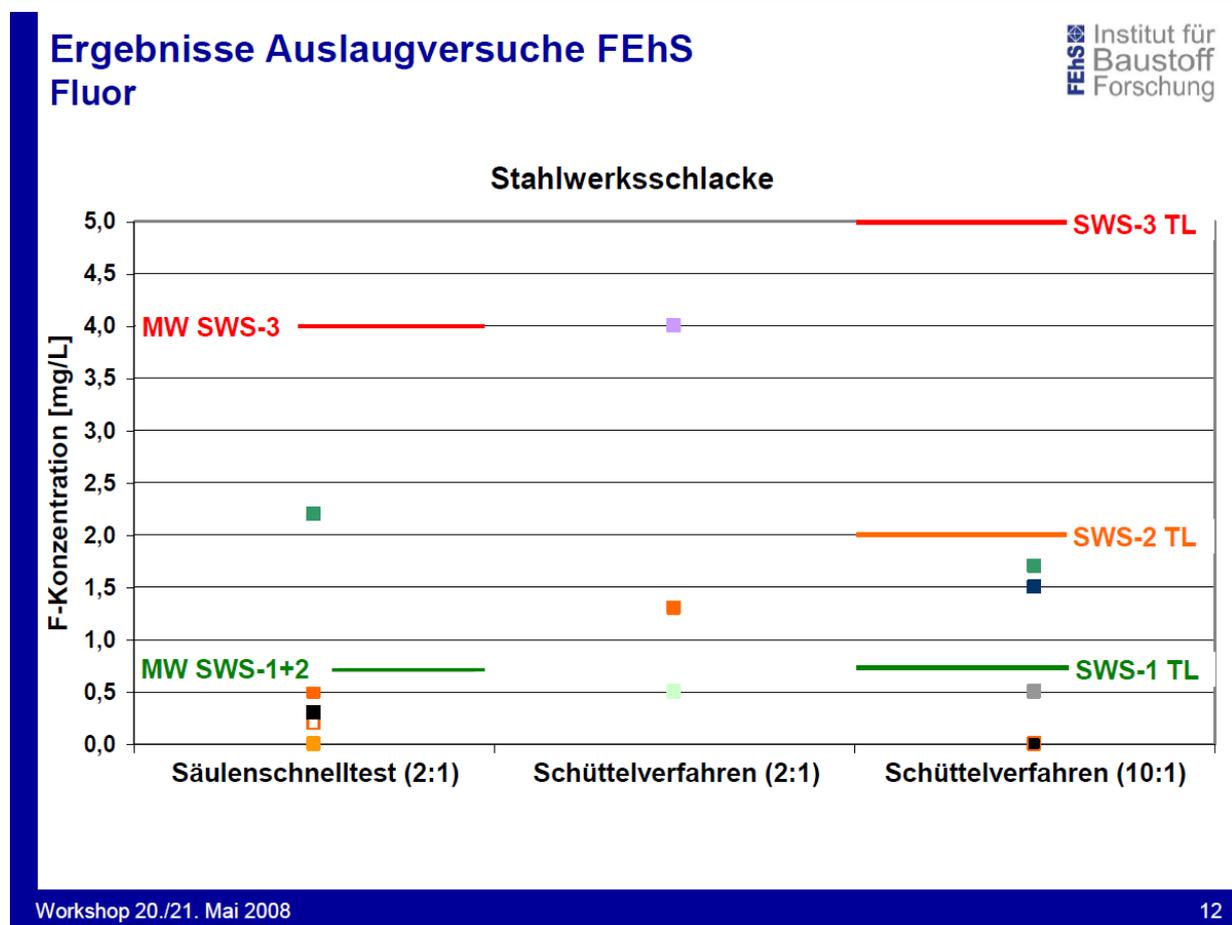
1: Wert aus eigener Abschätzung

9.2.2.2 Datengrundlagen aus BMU-Workshop „Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllungsmaßnahmen“ 20./21. Mai 2008

Im Rahmen des BMU-Workshops zur Mantelverordnung am 20./21. Mai 2008 beim Umweltbundesamt in Dessau hat das FEhS-Institut für Baustoff-Forschung e.V. (FEhS) Ergebnisse vergleichender Elutionsversuche für Stahlwerksschlacken in anonymisierter Form präsentiert. Wie nachfolgender Auszug aus den Vortragsfolien zeigt, liegen Vergleichsergebnisse für Fluorid, Molybdän und Vanadium im Säulenkurztest bis *WF 2*, im *WF 2*- und im *WF 10*-Schütteleluat vor (vgl. **Abbildung 7**).

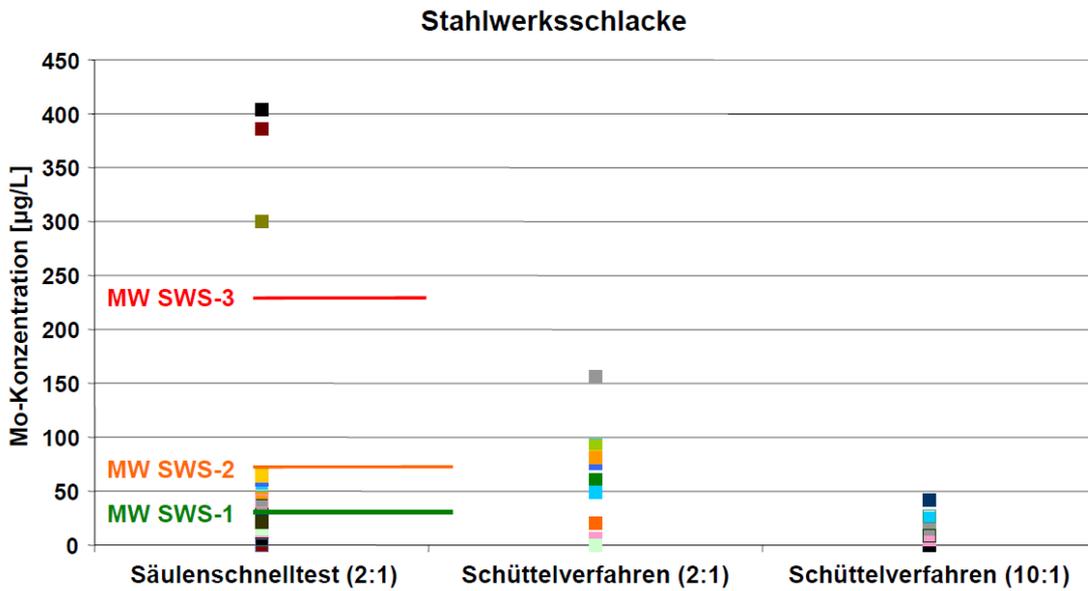
Die Graphiken zeigen qualitativ bei Fluorid eine geringe und bei Molybdän eine vergleichsweise starke Verdünnung der Konzentration mit steigendem *WF*. Für Vanadium zeichnet sich ein heterogenes Bild ab, mit geringen Verdünnungen, aber auch Konzentrationsanstiegen bei steigendem *WF*.

Abbildung 7: Vergleichsuntersuchungen des FEhS-Institutes für Baustoff-Forschung für Fluorid, Molybdän und Vanadium im Säulenkurztest bis WF 2, im WF 2- und im WF 10-Schütteltest mit verschiedenen Stahlwerksschlacken (aus öffentlich zugänglichen Vortragsunterlagen BMU-Workshop „Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllungsmaßnahmen“ 20./21. Mai 2008)



Fortsetzung Abbildung 7

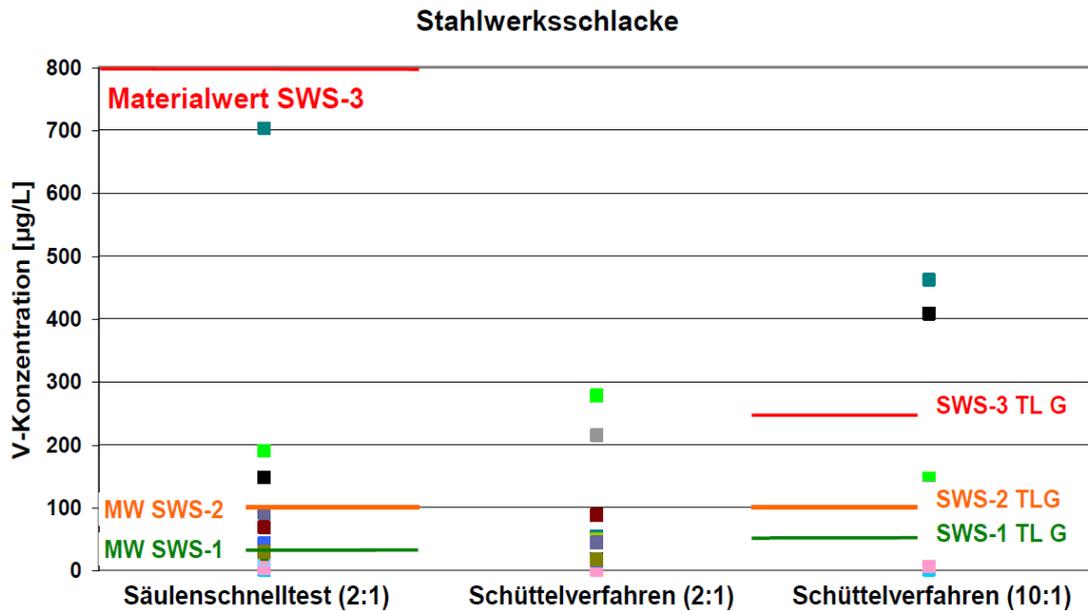
Ergebnisse Auslaugversuche FEhS Molybdän



Workshop 20./21. Mai 2008

11

Ergebnisse Auslaugversuche FEhS Vanadium



Workshop 20./21. Mai 2008

10

Vor dem Hintergrund der Ableitung von Überleitungsfaktoren in *WF 10* - basierte Zuordnungskriterien der Deponieverordnung im Rahmen des dritten Arbeitsentwurfes der MantelV vom 31.10.2012 (vorgelegt vom damaligen Umweltminister Altmaier BMU, 2012, vgl. Kapitel 9.2.2.1), hatte das Umweltbundesamt im Jahre 2008 diese Daten ausgewertet. **Tabelle 19** fasst die Ergebnisse dieser Auswertung zusammen. Leider liegen nur wenige auswertbare Datenpaare von Konzentrationen im *WF 2* - Säulenkurzeluat und im *WF 10*- Schütteleluat verglichen mit der Anzahl der untersuchten Stahlwerksschlacken vor. Dies liegt darin begründet, dass nur ca. 30 % der Proben zugleich im *WF 10*-Eluat untersucht wurden (weil der Fokus dieser Studie damals auch auf dem Vergleich der Konzentrationen im *WF 2*-Schütteleluat und *WF 2*-Säuleneluat im Rahmen der Gleichwertigkeitsprüfung der Referenzmethoden für die Mantelverordnung lag). Weiters konnten nur Datenpaare berücksichtigt werden, die in beiden Eluaten Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenzen aufweisen. Vorbehaltlich dieser Probleme wurde die statistische Verteilung der Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* bestimmt. Die Ergebnisse werden vergleichend mit den anderen Datengrundlagen in Kapitel 9.2.2.4 diskutiert.

Tabelle 19: Statistische Verteilung abgeleiteter Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* aus den Vergleichsuntersuchungen des FEhS-Institutes für Baustoff-Forschung für Fluorid, Molybdän und Vanadium im Säulenkurztest bis *WF 2*, im *WF 2*- und im *WF 10*-Schütteltest mit verschiedenen Stahlwerksschlacken (aus Vortragsunterlagen BMU-Workshop „Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllungsmaßnahmen“ 20./21. Mai 2008). Abkürzungen: Max: Maximalwert, Mittel: Mittelwert, 70. P: 70. Perzentilwert.

Parameter	Proben n	Datenpaare WF 2/WF 10 n	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei WF 10 nach WF 2					
			Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
Fluorid	20	3	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5
Molybdän	28	8	4,0	1,8	1,7	2,6	2,7	3,1
Vanadium	28	6	1,7	0,9	1,0	1,4	1,5	1,6

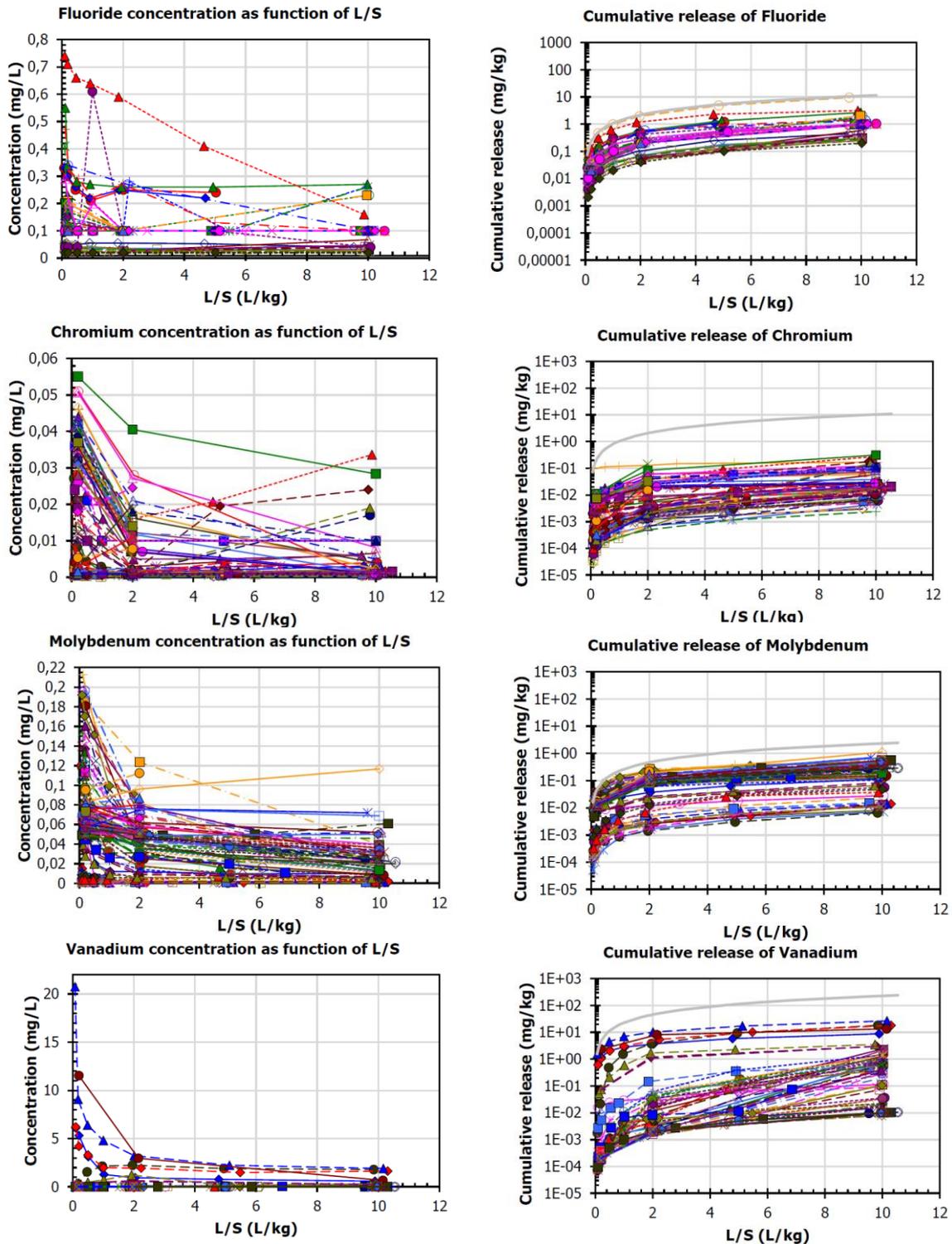
9.2.2.3 Datengrundlagen aus LeachXS

Zur weiteren Absicherung der Umrechnungsfaktoren wurde die internationale Datenbank LeachXS ausgewertet. LeachXS ist ein Datenmanagement- und Visualisierungstool und ein wesentlicher Teil des Leaching Environmental Assessment Framework (LEAF) der Vanderbilt University School of Engineering, Nashville, TN, des Energy Research Centre of the Netherlands, Petten (Hans van der Sloot), des DHI, Horsholm, Denmark und des U.S. Environmental Protection Agency (Office of Research & Development and Office of Solid Waste). LeachXS Lite ist eine vereinfachte frei verfügbare Version. Für die hiesige Fragestellung mussten allerdings weitere Elutionsdaten zu Stahlwerksschlacken implementiert und ausgewertet werden. Hierzu hat Herr Hans van der Sloot (Sloot

Consultancy, ehemals ECN), Hauptautor von LeachXS, im Rahmen eines Unterauftrages umfassende Datensätze von Säulen- und Schüttelversuchen bezüglich der Konzentrationen bei *WF 10* und *WF 2* ausgewertet und dem Gutachterbüro Dr. Susset als Excel- Worksheets und in Form von Graphiken am 27. Januar 2020 zur Verfügung gestellt. Herr van der Sloot betont, dass es sich bei allen Daten um veröffentlichte Forschungsdaten der internationalen Forschungsgemeinde handelt. **Abbildung 8** zeigt eine Visualisierung des Rohdatensatzes von Sloot Consultancy aus Leach XS. In **Abbildung 9** sind die niedrigen Konzentrationsbereiche des Rohdatensatzes visualisiert. Die graphische Auswertung der umfassenden Datensätze erlaubt folgende qualitative Aussagen:

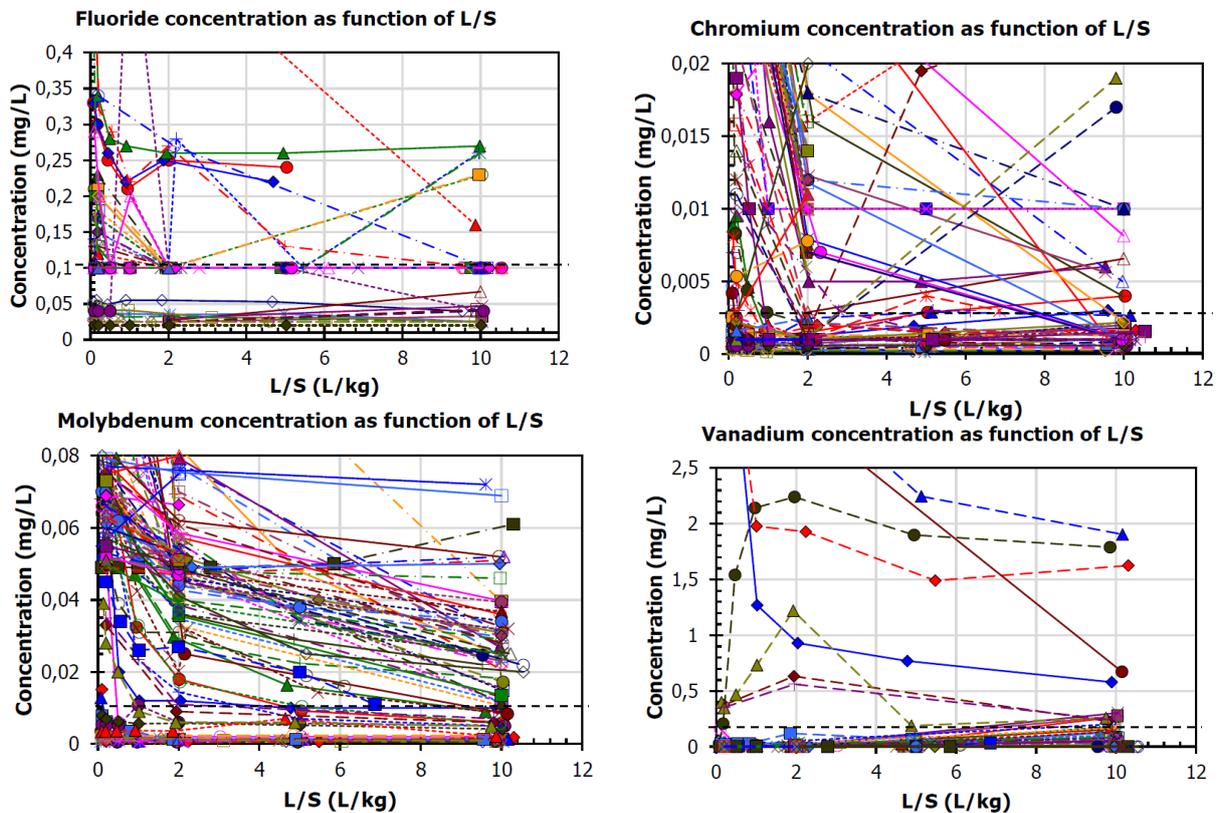
- Für alle Stoffe liegt eine große Spreizung der Konzentrationsniveaus in den Datensätzen vor: Zwischen < Bestimmungsgrenze und Maximalkonzentrationen bis 0,8 mg/l für Fluorid, Chrom (ges.) bis 60 µg/L, Molybdän bis 220 µg/l und Vanadium bis 20.000 µg/L.
- **Abbildung 9** verdeutlicht, dass sehr viele Proben sehr niedrige Konzentrationsniveaus im Bereich oder unterhalb der Bestimmungsgrenzen aufweisen.
- Insgesamt weisen die in LeachXS integrierten Stahlwerksschlacken eine vergleichsweise gute Umweltqualität auf. So liegen die Konzentrationen von Fluorid und Chrom (ges.) immer deutlich unterhalb der Materialwerte der deutschen Materialklasse SWS-1 mit 1,1 mg/l bzw. 1100 µg/l (vgl. Kapitel 6.1.1). Viele Proben überschreiten den SWS-1 Wert von Molybdän von 55 µg/L, halten aber durchweg den SWS-2 Wert von 400 µg/l ein. Nur einige Proben überschreiten den Materialwert von SWS-1 von Vanadium, wenige zeigen massive Austräge oberhalb SWS-2.
- Das Elutions- bzw. Abklingverhalten der Stoffe und damit die Verdünnung zwischen *WF 2* und *WF 10* ist stark abhängig vom Konzentrationsniveau:
 - Für Fluorid sind nur Proben mit Abstand zur Bestimmungsgrenze auswertbar und zeigen das erwartete nur geringe Abklingverhalten, welches sehr regelmäßig ist und durch die eng beieinanderliegende Kurvenschar im Doppellogplot der Stofffreisetzung verdeutlicht wird.
 - Für Chrom (ges.) und Molybdän wird ein deutliches und regelmäßiges Abklingverhalten bis in tiefere Konzentrationsbereiche gefunden.
 - Für Vanadium wird, wie für den Datensatz der FEhS im vorherigen Kapitel, ein sehr heterogenes Elutionsverhalten gefunden. Nur für höhere Konzentrationsniveaus, die aber im regelungsrelevanten Bereich liegen, zeigt sich ein deutliches Abklingverhalten. Für niedrige Konzentrationen steigt die Vanadiumkonzentration mit steigender *WF* und Elutionsdauer an. Dies wird durch die „auseinanderfallende“ Kurvenschar im Doppellogplot der Stofffreisetzung verdeutlicht. Die Konzentrationsanstiege für Vanadium sind bekannt und werden auf ein Freisetzungsmaximum (Adsorptionskante) von Vanadium im neutralen pH-Bereich zurückgeführt. Die pH-Werte im Säuleneluat von SWS beginnen meist alkalisch und gehen mit zunehmendem *WF* in den neutralen Bereich zurück, verbunden mit einer stärkeren Vanadiumfreisetzung.

Abbildung 8: Visualisierung von Rohdaten aus der internationalen Datenbank LeachXS: Elutionsverhalten der regelungsrelevanten Stoffe Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium in Säulenversuchen mit Stahlwerksschlacken aus internationalen Forschungsprojekten. Links: Konzentration bzw. rechts: kumulative Freisetzung versus *WF*. Datenbankauslesung und Visualisierung durch Slot Consultancy, bereitgestellt am 27. 01. 2021.



Created by Hans van der Sloot Consultancy, 27.01.21, LeachXS, version 3.0.36 (1/8/2021)

Abbildung 9: Visualisierung von Rohdaten aus der internationalen Datenbank LeachXS: Wie **Abbildung 8** aber mit herausgezoomten niedrigeren Konzentrationsbereichen der regelungsrelevanten Stoffe Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium in Säulenversuchen mit Stahlwerksschlacken aus internationalen Forschungsprojekten. Datenbankauslesung und Visualisierung durch Sloop Consultancy, bereitgestellt am 27. 01. 2021. Gestrichelte Linien: Abschneidekriterien (siehe Text).



Created by **Hans van der Sloot Consultancy, 27.01.21, LeachXS, version 3.0.36 (1/8/2021)**

Im Rahmen dieser Begutachtung wurden die Rohdatensätze weiterverarbeitet, um Umrechnungsfaktoren für die 4 regelungsrelevanten Stoffe der Stahlwerksschlacken zu gewinnen. Dazu mussten zunächst die aus Säulenversuchen vorliegenden kumulativen Frachten in kumulative Konzentrationen umgerechnet werden. Im nächsten Schritt wurden die Datenpaare bei *WF 10* und *WF 2* sortiert und bezüglich ihrer Geeignetheit überprüft.

Aufgrund der qualitativen Beurteilung (siehe oben) kann gefolgert werden, dass die analytischen Unsicherheiten im Bereich der Bestimmungsgrenzen groß sind. Datenpaare mit Konzentration von jeweils < Bestimmungsgrenzen würden zu einem Fehlbefund eines scheinbaren Umrechnungsfaktors von 1 führen. Datensätze mit einer insgesamt sehr geringen Freisetzung eines Stoffes, welche lediglich auf ein diffusionslimitiertes Tailing zurückzuführen ist („Grundrauschen“), führen ebenfalls zu Fehlbefunden von Umrechnungsfaktoren im Bereich von 1. Berücksichtigt wurden deshalb ausschließlich Datenpaare, die sowohl bei *WF 2* als auch bei *WF 10* Konzentrationen aufweisen, die oberhalb der Bestimmungsgrenzen liegen

und deren Elutionsverhalten sich vom diffusionslimitierten Tailing („Grundrauschen“) abhebt. Diese Abschneidekriterien sind in **Abbildung 9** als gestrichelte horizontale Linien eingezeichnet und liegen für die verschiedenen Stoffe bei:

- Fluorid: 105 µg/L
- Chrom, (ges.): 2,5 µg/L
- Molybdän: 5 µg/L
- Vanadium: 110 µg/L

Tabelle 20 fasst die Ergebnisse der statistischen Auswertung zusammen. Im Fall von Vanadium liegen nach dieser Vorauswahl leider nur wenige auswertbare Datenpaare von Konzentrationen im *WF 2* - Säulenkurzeluat und im *WF 10*- Schütteluat verglichen mit der großen Anzahl der untersuchten Stahlwerksschlacken vor. Vorbehaltlich dieser Probleme wurde die statistische Verteilung der Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* bestimmt. Die Ergebnisse werden vergleichend mit den anderen Datengrundlagen in Kapitel 9.2.2.4 diskutiert.

Tabelle 20: Statistische Verteilung abgeleiteter Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* aus Säulenversuchen mit Stahlwerksschlacken internationaler Forschungsprojekte auf der Grundlage der internationalen Datenbank LeachXS. Datenbankauslesung durch Sloop Consultancy, bereitgestellt am 27. 01. 2021. Abkürzungen: Max: Maximalwert, Mittel: Mittelwert, 70. P: 70. Perzentilwert.

Parameter	Proben n	Datenpaare <i>WF 2/WF 10</i> n	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei <i>WF 10</i> nach <i>WF 2</i>					
			Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
Fluorid	75	29	2,3	1,1	1,0	1,1	1,1	1,9
Chrom (ges.)	84	25	4,2	2,7	2,8	3,4	3,5	3,8
Molybdän	82	63	2,9	1,8	1,7	2,2	2,4	2,6
Vanadium	83	8	2,8	1,9	2,0	2,0	2,3	2,6

9.2.2.4 Vergleich aller Datengrundlagen und finale Ableitung von Umrechnungsfaktoren

Tabelle 21 vergleicht alle Ergebnisse der statistischen Auswertung zur endgültigen Festlegung von Umrechnungsfaktoren für die weitere Verwendung im Rahmen dieser Begutachtung. Für die Werte aus der EU-Ratsentscheidung und aus der MAPAG-Studie können keine statistischen Verteilungen angegeben werden. Bei den Werten aus dem MAPAG-Gutachten (vergleiche Kapitel 9.2.1) ist zu beachten, dass nur Wertepaare bis *WF* ca. 4 vorliegen. Es werden die Mittelwerte aus drei Messungen aufgeführt. Die niedrigen Werte für Vanadium aus der MAPAG-Studie gelten nur für den dort gefundenen sehr niedrigen Konzentrationsbereich. Es kann insgesamt festgestellt werden, dass die 90. Perzentilwerte der neuen Datengrundlagen die Umrechnungsfaktoren aus der EU-Ratsentscheidung für Fluorid,

Molybdän und Vanadium sehr gut bestätigen. Der Umrechnungsfaktor für Chrom (ges.), der nur aus der Analyse der LeachXS-Datenbank vorliegt, überschreitet den Wert aus der EU-Ratsentscheidung deutlich.

Tabelle 21: Vergleich der Umrechnungsfaktoren von Eluatkonzentrationen bei WF 10 nach WF 2 aus den verschiedenen Datengrundlagen. Statistische Auswertungen sind nur für den Datensatz der FEhS und LeachXS möglich. Bei den MAPAG-Daten handelt es sich um Mittelwerte aus drei Messungen bis zu WF von ca. 4).

Fluorid Quelle	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei WF 10 nach WF 2					
	Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
LeachXS	2,3	1,1	1,0	1,1	1,1	1,9
FEhS	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5
EU- Ratsentscheidung	2,0					
MAPAG (Mittelwert)	-					
Chrom (ges.) Quelle	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei WF 10 nach WF 2					
	Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
LeachXS	4,2	2,7	2,8	3,4	3,5	3,8
FEhS	-	-	-	-	-	-
EU- Ratsentscheidung	1,8					
MAPAG (Mittelwert)	-					
Molybdän Quelle	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei WF 10 nach WF 2					
	Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
LeachXS	2,9	1,8	1,7	2,2	2,4	2,6
FEhS	4,0	1,8	1,7	2,6	2,7	3,1
EU- Ratsentscheidung	2,5					
MAPAG (Mittelwert)	2,5					
Vanadium Quelle	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei WF 10 nach WF 2					
	Max [-]	Mittel [-]	Median [-]	70. P [-]	80. P [-]	90. P [-]
LeachXS	2,8	1,9	2,0	2,0	2,3	2,6
FEhS	1,7	0,9	1,0	1,4	1,5	1,6
EU- Ratsentscheidung	2,5					
MAPAG (Mittelwert)	0,9					

Für die endgültige Festlegung der Umrechnungsfaktoren wird wie folgt vorgegangen:

- i. Sichere, konservative Abschätzung, „Worst-Case“-Analyse: Im Sinne der Vorgehensweise des UBA-Grenzwertableitungskonzeptes wird auf der sicheren Seite mit dem 90. Perzentilwert der Umrechnungsfaktoren weiter beurteilt. Dieser Ansatz wurde im UBA-Grenzwertableitungskonzept auch bei der Ableitung von Bodenparametern und bei der Feststellung einer Bewertungsrelevanz von Stoffen in Eluaten von mineralischen Ersatzbaustoffen angewendet (vgl. Kapitel 8.5.4.1.3.2). Weiters wird für diesen „Worst-Case“-Ansatz vorgeschlagen, sich an den jeweils höchsten Umrechnungsfaktoren aus den verschiedenen Datengrundlagen zu orientieren. Es resultieren folgende Umrechnungsfaktoren:
 - Fluorid: 2,0 (LeachXS/EU-Ratsentscheidung)
 - Chrom (ges.): 3,8 (LeachXS)
 - Molybdän: 3,1 (FEhS)
 - Vanadium: 2,6 (LeachXS/EU-Ratsentscheidung)
- ii. Weniger sichere Abschätzung, „Best-Case“-Analyse: Der „Best-Case“-Ansatz orientiert sich jeweils an den höchsten Mittelwerten der Umrechnungsfaktoren aus den verschiedenen Datengrundlagen. Es resultieren folgende Umrechnungsfaktoren:
 - Fluorid: 1,4 (FEhS)
 - Chrom (ges.): 2,7 (LeachXS)
 - Molybdän: 1,8 (LeachXS)
 - Vanadium: 1,9 (LeachXS)

Fluorid, Molybdän und Vanadium liegen hier auch gegenüber der EU-Ratsentscheidung nicht auf der sicheren Seite. Im Fall von Chrom (ges.) liegt man darüber.

Tabelle 22 fasst diese Festlegungen der Umrechnungsfaktoren zusammen.

Tabelle 22: Festlegung von Umrechnungsfaktoren von *WF 10* nach *WF 2* für eine sichere konservative Abschätzung im Sinne eines „Worst-Case“-Ansatzes und für eine weniger sichere Abschätzung im Sinne eines „Best-Case“-Ansatzes.

Parameter	Umrechnungsfaktoren von Eluat-Konzentration bei <i>WF 10</i> nach <i>WF 2</i>			
	Fluorid	Chrom (ges.)	Molybdän	Vanadium
Sichere Abschätzung „Worst-Case“- Ansatz	2,0	3,8	3,1	2,6
Weniger sichere Abschätzung „Best- Case“- Ansatz	1,4	2,7	1,8	1,9

9.2.3 Zuordnung der EOS in Österreich zu Materialklassen nach ErsatzbaustoffV in Deutschland

Einschätzung der Materialqualitäten von EOS der Marienhütte in WF 2-Eluaten:

Für die Zuordnung werden zunächst die Konzentrationen in WF 10-Schütteleluaten aus der langjährigen Güteüberwachung (vgl. die aus den Frachten berechneten Konzentrationswerte in **Tabelle 13** in Kapitel 9.1.2) in WF 2 Konzentrationen umgerechnet. Dabei werden die langjährigen Mittelwerte und die langjährigen Maximalwerte aus der Güteüberwachung und die Umrechnungsfaktoren von WF 10 zu WF 2 aus **Tabelle 22** für den Fall einer sicheren, konservativen Abschätzung und einer weniger sicheren Abschätzung berücksichtigt. **Tabelle 23** zeigt die berechneten Konzentrationen im WF 2-Eluat aus den Mittel- und Maximalwerten der langjährigen Güteüberwachung für die beiden Fallgestaltungen.

Tabelle 23: Berechnete Eluatwerte bei WF 2 aus Untersuchungen von EOS im WF 10-Schütteleluat im Rahmen der langjährigen Güteüberwachung im Zeitraum September 2008 – Juli 2012 (Angaben in [µg/L], bei Fluorid in [mg/L]). Herangezogen wurden die Mittel- und Maximalwerte und die im Rahmen dieses Gutachtens abgeleiteten Umrechnungsfaktoren aus **Tabelle 22** für die Fälle einer sicheren konservativen Abschätzung im Sinne eines „Worst-Case“ – Ansatzes und einer weniger sicheren Abschätzung im Sinne eines „Best-Case“ - Ansatzes.

Parameter	Langjährige Güteüberwachung		sichere konservative Abschätzung „Worst-Case“		weniger sichere Abschätzung „Best-Case“	
	MAPAG WF 10 Mittel 2008 – 2012	MAPAG WF 10 Max 2008 – 2012	berechneter Mittel 2008 – 2012 bei WF 2	berechneter Max 2008 – 2012 bei WF 2	berechneter Mittel 2008 – 2012 bei WF 2	berechneter Max 2008 – 2012 bei WF 2
Fluorid	0,6	2,8	1,2	5,6	0,8	3,9
Chrom ges.	10	19	38	72	27	51
Molybdän	31	86	96	267	56	155
Vanadium	66	164	172	426	125	312

Zuordnung der Materialqualitäten von EOS der Marienhütte zu Materialklassen der Ersatzbaustoffverordnung:

Der Vergleich der abgeleiteten WF 2-Eluatwerte für die langjährigen Mittelwerte, also eher günstigen Qualitäten, und langjährige Maximalwerte, also eher ungünstige Qualitäten, aus der Güteüberwachung von EOS der Marienhütte mit den Materialklassen für Stahlwerksschlacken nach der Ersatzbaustoffverordnung in **Tabelle 24** zeigt, dass selbst für die günstigeren Qualitäten und bei einer weniger konservativen und weniger sicheren Schätzung aufgrund der Überschreitung der Molybdänwerte die Klasse SWS-1 nur knapp erreicht wird. Ungünstigere Qualitäten würden für diese weniger sichere Schätzung aufgrund der Freisetzung von Fluorid,

Molybdän und Vanadium der Materialklasse SWS-2 zugeordnet. Im Falle einer sicheren und konservativen Schätzung der zu erwartenden *WF* 2-Werte wäre die Materialklasse SWS-1 auch für die günstigen Qualitäten wegen Molybdän und Fluorid nicht erreichbar, es resultiert immer eine Zuordnung zu SWS-2. Ungünstige Qualitäten würden bei dieser konservativen Schätzung die Fluoridwerte deutlich überschreiten und müssten deponiert werden. **In der Konsequenz kann mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass EOS der Marienhütte nach der Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland regelmäßig aufgrund der Fluorid-, Molybdän- und Vanadiumfreisetzungen als SWS-2 eingestuft würde.**

Chrom (ges.) spielt nach verfügbarer Datengrundlage dagegen keine Rolle. Die Konzentrationen überschreiten aber den für die umweltoffene Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen im hydrogeologisch ungünstigen Fall einzuhaltenden medienschutzbasierten Einbauwert von 15 µg/L (vgl. **Tabelle 8** in Kapitel 8.6) nach dem deutschen Grenzwertableitungskonzept.

Tabelle 24: Zuordnung der Materialqualitäten von EOS der Marienhütte zu Materialklassen der Ersatzbaustoffverordnung in Deutschland durch Vergleich der berechneten Eluatwerte bei *WF* 2 mit den abschließenden Materialwerten und Materialklassifizierungen von SWS in der Ersatzbaustoffverordnung in Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021. Berücksichtigung der langjährigen Mittelwerte (günstige Qualität) und langjährigen Maximalwerte (ungünstige Qualität) aus der langjährigen Güteüberwachung und die Umrechnungsfaktoren von *WF* 10 zu *WF* 2 für den Fall einer sicheren konservativen Abschätzung im Sinne eines „Worst-Case“ – Ansatzes) und einer weniger sicheren Abschätzung im Sinne eines „Best-Case“ – Ansatzes. Überschreitungen von SWS-1: orangene Schrift und fett, Überschreitungen von SWS-2: rote Schrift und fett .

Parameter	Dimension	SWS-1	SWS-2	sicher/konservativ		weniger sicher	
				günstige Qualität	ungünstige Qualität	günstige Qualität	ungünstige Qualität
Fluorid	[mg/L]	1,1	4,7	1,2	5,6	0,8	3,9
Chrom ges.	[µg/L]	110	190	38	72	27	51
Molybdän	[µg/L]	55	400	96	267	56	155
Vanadium	[µg/L]	180	450	172	426	125	312
Materialklasse				SWS-2	Deponie	SWS-1/2	SWS-2

Sicherlich fallen im Produktionsprozess auch Teilchargen an, die eine bessere Qualität aufweisen, als diese durch die Mittelwerte der Güteüberwachung repräsentiert sind. Wie in Deutschland vielfach diskutiert, macht aber eine Festlegung von günstigeren Materialklassen für Teilchargen keinen Sinn, weil nach Aussagen der Industriebranchenvertreter eine regelmäßige Produktion bestimmter Teilchargen in bestimmter Umweltqualität rein produktionstechnisch kaum möglich ist. Deshalb wurden im Rahmen der Folgeabschätzung für die Mantelverordnung wie zum Beispiel für die Stahlwerksschlacken bei der gewichteten Mittelung der Tonnagen der Herkunft günstigerer Teilchargen der höheren Materialklasse zugeordnet (vgl. Bleher et al., 2017, UBA Texte 104/2017).

10 Umweltbewertung von EOS - zulässige Einsatzweisen der EOS der Marienhütte bei Anwendung der deutschen Bewertungsmaßstäbe sowie zu erwartende Auswirkungen bei freier Verwendung der EOS (AP-7)

10.1 Zulässige Einbaumöglichkeiten von EOS in Deutschland nach dem aus dem deutschen Boden- und Grundwasser abgeleiteten medienschutzbasierten Einbaukonzept

Die nach dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzept zulässigen Einbauweisen werden auf der Grundlage der in Kapitel 8.6 und 8.7 erläuterten Systematik abgeleitet und resultieren in Einbautabellen nach Anhang 2 der EBV. Die Einbautabellen sind in Kapitel 6.3.1.2 aufgeführt. Die nach dem medienschutzbasierten Einbaukonzept zulässigen Einbauweisen sind in Susset et al. (2018, UBA Text 26/2018 dortiges Kapitel 4.4.15.3) im Detail erläutert. Die wesentlichen Erkenntnisse sind: Es existieren nach den verfügbaren umfassenden Datengrundlagen in Deutschland keine Qualitäten von Stahlwerksschlacken, die die Anforderungen an die umweltoffene Verwertung in allen Einbauweisen auch für den hydrogeologisch ungünstigen Fall eines geringen Grundwasserabstandes einhalten. Hierfür müssten die GFS bzw. BM mal Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 aus **Tabelle 8**, dortige Zeilen 13 bis 16 in Spalte „ungünstig“ eingehalten werden. Für SWS-1 ergeben sich zulässige offene oder teildurchströmte Einbauweisen über Sand mit hohen Anforderungen an den Medienschutz. Für SWS-2 ergeben sich klar definierte und eingeschränkte Einbaumöglichkeiten.

10.2 Zulässige Einbaumöglichkeiten von EOS der Marienhütte nach dem aus dem deutschen Boden- und Grundwasser abgeleiteten medienschutzbasierten Einbaukonzept

In **Tabelle 25** sind die für die hier abgeschätzten Qualitäten der EOS der Marienhütte zu erwartenden und nach dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzept zulässigen Einbaumöglichkeiten grün markiert. Nicht zulässige Bauweisen sind rot markiert. **Es kann festgestellt werden, dass EOS auf Basis der öffentlich verfügbaren Datengrundlage, der Umrechnung und Zuordnung zu den Materialklassen nach EBV auf der Grundlage des WF 2-Eluates und aufgrund der medienschutzbasierten Modellierung nach dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik und den nun gesetzlich verankerten Bewertungsmaßstäben in Deutschland nach dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzept aufgrund des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials ausschließlich in den geschlossenen Einbauweisen EBV-Nr. 1 bis 6, den teildurchströmten Einbauweisen 7 bis 8 und in Einbauweisen mit technischen Sicherungsmaßnahmen (MTSE) zulässig wären.**

Tabelle 25: Zulässige Einbauweisen von EOS in Österreich nach öffentlich verfügbarer Datengrundlagen auf der Grundlage des deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzeptes und der Ersatzbaustoffverordnung in Artikel 1 der MantelV im BGBl vom 16. Juli 2021. Zulässige Bauweisen sind grün hinterlegt. Unzulässige Einbauweisen sind rot hinterlegt.

Tabelle 17: Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)

Stahlwerksschlacke der Klasse 2 (SWS-2)									
Einbauweise		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht							
		außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen				
		ungünstig	günstig		günstig				
			Sand	Lehm/Schluff /Ton	WSG III A		WSG III B		Wasservor-ranggebiete
HSG III		HSG IV			Sand	Lehm/Schluff /Ton			
1	2	3	Sand	Lehm/Schluff /Ton			Sand	Lehm/Schluff /Ton	Sand
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	-	+	+	+
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Frostschuttschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	+1)	+	+	+1)	+	+1)	+	+
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A-D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	-	-	+	+	+
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen ⁸⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
12	Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾⁹⁾	-	+	+	-	-	+	+	+
13	ToB, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel ⁸⁾	-	-	+2)	-	-	-	-	+2)
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen ⁸⁾	-	+3)	+2)	-	+3)	-	+3)	+2) 3)
15	Bauweisen 13 unter Pflaster ⁸⁾	-	+4)	+2)	-	+4)	-	+4)	+2) 4)
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE ⁸⁾	-	+5)	+6)	-	+5)	-	+5)	+5)
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht ⁸⁾	-	+7)	+7)	-	+7)	-	+7)	+7)

1) Zulässig, wenn Vanadium ≤ 230 µg/l und Chrom, ges. ≤ 110 µg/l.

2) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

3) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 90 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

4) Zulässig, wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 180 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

5) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 320 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

6) Zulässig wenn „K“ und Molybdän ≤ 220 µg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

7) Zulässig wenn „M“ Molybdän ≤ 90 µg/l, Vanadium ≤ 200 µg/l und Fluorid ≤ 1,9 mg/l oder wenn Molybdän ≤ 55 µg/l, Vanadium ≤ 120 µg/l und Fluorid ≤ 1,1 mg/l.

8) Nicht zugelassen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten oder Park- und Freizeitanlagen, es gelten die Begriffsbestimmungen gem. Artikel 2 Abschnitt 1 § 2 Nr. 18, 19, 20 (BBodSchV).

9) Zugelassen, wenn das zum Einbau vorgesehene Korngrößengemisch bei Einstufung nach dem CBR-Wert der Klasse CBR 50/25 nach DIN EN 14227-2, Ausgabe August 2013, entspricht.

Eine Ausnahme sind die Bauweisen 11 bis 12, die aufgrund der Dünnschichtigkeit, abweichend vom UBA-Fachkonzept, teilweise positiv beurteilt werden. Allerdings wurden zu diesen

Einbauweisen durch den Bundesrat mit Fußnoten 8 und 9 weitere Nutzungseinschränkungen eingeführt. Es gelten Nutzungsbeschränkungen in Form von Einbauverböten auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten sowie in Park- und Freizeitanlagen im teiloffenen oder offenen Einbau als Bettungssand unter Pflaster oder Plattenbelägen und als Deckschicht ohne Bindemittel oder bei Einbauweisen, bei denen mit häufigen Aufbrüchen zu rechnen ist (bspw. Leitungsräben). SWS-2 ist demnach auch außerhalb der vorgenannten Gebiete mit Nutzungsbeschränkungen als Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen nur dann zulässig, wenn das vorgesehene Korngrößengemisch einen bestimmten CSB-Wert (Klasse CSB 50/25) einhält (vgl. Kapitel 13.2.3.1).

Selbst die günstigsten Qualitäten der EOS nach der „Best-Case“-Schätzung würden aufgrund der zu erwartenden erhöhten Molybdänfreisetzungen und nachgeordnet Fluorid mit hoher Wahrscheinlichkeit die Fußnotenregelungen 2 und 3 (Bedingung: Fluorid $\leq 1,1$ mg/L und Molybdän ≤ 55 $\mu\text{g/L}$) zur positiven Regelung der Zulässigkeit von SWS-2 in weiteren wasserdurchlässigen Bauweisen im günstigen Fall Sand und Lehm/Schluff/Ton nicht erreichen.

10.3 Zu erwartende Umweltwirkungen (Boden/Grundwasser) bei umweltoffenem Einsatz von EOS der Marienhütte

Wie in Kapitel 13.3.2 eingehend erläutert, muss für den Einbau im ungünstigen Fall eines Grundwasserabstandes von weniger als 1,5 Meter ein MEB in einer Bauweise mit offenen Wasserzutritt und ohne Verdünnungseffekte im WF 2-Eluat stets die GFS mal Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 einhalten. Für den günstigen Fall eines ausreichenden Grundwasserabstandes und einer Unterlagerung mit mindestens 1 Meter Sand oder Lehm/Schluff/Ton resultieren die in **Tabelle 8** in Kapitel 8.6 genannten medienenschutzbasierten Einbauwerte. Die bezüglich des Umweltmedienschutzes empfindlichste Bauweise mit den höchsten Sickerwasserraten und ohne Verdünnung ist die Bauweise EBV-Nr. 13 (vgl. **Tabelle 7**) in Kapitel 8.5.7.

Im Nachfolgenden wird mit dem Modell BEMEB (vgl. Kapitel 13.3.2) der Konzentrationsdurchbruch und die Anreicherung im Boden für die oben abgeleiteten Materialqualitäten von EOS der Marienhütte von Fluorid, Chrom (ges.), Molybdän und Vanadium modelliert.

10.3.1 Modellierung mit BEMEB

Bewertung des Einsatzes von EOS im ungünstigen Fall eines Grundwasserabstandes von weniger als 1,5 Meter nach dem Deutschen medienschutzbasierten Fachkonzept:

Hierbei geht es um die Umweltwirkungen von EOS, wenn diese entgegen der Regelungen in **Tabelle 25** in den offenen Bauweisen im ungünstigen Fall eingesetzt werden (rote Markierungen in Zeilen 13 bis 17 Spalte ungünstig).

Eine Modellierung für den ungünstigen Fall, also einen Grundwasserabstand von weniger als 1,5 Meter, ist nicht erforderlich. Hier gilt: Keine Stahlwerksschlacke in Deutschland und EOS in Österreich hält nach den verfügbaren Datengrundlagen die Anforderungen aus dem Medienschutz ein. Werden diese MEB dennoch verwendet, ist nach dem deutschen medienschutzbasierten Fachkonzept aus dem vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz mit einer schädliche Boden- und Grundwasserveränderung durch die Verwertungsmaßnahme zu rechnen, was nach dem deutschen Wasserhaushaltsgesetz verboten ist.

Bewertung des Einsatzes von EOS im günstigen Fall Sand, bei einem Grundwasserabstand von mehr als 1,5 Meter, in umweltoffenen Einbauweisen nach dem Deutschen medienschutzbasierten Fachkonzept:

Hierbei geht es um die Umweltwirkungen von EOS, wenn diese Entgegen der Regelungen in **Tabelle 25** in den offenen Bauweisen im günstigen Fall eingesetzt werden (rote Markierungen in Zeilen 13 bis 17, Spalten günstig Sand, günstig Lehm/Schluff/Ton).

Eine Modellierung für Fluorid und Chrom (ges.) ist nicht erforderlich. Da für Fluorid weder das Abklingverhalten noch die Rückhaltung in Rechnung gestellt werden kann, limitiert hier, unabhängig von den Einbaukonfigurationen (ungünstig, günstig Sand, günstig Lehm/Schluff/Ton), immer direkt der Geringfügigkeitsschwellenwert multipliziert mit dem Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 (vgl. Kapitel 8.5.5.). Die Freisetzungen von Chrom (ges.) der EOS der Marienhütte sind nach verfügbarer Datengrundlage vergleichsweise gering und halten immer die medienschutzbasierten Einbauwerte der empfindlichsten Einbauweisen für den günstigen Fall Sand ein (**Tabelle 8**, dortige Zeilen 13 in Spalte „günstig Sand“ ME = 151 µg/L).

Wie das nachfolgende BEMEB-Modellierungsprotokoll für die Umweltbewertung Molybdän in **Abbildung 10** zeigt, resultiert für die empfindlichste Einbauweise Nr. 13 über Sand eine maximal zulässige Quellstärke in Höhe der Geringfügigkeitsschwelle von Molybdän mit 35 µg/L aufgrund des Anreicherungskriteriums. Wie Seite 2 des Modellprotokolls zeigt, wäre nach dem Durchbruchkriterium eine maximale Quellstärke von 66,7 µg/L zulässig (der Durchbruch von Konzentrationen in Höhe von 35 µg/L mal 1,5 findet erst nach 200 Jahren

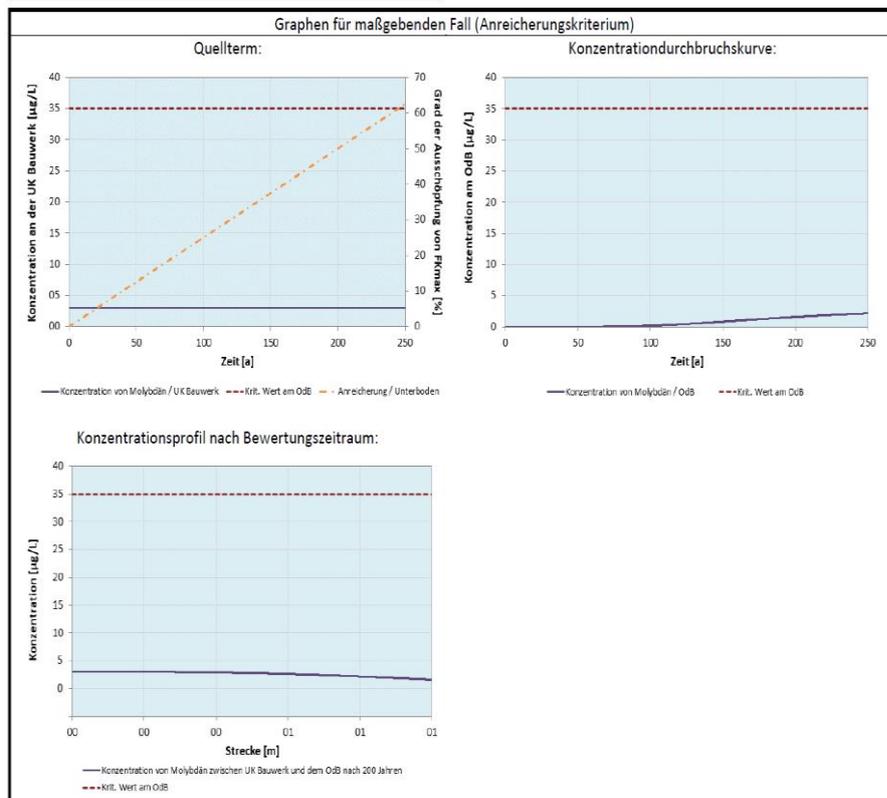
statt). Das Anreicherungskriterium limitiert hier den medienschutzbasierten Einbauwert von GFS mal 1,5 = 55 µg/L. Jede höhere Konzentration als 55 µg/L führt zu einer nach deutschem Bodenschutzvorsorgekonzept unzulässigen Stoffanreicherung im Boden, weil die Filterkapazität des Bodens gemittelt über einen Meter um mehr als 50 % ausgeschöpft wird. Jede höhere Konzentration als 66,7 µg/L führt zu einer unzulässigen Überschreitung der GFS von Molybdän am Ort der Beurteilung in einem Zeitraum < 200 Jahren nach dem deutschen Grundwasserschutzvorsorgekonzept.

Abbildung 10: BEMEB-Modellierungsprotokoll zum Durchbruch und Anreicherung von Molybdän bei der empfindlichsten Einbauweise 13 über Sand zur Bestimmung der maximal zulässigen Quellstärkekonzentration nach deutschem Bodenschutz- und Grundwasserschutzvorsorgekonzept.

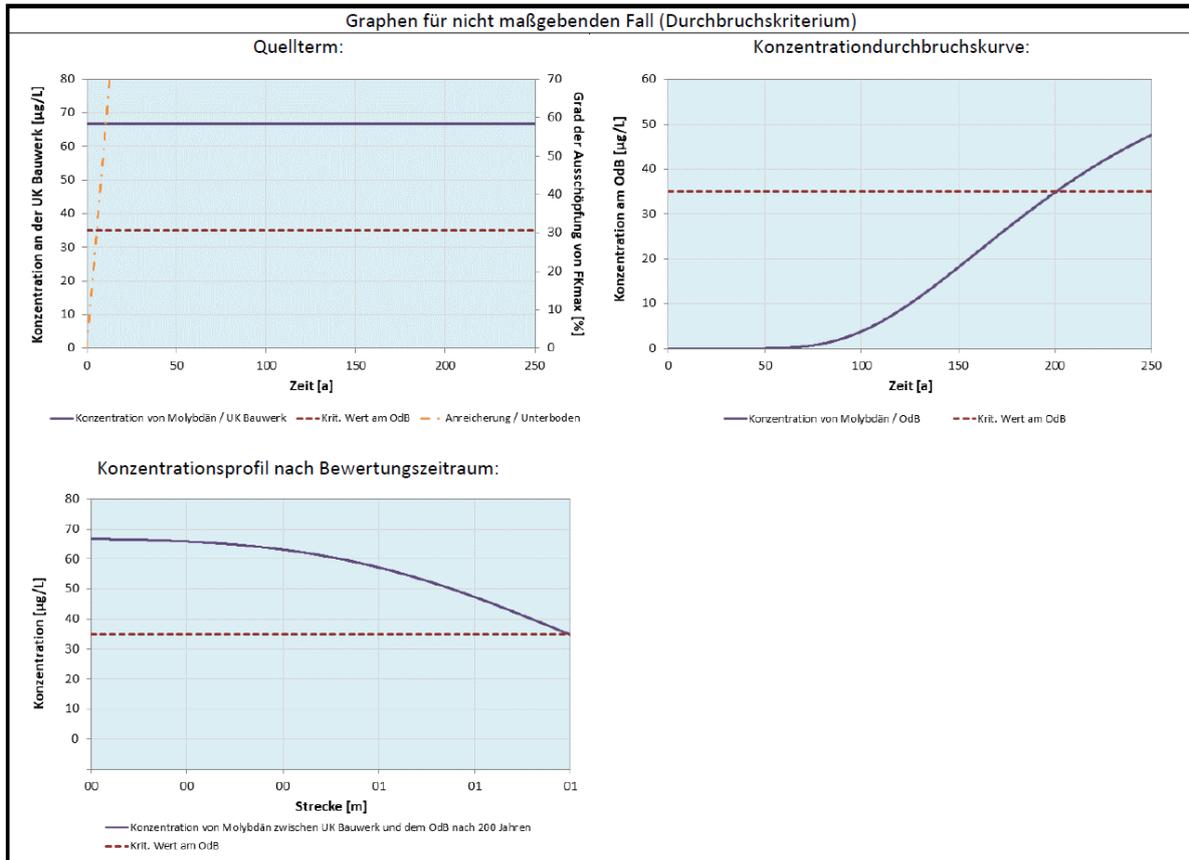
Ergebnis der individuellen Bewertung		BEMEB-Tool - Entwickelt an der Universität Tübingen im Auftrag von und finanziell unterstützt durch das Umweltbundesamt 
Projekt: BEMEB-Testsessions	Erstellt am:	
Name des Bearbeiters: Bernd Susset	21.09.2020, 19:18:39	

Bewertetes Szenario	
Ersatzbaustoffklasse:	SWS - 2
Stoffkomponente(n):	Molybdän
Einbauweise:	13a
ToB und Bodenverbesserung, Bodenverfestigung unter Deckschicht ohne Bindemittel	
Bodentyp:	Sand
Eigenschaften des Quellterms	
Infiltrationsrate:	583 mm a ⁻¹
Mittl. Sickerwasserrate / Bauwerk-UK:	583 mm a ⁻¹
Schichtdicke:	50 cm
Quellterm-Szenario:	Unendliche Quelle - konstante Konzentration
Eigenschaften des Transportterms	
Porosität des Bodens:	0.17
Lagerungsdichte:	1.42 kg L ⁻¹
Abbauratenkonstante:	0.00 a ⁻¹
Distanz zum O.d.B.:	1 m
Dispersivität:	10 %-Dist.
Bewertungszeitraum:	200 a
Ausschöpfungsgrad der Feldkapazität:	50 %

Maximal zulässige Quelltermkonzentration der gewählten Stoffkomponente:	
Akkumulationskriterium:	35.0(3.0) µg L ⁻¹
Durchbruchskriterium:	66.7 µg L ⁻¹
Maßgebender Wert:	35.0 µg L ⁻¹
Medienschutzbasierter Einbauwert (ME) der gewählten Stoffkomponente:	
Verdünnungsfaktor	1.0
Verhältnismäßigkeitsfaktor	1.5
ME für ...	
... ungünstige Verhältnisse:	52.5 µg L ⁻¹
... günstige Verhältnisse:	52.5 µg L ⁻¹
Einbaumöglichkeiten des gewählten MEB bezgl. der gewählten Stoffkomponente:	
Materialwert:	55.0
ungünstige Verhältnisse	Einbau nicht möglich
günstige Verhältnisse	Einbau nicht möglich
Kommentare:	

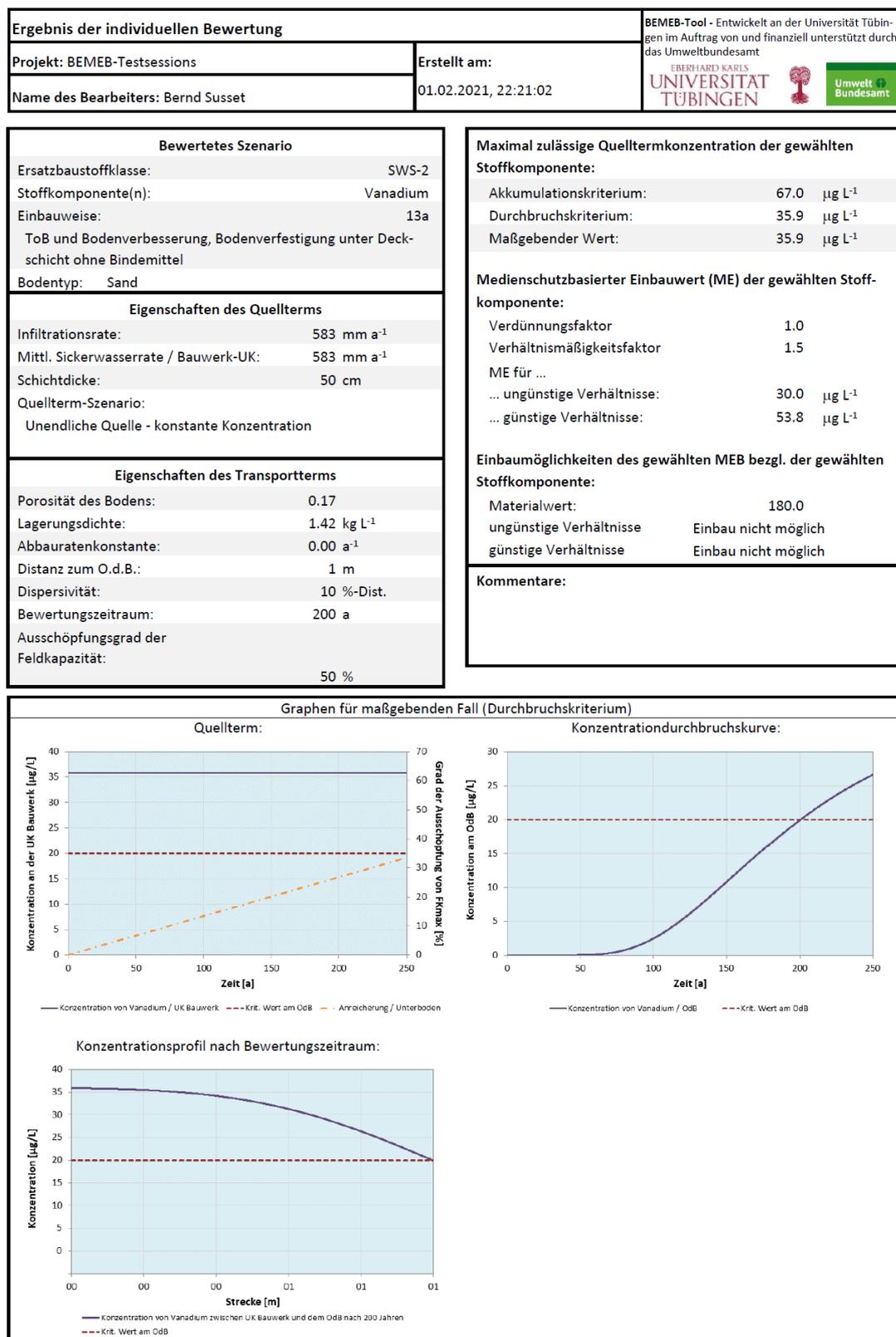


Fortsetzung Abbildung 13

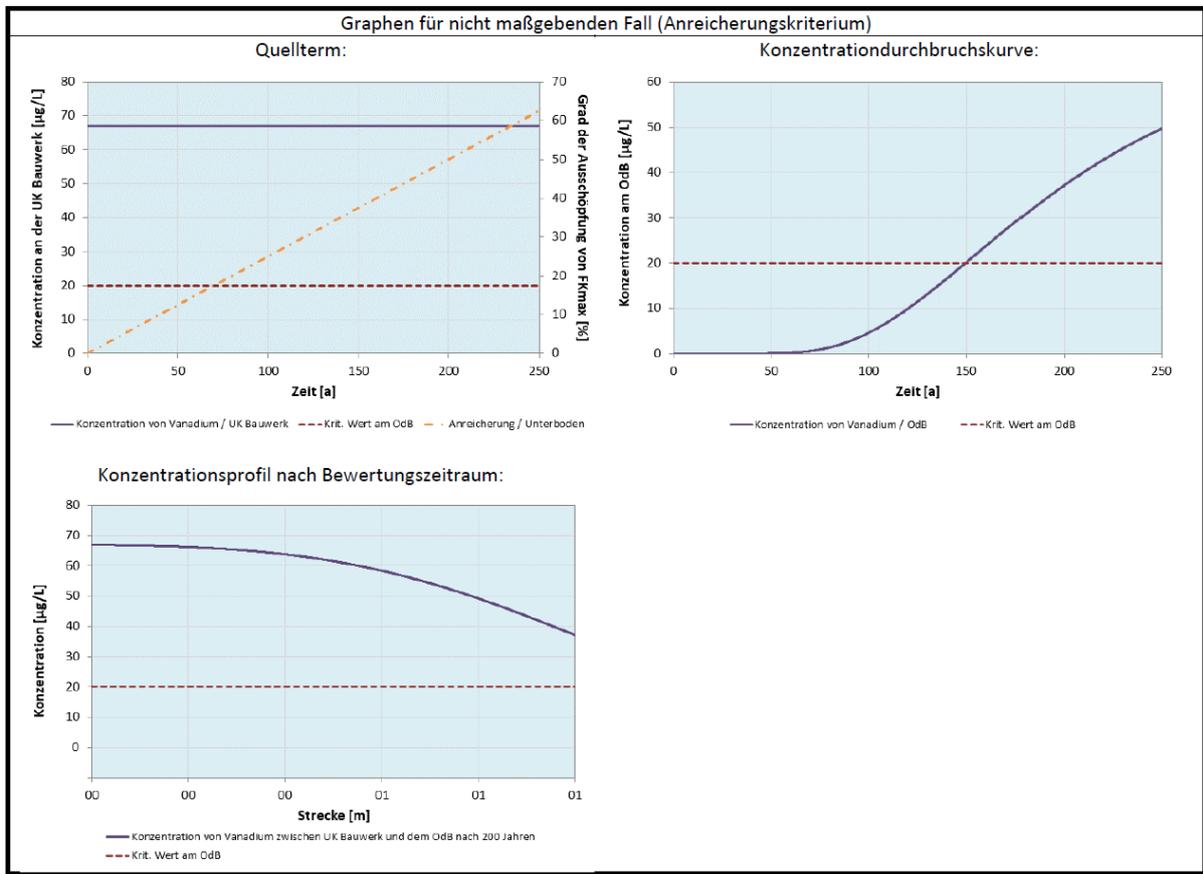


Wie das nachfolgende BEMEB-Modellierungsprotokoll für die Umweltbewertung von Vanadium in **Abbildung 11** zeigt, resultiert für die empfindlichste Einbauweise Nr. 13 über Sand eine maximal zulässige Quellstärke von Vanadium in Höhe von 53,8 $\mu\text{g/L}$ aufgrund des Durchbruchskriteriums. Wie Seite 2 des Modellprotokolls zeigt, wäre nach dem Anreicherungskriterium eine maximale Quellstärke von 67 $\mu\text{g/L}$ multipliziert mit dem Faktor 1,5 zulässig. Der kleinere Wert aus dem Durchbruchskriterium limitiert. Jede höhere Konzentration als 53,8 $\mu\text{g/L}$ führt zu einer nach deutschem Grundwasserschutzvorsorgekonzept unzulässigen Überschreitung der GFS von Vanadium am Ort der Beurteilung in einem Zeitraum < 200 Jahren und wäre demnach nicht akzeptabel.

Abbildung 11: BEMEB-Modellierungsprotokoll zum Durchbruch und Anreicherung von Vanadium bei der empfindlichsten Einbauweise 13 über Sand zur Bestimmung der maximal zulässigen Quellstärkekonzentration nach deutschem Bodenschutz- und Grundwasserschutzvorsorgekonzept.



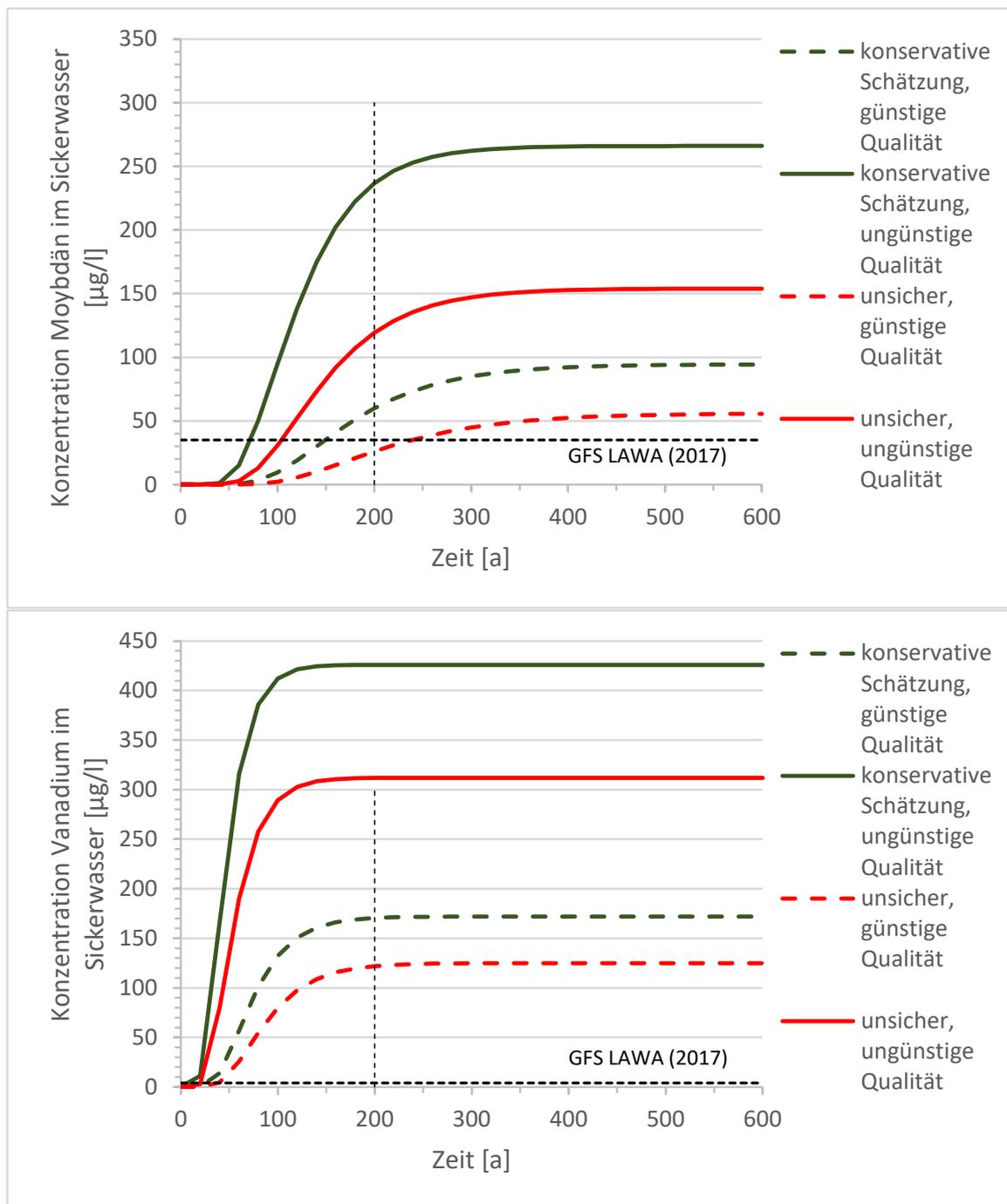
Fortsetzung Abbildung 14



Bewertung der Umweltwirkungen des Einsatzes von EOS in Abhängigkeit der Materialqualitäten im günstigen Fall Sand, bei einem Grundwasserabstand von mehr als 1,5 Meter in umweltoffenen Einbauweisen nach dem deutschen medienenschutzbasierten Fachkonzept:

Nachfolgende **Abbildung 12** zeigt die Modellierung des Konzentrationsdurchbruchs von Molybdän und Vanadium bei Einsatz von EOS in der nach öffentlich verfügbaren Materialqualität für günstige (langjähriger Mittelwert der Güteüberwachung) und ungünstige Qualitäten (langjährige Maximalwerte der Güteüberwachung) und für die konservative und sichere Abschätzung und die weniger sichere Abschätzung. Nur für die unsichere Abschätzung und bei günstigster Qualität würde die GFS von Molybdän beim Übergang des Sickerwassers in das Grundwasser innerhalb des Beurteilungszeitraums von 200 Jahren am Ort der Beurteilung eingehalten. Bei allen anderen Qualitäten und Abschätzungen würde der Durchbruch von Konzentrationen > GFS schon nach 60 bis 100 Jahren stattfinden.

Abbildung 12: Modellierung des Durchbruchs von Molybdän (oben) und Vanadium (unten) bei Einsatz von EOS in empfindlichen umweltoffenen Einbauweisen im günstigen Fall einer Sandunterlagerung nach deutschem Bodenschutz- und Grundwasserschutzvorsorgekonzept. Unterscheidung verschiedener Materialqualitäten unter Berücksichtigung der langjährigen Mittelwerte (günstige Qualität) und langjährigen Maximalwerte (ungünstige Qualität) aus der langjährigen Güteüberwachung und die Umrechnungsfaktoren von *WF 10* zu *WF 2* für den Fall einer sicheren konservativen Abschätzung im Sinne eines „Worst-Case“ – Ansatzes) und einer weniger sicheren Abschätzung im Sinne eines „Best-Case“ – Ansatzes.



Bei Vanadium würde selbst bei günstigster Qualität und nicht sicherer Abschätzung der Durchbruch von Konzentrationen > GFS schon nach 30 Jahren stattfinden. Bei allen anderen Qualitäten und Abschätzungen kommt es schon nach wenigen Jahren zur Gefahr einer schädlichen Veränderung des Grundwassers nach dem Deutschen vorsorgenden Bodenschutz- und Grundwasserschutzkonzept.

Der freie Einsatz von EOS der Marienhütte sowohl bei günstiger als auch bei ungünstiger Qualität wäre nach den verfügbaren Elutionsdaten und deren Umrechnung und Zuordnung zu den Materialklassen nach EBV auf der Grundlage des WF 2-Eluates und aufgrund der medienschutzbasierten Modellierung nach dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik und den nun gesetzlich verankerten Bewertungsmaßstäben in Deutschland mit dem deutschen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzkonzept aufgrund des Boden- und Grundwassergefahrenpotentials nicht vereinbar.

11 Quellen

- BGR (2006): Nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000 N2.3). Auszugskarten Acker, Grünland, Wald.- Digit. Archiv FISBo BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe); Hannover und Berlin.
- Bleher, D., Dehoust, G., Alwast, H., Thörner, Th., Stuckenholz, T., Grass, V., Susset, B., Ewen, Ch., Albrich, H. (2017): Planspiel Mantelverordnung (Aspekte der Kreislaufwirtschaft und des Bodenschutzes): Planspiel mit dem Ziel einer Gesetzesfolgenabschätzung zu den Auswirkungen der Mantelverordnung.- UBA-Text 104/2017, FKZ: 3715 33 390 0, Link zur Webseite des UBA
- BMU, 2000: Hydrologischer Atlas von Deutschland, 3. Lieferung 2003.- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), Berlin
- BMUB (2015): 2. Arbeitsentwurf der Mantelverordnung vom 23.07.2015 – Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, www.bmub.de.
- BMUB (2017): Kabinettsfassung des Bundesministeriums für Umwelt, Natur- und Verbraucherschutz, Bau und Reaktorsicherheit zur Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 06.02.2017, www.bmub.de.
- Bundesbodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, 1998, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, <http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/index.html>.
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999, 12.07.1999, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf>).
- Bundesgesetzblatt (2021): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09. Juli 2021.- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 16. Juli 2021
- DepV, 2016: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV).- Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 4. März 2016 (BGBl. I S. 382) geändert worden ist
- CEN/TS 16637-2: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenelution. In: Beuth-Verlag DIN SPEC 18046-2:2014-11, Ausgabe 11/2014, www.beuth.de
- CEN/TS 16637-3: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 3: Horizontale Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom. In: Beuth-Verlag DIN SPEC 18046-3:2016-12, Ausgabe 12/2016, www.beuth.de
- Dehoust, G., Küppers, P., Gebhardt, P., Rheinberger, U., Hermann, A., 2007. Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Ab-fälle.- Schlussbericht des Ökoinstituts zum gleichnamigen FuE-Vorhaben des UBA mit der FKZ 20433325, Dessau, 123 S. + 107 S. Anhang
- DIN EN 14405: Charakterisierung von Abfällen - Untersuchung des Elutionsverhaltens - Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen). In: Beuth-Verlag DIN EN 14405:2017-05, Ausgabe 05/2017, www.beuth.de
- DIN 19528: Elution von Feststoffen – Perkolationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von organischen und anorganischen Stoffen für Materialien mit einer Korngröße bis 32 mm – Grundlegende Charakterisierung mit einem ausführlichen Säulenversuch und

- Übereinstimmungsuntersuchung mit einem Säulenschnelltest, Deutsches Institut für Normung - DIN, In: Beuth-Verlag DIN 19528:2009-01, Ausgabe 01/2009, www.beuth.de
- DIN 19529 (2012): Elution von Feststoffen - Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg. Ausgabe Dezember 2012, Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 19528 (2009): Elution von Feststoffen – Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von organischen und anorganischen Stoffen für Materialien mit einer Korngröße bis 32 mm – Grundlegende Charakterisierung mit einem ausführlichen Säulenversuch und Übereinstimmungsuntersuchung mit einem Säulenschnelltest, Ausgabe Januar 2009, Beuth Verlag, Berlin.
- EU KOM DG Growth: Diverse Mandate (M 124, M 125). In: Mandates Database, <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/mandates/index.cfm?fuseaction=search.detail&id=250>
- Grathwohl, P. (2014): On equilibration of pore water in column leaching tests, Waste Management (2014), <http://sx.doi.org/10.1016/j.wasteman.2014.02.012>.
- Grathwohl, P., Susset, B. (2001): Sickerwasserprognose für organische Schadstoffe: Grundlagen und Stand der Forschung. *altlasten-spektrum* 6, 285-293.
- Grathwohl, P., Susset, B. (2009): Comparison of percolation to batch and sequential leaching tests: theory and data. *Waste Management* 29, 2681–2688.
- Ilvonen, O., Hoffmann, B., Oppl, R., Spanka, G., Wiens, U., Wurbs, J. (2015): Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten in Boden, Wasser und Innenraumluft. DIN Mitteilungen 12/2015. <http://www.din-mitteilungen.de/cn/J-7CMR15KCHGOZW5XINN213XOL3/c2VhcmNoX2lzc3VIZGF0ZT0yMDE2LTEyJndvcmtmbG93bmFtZT1jb250ZW50U2VhcmNoUFJUYWly.html>
- Ilvonen, O., Kalbe, U., Susset, B., Wurbs, J. (2013): Diskussionspapier zu den Auswirkungen europäisch genormter Säulentests für Bauprodukte und Abfälle auf die deutsche DIN 19528 (Perkulationsverfahren für Feststoffe) und die Ersatzbaustoffverordnung. unveröffentlichtes Diskussionspapier wurde im März 2013 dem UBA, BMUB, DIN und CEN überlassen und im DIN-, CEN-live-link (NA 119-01-02-05 UA N 691) eingestellt.
- KrWG (2012). Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
- LAGA M 20 (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln-, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20.- in 5. Auflage Stand 06.11.2003, die zurückgezogene LAGA M 20, 1997 wurde durch LAGA und Erich Schmidt Verlag unverändert als Teil II und III (Stand 06.11.1997) zusammen mit dem fortgeschriebenen Allgemeinen Teil (Teil I, Stand 06.11.2003) als 5. Auflage der LAGA M 20 (Stand 06.11.2003) veröffentlicht (vgl. Vorbemerkungen 5. Auflage), laga-online.de.
- LAWA, 2002. Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de.
- LAWA, 2004. Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de.
- LAGA, 2004. Eckpunkte www.laga-online.de
- LAWA, 2017. Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, www.lawa.de.
- NEN: Indicative List of Regulated Dangerous Substances possibly associated with Construction Products under the CPD = DS 041/051 rev.12. In: Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 2012, <https://www.nen.nl/>

- Susset, B., Grathwohl, P., Finkel, M., Oest, J., Betz, A. (2017): Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil I: Stofffreisetzungsverhalten mineralischer Abfälle.- UBA-Text 112/2017, FKZ: 371374228/1, Link zur Webseite des UBA
- Susset, B., Grathwohl, P. (2011): Leaching standards for mineral recycling materials – A harmonized regulatory concept for the up-coming German Recycling Decree. Waste Management Waste Management, doi:10.1016/j.wasman.2010.08.017.
- Susset, B., Leuchs, W. (2011): Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes Sickerwasserprognose in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden – Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (Förderkennzeichen UFOPLAN 20574251). Abschlussbericht des Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, Germany. UBA-Text 04/2011, www.uba.de.
- Susset, B., Leuchs, W. (2008): Stofffreisetzung aus mineralischen Ersatzbaustoffen und Böden – Ermittlung der Quellstärke-Entwicklung und des Rückhalte- und/oder Abbaupotentials mittels Freilandlysimetern und Laborelutionsmethoden (Förderkennzeichen 02WP0286). Abschlussbericht des Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, Germany. <<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb09/58960421X.pdf>>.
- Susset, B.: Einheitliches Analyseverfahren für mineralische Ersatzbaustoffe auf EU-Ebene vor dem Hintergrund uneinheitlicher Umwelanforderungen in den Mitgliedsstaaten. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Mineralische Nebenprodukte und Abfälle – Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen-, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2015, S. 79-90
- Susset, B., Dijkstra, J., Van Zomeren, A.: Vergleich der Grenzwertableitungskonzepte für den Pfad Boden-Grundwasser in Deutschland und den Niederlanden vor dem Hintergrund der Normung von technischen Grundlagen eines europäischen Säulenversuches (TS 3) zur Bestimmung der Stofffreisetzung aus Bauprodukten. Endbericht, Übersetzung vom 20.10.2014 aus: Technical principles underlying limit values for release of substances for the percolation test TS3: comparison DE and NL, In: Internetseiten des Umweltbundesamtes und des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, www.dafstb.de/application/Uebersetzung_E13059_Final_Report_Regulations_Susset_Zomeren_Dijkstra_FinalSu03_11_14s.pdf; www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/produkte/bauprodukte/eu-recht-fuer-bauprodukte. Klicken Sie weiter unter: Bewertungskonzepte für Auslaugung in Deutschland und Niederlande, Berlin/Dessau, 2014
- Utermann, J. (2011): Hintergrundwerte gelöster Spurenelemente im wässrigen Eluat für Böden aus dem ländlichen Raum. Boden-schutz – Hrsg. König, Bachmann, Utermann BoS 50. Lfg. V/2011, 31 pp.
- ZTV T-StB 95, 2002. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1955 / Fassung 2002, Köln, 126 S.
- CEN/TS 16637-1: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 1: Leitfaden für die Festlegung von Elutionsverfahren und zusätzlichen Prüfschritten. In: Beuth-Verlag DIN SPEC 18046-1:2018-12, Ausgabe 12/2018, www.beuth.de
- CEN/TS 16637-2: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenelution. In: Beuth-Verlag DIN SPEC 18046-2:2014-11, Ausgabe 11/2014, www.beuth.de
- CEN/TS 16637-3: Bauprodukte – Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 3: Horizontale Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom. In: Beuth-Verlag DIN SPEC 18046-3:2016-12, Ausgabe 12/2016, www.beuth.de
- DIN EN 14405: Charakterisierung von Abfällen - Untersuchung des Elutionsverhaltens - Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen). In: Beuth-Verlag DIN EN 14405:2017-05, Ausgabe 05/2017, www.beuth.de

- DIN 19528: Elution von Feststoffen – Perkolationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von organischen und anorganischen Stoffen für Materialien mit einer Korngröße bis 32 mm – Grundlegende Charakterisierung mit einem ausführlichen Säulenversuch und Übereinstimmungsuntersuchung mit einem Säulenschnelltest, Deutsches Institut für Normung - DIN, In: Beuth-Verlag DIN 19528:2009-01, Ausgabe 01/2009, www.beuth.de
- EU KOM DG Growth: Diverse Mandate (M 124, M 125). In: Mandates Database, <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/mandates/index.cfm?fuseaction=search.detail&id=250>
- Iivonen, O., Kalbe, U., Susset, B., Wurbs, J.: Diskussionspapier zu den Auswirkungen europäisch genormter Säulentests für Bauprodukte und Abfälle auf die deutsche DIN 19528 (Perkolationsverfahren für Feststoffe) und die Ersatzbaustoffverordnung. In: DIN-, CEN-live-link (NA 119-01-02-05 UA N 691), Berlin, 2013
- NEN: Indicative List of Regulated Dangerous Substances possibly associated with Construction Products under the CPD = DS 041/051 rev.12. In: Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 2012, <https://www.nen.nl/>
- Susset, B.: Einheitliches Analyseverfahren für mineralische Ersatzbaustoffe auf EU-Ebene vor dem Hintergrund uneinheitlicher Umwelanforderungen in den Mitgliedsstaaten. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Mineralische Nebenprodukte und Abfälle – Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen-, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2015, S. 79-90
- Susset, B., Dijkstra, J., Van Zomeren, A.: Vergleich der Grenzwertableitungskonzepte für den Pfad Boden-Grundwasser in Deutschland und den Niederlanden vor dem Hintergrund der Normung von technischen Grundlagen eines europäischen Säulenversuches (TS 3) zur Bestimmung der Stofffreisetzung aus Bauprodukten. Endbericht, Übersetzung vom 20.10.2014 aus: Technical principles underlying limit values for release of substances for the percolation test TS3: comparison DE and NL, In: Internetseiten des Umweltbundesamtes und des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, www.dafstb.de/application/Uebersetzung_E13059_Final_Report_Regulations_Susset_Zomeren_Dijkstra_FinalSu03_11_14s.pdf; www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/produkte/bauprodukte/eu-recht-fuer-bauprodukte. Klicken Sie weiter unter: Bewertungskonzepte für Auslaugung in Deutschland und Niederlande, Berlin/Dessau, 2014
- Susset, B., Mayer, U., Finkel, M., Grathwohl, P.: Weiterentwicklung von Kriterien zur Beurteilung des schadlosen und ordnungsgemäßen Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe und Prüfung alternativer Wertevorschläge. In: UBA-Texte, UBA Text 26/2018, Dessau, 2018, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-von-kriterien-zur-beurteilung-des>
- Susset, B., Grathwohl, P., Finkel, M., Oest, J., Betz, A.: Evaluierung der Bewertungsverfahren im Kontext mit der Verwertung mineralischer Abfälle in/auf Böden, Teil I: Stofffreisetzungverhalten mineralischer Abfälle. In: UBA-Texte, UBA Text 112/2017, Dessau, 2017, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-der-bewertungsverfahren-im-kontext-der>
- WHG (2013). Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S.2585), zuletzt geändert 21. Januar 2013 (BGBl. I S.95) 4.

12 Gutachterbüro Dr. Susset

Das Gutachterbüro für Boden- und Grundwassergefahrenabschätzung und Verwertung von Ersatzbaustoffen (mineralische Recycling-Baustoffe) bringt folgende Voraussetzungen für die im Rahmen dieses Gutachtens durchzuführenden Arbeiten mit: Herr Dr. Susset hat seit 1998, beginnend mit der Dissertation am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen im Rahmen des Verbund-Forschungsprojekts "Sickerwasserprognose" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (2002-2007), wissenschaftliche und praktische Erfahrungen im Themenfeld Boden- und Grundwassergefahrenabschätzung sowie Altlastenerkundung und Sanierung und in der Normung von Laboruntersuchungsmethoden gesammelt: Nach mehrjähriger Tätigkeit als Ingenieurgeologe für die Firma Harres Pickel Consult GmbH in Stuttgart hat Susset als Regierungsangestellter am Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) in den Jahren 2002 – 2007 als wissenschaftlicher Projektleiter das Forschungsprojekt "Feldlysimeteruntersuchungen zur Stofffreisetzung aus mineralischen Ersatzbaustoffen und Böden" im F&E-Verbundprojekt "Sickerwasserprognose" (2002-2007) bearbeitet. Seit 2007 war er zusätzlich wissenschaftlicher Projektleiter des Forschungsprojektes des Umweltbundesamtes (UBA) "Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes "Sickerwasserprognose" zur Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe für das Verordnungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (ErsatzbaustoffV)".

Seit 2007 übernimmt er die fachliche Begleitung des BMU im Bundesverordnungsverfahren über eine Mantelverordnung zur Neuregelung von Boden- und Grundwasserschutz, Altlastensanierung und Recycling am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen und führt ein Gutachterbüro zur Boden- und Grundwassergefahrenabschätzung. Zudem beschäftigt er sich mit der Entwicklung und Standardisierung von Labormethoden für das DIN, CEN und ISO und mit der Implementierung neuer Konzepte und Normverfahren in Rechtsverordnungen des Bundesverordnungsgebers.

Susset ist stellvertretender Obmann des DIN-Normenausschuss Wasserwesen I2/UA 5 „Eluierungsverfahren“ und Obmann des DIN-Normenausschuss Bauwesen NA 005-53-01 GA "Gemeinschaftsarbeitsausschusses NABau/NAW; Boden und Grundwasser" und wird als DIN-Delegierter in die entsprechenden internationalen Spiegelgremien des ISO- und CEN (CEN TC 292, CEN TC 351) entsandt. Zudem ist Susset Mitglied des DIN-Spiegelausschusses zu CEN TC

351, des Fachbereiches KOA 03: „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ im Normenausschuss Bauwesen (NA005-53 FBR).

Der Gutachter war über seine wissenschaftliche Tätigkeit am Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen und an der Universität Tübingen sowie als Mitautor des Grenzwertableitungskonzeptes für die Ersatzbaustoffverordnung des UBA für das BMU, von Beginn an in den Prozess der Entwicklung der antizipierenden Sickerwasserprognose eingebunden. Das Gutachterbüro Dr. Susset verfügt deshalb über eingehende Kenntnisse der Grundannahmen und Konventionen der ErsatzbaustoffV in der MantelV, über die eingesetzten Verfahren und Methoden und über theoretische und experimentelle Kenntnisse sowie konzeptionelle und praktische Erfahrungen im Kontext mit der boden- und grundwasserbezogenen Bewertung beim Einsatz von Materialien (u.a. Sickerwasserprognose). Sämtliche hier durchgeführte Arbeiten des Gutachterbüros Dr. Susset basieren unmittelbar auf diesem naturwissenschaftlichen Fachkonzept des UBA und sind damit transparent für die Fachöffentlichkeit und Verwaltung nachvollziehbar.

Leistungen

- Politikberatung im Bereich Regelsetzung zu Altlastensanierung, Boden- und Grundwasserschutz, Recycling
- Entwicklung und Implementierung geeigneter Probenahme, Analyse- und Untersuchungsnormen für Altlasten, Boden, Wasser und Recyclingbaustoffe
- Identifizierung der geeigneten Erfassungs-, Erkundungs- und Sanierungsmethoden in Abhängigkeit der Fragestellung (Schadstoffart, Bodenart, Grundwasser)
- Boden- und Grundwassergefahrenabschätzung, Sanierungsziele
- Bewertung innovativer Baustoffe bzgl. der Stofffreisetzungspotentiale
- Kommunikation komplexer Inhalte zum Wissens- und Technologietransfer in Politik, Verwaltung und Industrie.

Referenzen und wissenschaftliches Netzwerk

Prof. Dr. Peter Grathwohl, Geowissenschaften Universität Tübingen, Tübingen

Prof. Dr. Rudolf Liedl, Geowissenschaften TU Dresden, Dresden

Prof. Dr. Christoph Schüth, TU Darmstadt, Gerichtssachverständiger

Dr. Gila Merschel, Boden, Wasser, Abfall im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn und Berlin

Dr. Claus Bannick, Abwasserreinigung, Umweltbundesamt, Dessau

Dr. Wolfgang Leuchs, Grund- und Oberflächenwasser, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Dr. Thomas Delschen, Boden und Altlasten, Präsident Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Dr. Jens Utermann, Boden, Wasser, Altlasten, Umweltministerium NRW, Düsseldorf

Dr. Andreas Paetz, Deutsches Institut für Normung, Berlin

Dr. Ute Kalbe, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Kooperationspartner

Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Lehrstuhl für Angewandte Geologie der Universität Tübingen

Boden & Grundwasser GmbH, Boden- Grundwassersanierung, Natural Attenuation Amtzell/Sonthofen

GIU GmbH, Tenningen

IBE GmbH, Langenbeutingen

Kunden

Deutsche Bahn AG, Frankfurt

ECN-Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, Niederlande

Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg

Peute Baustoff GmbH

MARTIN GmbH für Umwelt und Energietechnik

Südzucker - EUF-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit

UFZ- Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig

Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis, Mosbach

Qualitätssicherungssystem Recycling- Baustoffe Baden-Württemberg e. V., Ostfildern

ISTE-Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V., Ostfildern_BVZ- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Bonn

BRB-Bundesvereinigung Recyclingbaustoffe e.V., Duisburg

IGAM Interessensgemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von Müllverbrennungsschlacken, Duisburg

VGB PowerTech e.V., Essen

ITAD e.V., Würzburg

BEW-Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH, Duisburg / Essen

Akademie für Natur- und Umweltschutz beim Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Böblingen

Fortbildungsverbund Boden – Altlasten Baden-Württemberg, Stuttgart

Umweltkolleg Lünen, Bad Segeberg

HPC Harress Pickel Consult AG, Rottenburg

IBE GmbH, Langenbeutingen

Boden & Grundwasser GmbH, Amtzell/Sonthofen

TU Darmstadt

Steinbeis Europazentrum, Stuttgart
CEN TC 351 der europäischen Kommission, Brüssel
RAG AG, Deutsche Steinkohle, Herne
BSW Stahl-Nebenprodukte GmbH, Kehl
FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V., Duisburg
Schluchseewerk AG, Laufenburg
Aurubis AG, Hamburg_c.c.Reststoff-Aufbereitung GmbH & Co. KG, Würzburg
VCI_Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt
BASF Coatings GmbH, Münster
BASF SE, Ludwigshafen
Wacker Chemie AG, Burghausen
TRV GmbH & Co. KG, Wesseling
Dow Olefinverbund GmbH, Environmental Technology Center, Schkopau
Dow Deutschland AG mbH, Environmental Technology Center, Stade
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
BiSp Bundesinstitut für Sportwissenschaften, Köln
BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung

13 Anhang

13.1 Erläuterung wichtiger Begriffe

Bezeichnungen	Definitionen
"Elektroofenschlacke"	<p>Nach deutscher EBV wird unter dem Oberbegriff Stahlwerksschlacke unterschieden (vgl. EBV §2, Nr.20):</p> <p>Schlacke, die bei der Verarbeitung von Roheisen, Eisenschwamm und aufbereitetem Stahlschrott zu Stahl nach dem Linz-Donawitz-Konverter (LD-Schlacke, LDS) oder im Elektroofen (EO-Schlacke, EOS) anfällt, mit Ausnahme von Schlacken aus der Edelstahlherstellung sowie der früher verwendeten Siemens-Martin-Verfahren angefallenen Schlacken.</p>
"Einbauweisen"	<p>Potenzieller Verwendungszweck eines mineralischen Ersatzbaustoffes, z. B. Einsatz in Bauwerken mit begrenzter Lebensdauer wie Straßendämme und Bahnkörper, Lärmschutzwälle, Parkplätze, ländliche Wege oder in spezifischen technischen Schichten in technischen Bauwerken wie Schottertragschichten, Frostschutzschichten, Unterbau (Damm).</p> <p>Jede Einbauweise ist nach dem deutschen UBA-Fachkonzept durch spezifische mittlere Sickerwasserraten, ggf. Verdünnungsfaktoren sowie Mächtigkeiten und Einbaudichten der mineralischen Ersatzbaustoffe charakterisiert, die sich mehr oder weniger günstig auf das Freisetzungs- und Transportverhalten der Stoffe auswirken.</p>
"Mineralische Ersatzbaustoffe (MEB)"	<p>mineralischer Baustoff, der als Abfall oder als Nebenprodukt in Aufbereitungsanlagen hergestellt wird oder bei Baumaßnahmen anfällt, unmittelbar oder nach Aufbereitung für den Einbau in technische Bauwerke geeignet und bestimmt ist sowie unmittelbar oder nach Aufbereitung unter die in der EBV bezeichneten MEB Stoffe fällt wie z. B. Recyclingbaustoffe, Bodenmaterial, Schlacken, Aschen, Gleisschotter.</p>

Bezeichnungen	Definitionen
"technische Bauwerke"	jede mit dem Boden verbundene Anlage oder Einrichtung, die nach einer Einbauweise der Anlage 2 oder 3 der EBV errichtet wird; hierzu gehören insbesondere Straßen, Wege und Parkplätze, Baustraßen, Schienenverkehrswege, Lager-, Stell- und sonstige befestigte Flächen, Leitungsräben und Baugruben, Hinterfüllungen und Erdbaumaßnahmen wie Lärm- und Sichtschutzwälle, Aufschüttungen zur Stabilisierung von Böschungen und Bermen. Weiter gehören hierzu auch Aufschüttungen zur Stabilisierung von Böschungen und Bermen sowie Baustraßen bei Abgrabungs- und Verfüllungsmaßnahmen.
"Wasser- zu Feststoffverhältnis (WF)"	Definition nach DIN 19528 (2009): Verhältnis des bis zur Probenahme insgesamt durch den Feststoff geströmten Flüssigkeitsvolumens (hier: Wasser in Liter) zur eingebauten Trockenmasse des zu untersuchenden Feststoffs in der Säule (hier: Feststoff in kg Trockenmasse). Im Falle von technischen Bauwerken der EBV: Verhältnis des innerhalb eines Zeitraums insgesamt durch den Ersatzbaustoff geströmten Sickerwassers (in Liter) zur Masse des mineralischen Ersatzbaustoffes in einer bestimmten Bauweise (in kg).
"Medienschutzbasierte Beurteilung"	Der Begriff "medienschutzbasiert" bezieht sich hier auf den Boden- und Grundwasserschutz. In Abhängigkeit vom Einsatzbereich (hydraulische Eigenschaften der technischen Schicht) den Stoffeigenschaften und den Sorptionseigenschaften der darunterliegenden Bodenzone (ungünstiger Fall: GW-Abstand > 0, 1 m bzw. > 0,5 m bis 1,0 m oder fehlende Rückhaltung; günstiger Fall: GW-Abstand > 1,0 m, Sand oder Lehm/Schluff/Ton mit mehr oder weniger hohen Rückhaltepotentialen, zzgl. jeweils Sicherheitszuschläge von 0,5 Meter) sind für die verschiedenen Einsatzbereiche spezifische maximale Konzentrationen eines Stoffes im Sickerwasser an der Unterkante einer technischen Konstruktion mit Ersatzbaustoffen akzeptabel (so genannte medienschutzbasierte Einbauwerte). Ziel ist der Schutz der Umweltmedien Boden und Grundwasser unter Berücksichtigung physikochemischer Randbedingungen (Verdünnung, Rückhaltung etc.) und der Konventionen bzgl. Beurteilungszeitraum, Beurteilungsmeter, etc..

Bezeichnungen	Definitionen
<p>“Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5”</p>	<p>Faktor, der durch das deutsche Bundesministerium für Umwelt (BMU) zur Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit festgelegt wurde, indem die medienschutzbasierten Einbauwerte mit 1,5 multipliziert wurden. Aus fachlicher Sicht stellt der Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 einen Kompromiss aus Nachhaltigkeit, Unsicherheit von Modelleingangsparametern, Modellzuverlässigkeit und der Lebensdauer von Bauwerken dar. Die Unsicherheiten und der Verhältnismäßigkeitsfaktor wurden im Rahmen dieses Ergänzungsvorhabens nicht quantitativ abgeleitet. Sie können erfahrungsgemäß jedoch hoch sein. Insbesondere der Paradigmenwechsel von i. d. R. verdünnten Konzentrationen bei <i>WF 10</i> zu i. d. R. aufkonzentrierten Konzentrationen bei <i>WF 2</i>, die erstmalige Berücksichtigung hochauflösender, genormter und validierter <i>WF 2</i> - Elutionsmethoden für mineralische Abfälle oder Produkte, die erstmalig quantitative Betrachtung des Besorgnisgrundsatzes unter in Bezugnahme der GFS und viele weitere Elemente des UBA-Fachkonzeptes zur Grenzwertableitung zeigen, dass der Verhältnismäßigkeitsfaktor 1,5 durch das BMU konservativ gewählt ist. Der Faktor 1,5 war bereits Grundlage des ersten Arbeitsentwurfs der ErsatzbaustoffV im Jahre 2007 und wurde mit den beteiligten Kreisen intensiv diskutiert.</p>

Bezeichnungen	Definitionen
"Bodenkategorien"	<p>Für die Berechnung der medien-schutzbasierten Einbauwerte von retardierbaren/abbaubaren Stoffen in den günstigen Szenarien wurden auf Basis der Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundforschungsprojekt Sickerwasserprognose zwei Boden-kategorien unterschieden: Sandböden mit moderatem Rückhalte-/Abbauvermögen und lehmig/schluffig/tonige Böden mit i. d. R. höherem Rückhalte-/Abbauvermögen. Beide Boden-kategorien wurden auf der Grundlage einer statistischen Auswertung der charakteristischen Leitbodeneinheiten in Deutschland ermittelt (BÜK, BGR, 2006). Daraus resultieren Abschätzungen der typischen Mächtigkeit der Bodeneinheiten, Tongehalte, pH-Werte, organischen Kohlenstoffgehalte und der hydraulischen Eigenschaften der Böden. Für die Modellierung des Rückhalte- und Abbauvermögens der beiden Standard-Boden-kategorien wurden die 90. Perzentile der Parameterwerte ausgewählt und für die Parametrisierung der substratübergreifenden Sorptionsisotherme (Utermann et al., 2005) für Sand- und Schluffböden verwendet. Dies bedeutet, dass mindestens 90 % der sandigen/schluffigen Böden gemittelt über Deutschland, die abgeschätzten typischen Eigenschaften der beiden Bodenszenarien mindestens einhalten oder günstigere Eigenschaften aufweisen.</p>
"Geringfügigkeitsschwellen (GFS)"	<p>Konzentration eines Stoffes, die nicht dazu geeignet ist, eine signifikante Änderung des chemischen Zustandes des Grundwassers hervorzurufen (Geringfügigkeitsschwelle, GFS; LAWA, 2017). Diese wurden durch die LAWA für relevante Substanzen auf der Grundlage von öko- und / oder humantoxikologischen Untersuchungen abgeleitet.</p>

Bezeichnungen	Definitionen
"Bezugsmaßstäbe (BM)"	<p>Maximal zulässige Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung sind grundsätzlich die Geringfügigkeitsschwellenwerte 2016 der LAWA (LAWA, 2017). Für einige Schwermetalle (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom (ges.), Kupfer, Nickel, Vanadium und Zink) übersteigen die Konzentrationen in WF 2-Eluaten natürlicher (nicht kontaminierter) Böden die GFS (Utermann, 2011). Dies wird auf hintergrund- und/oder methodenspezifische Artefakte zurückgeführt (z. B. DOC-Mobilisierung und DOC-gekoppelte Stofffreisetzung in gestörten Proben). Für diese Stoffe werden Bezugsmaßstäbe in WF 2-Eluaten als maximal zulässige Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung für die Berechnung der ME verwendet, da davon ausgegangen werden kann, dass die Konzentrationen in natürlichen Bodenlösungen nicht dazu geeignet sind eine Grundwassergefährdung hervorzurufen.</p>
"Ort der Beurteilung (O. d. B.)"	<p>Ort an dem die GFS bzw. BM im Sickerwasser einzuhalten sind. Der Ort der Beurteilung für den Wirkungspfad "Boden-Grundwasser" ist der Übergangsbereich von der wasserungesättigten zur wassergesättigten Zone. Die Werte sind damit im Sickerwasser vor Eintritt in das Grundwasser einzuhalten. Die Einmischung in das Grundwasser und eine damit verbundene Verdünnung von Konzentrationen wurden bei der Grenzwertableitung folglich nicht berücksichtigt.</p>
"Filterkapazität (FK)"	<p>Die zulässige Stoffanreicherung im Bodenfeststoff wird über 1 Meter Transportstrecke gemittelt und auf 50 % der sogenannten Filterkapazität begrenzt. Die Filterkapazität ergibt sich aus dem Bodenvorsorgewert (nach Novelle der BBodSchV in Artikel 2 der Mantelverordnung vom 16. Juli 2021 bzw. Hilfwerte nach Untersuchungen der BGR und des UBA) abzüglich des Hintergrundwertes eines Stoffes im Boden (90. Perzentile in Sand bzw. in schluffigen Böden nach BGR und UBA).</p>
"Materialqualität" und "Materialwerte (MW)"	<p>„Eluat-Qualität“ eines mineralischen Ersatzbaustoffes, definiert durch die im WF 2-Säulenkurzeluat nach DIN 19528 für die relevanten Substanzen ermittelten Konzentrationen. Diese sogenannten Materialwerte müssen im Rahmen der rechtsverbindlichen Güteüberwachung nach DIN 19528 (z.T. auch gleichwertig DIN 19529 zugelassen) untersucht werden, um die Probe einer bestimmten Materialqualität bzw. Materialklasse zuordnen zu können.</p>

Bezeichnungen	Definitionen
“Materialklasse”	Klassen von Materialqualitäten eines mineralischen Ersatzbaustoffes. Im Falle einer hohen Variabilität der Materialqualitäten (verursacht durch die Heterogenität eines Materialstroms) werden verschiedene Materialklassen unterschieden (z. B. SWS-1 bis SWS-2 mit verschiedenen Materialwerten).
“Materialwertetabelle”	In der ErsatzbaustoffV sind für jeden mineralischen Ersatzbaustoff und ggf. für die unterschiedlichen Materialklassen eines mineralischen Ersatzbaustoffes die Grenzkonzentrationen in WF 2-Eluaten in so genannten Materialwertetabellen aufgelistet.
“Einbautabelle”	In der ErsatzbaustoffV werden für jeden mineralischen Ersatzbaustoff und ggf. verschiedene Materialklassen die potenziellen und aus Sicht des Medienschutzes zulässigen Einbauweisen in so genannten Einbautabellen aufgelistet (+/- -Bewertung). Die Bewertung der Zulässigkeit einer Einbauweise erfolgt auf der Grundlage eines Vergleichs aller Materialwerte eines MEB mit allen medien-schutz-basierten Einbauwerten der Einbauweise. Jeder MEB ist nur dann zulässig, wenn alle ME eingehalten werden (“level playing field“).

13.2 Regelungsinhalt, parlamentarisches Verfahren und umgesetzte Maßgaben des Bundesratsbeschlusses der MantelV in Deutschland

13.2.1 Regelungsinhalt der Mantelverordnung

Die so genannte Mantelverordnung ist die zentrale Verordnung für die Recycling- und Verfüllungsbranche, betrifft aber auch andere Bereiche der Steine- und Erdenindustrie sowie die Bauindustrie. Vier Artikel sollen unter anderem sicherstellen, dass die Verwertung von mineralischen Stoffen im Erd-, Straßen-Wege- und Schienenverkehrswegebau sowie zur Verfüllung und Rekultivierung von Steinbrüchen gemäß den Zielstellungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes in Deutschland erfolgt und ein ausreichender Schutz des Grundwassers und des Bodens gewährleistet ist. Im Wesentlichen sollen vier Artikel folgende Fragen beantworten:

- **Artikel 1: Ersatzbaustoffverordnung (EBV):** Bis zu welchen Konzentrationen im Wasser (Messung mit näher festgelegten Elutionsverfahren) und im Feststoff sind mineralische Ersatzbaustoffe (z.B. Recycling-Baustoffe oder industrielle Nebenprodukte wie Aschen und Schlacken) in welchen technischen Einbauweisen (z.B. Tragschicht unter einer Straßendecke) und unter welchen Randbedingungen (Höhe des Grundwasserabstandes, Art des Untergrundes) zulässig?

- **Artikel 2: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV):** Erstmals soll u.a. die Verfüllung von Steinbrüchen bundeseinheitlich geregelt werden: Bis zu welchen Konzentrationen im Wasser bzw. im Feststoff können Bodenmaterialien (und ggf. weitere mineralische Materialien) zur Verfüllung und Rekultivierung von Steinbrüchen oder zur Landschaftsmodellierung eingesetzt werden?
- **Artikel 3: Änderung der Deponieverordnung (DepV):** Diese soll eine Zuordnung von im Rahmen der Güteüberwachung nach der Ersatzbaustoffverordnung klassifizierten MEB, die nicht verwertet werden können (z.B. aus Markt- oder qualitativen Gründen), zu Deponieklassen ermöglichen, ohne dass diese Materialien erneut mit abweichenden Methoden der Deponieverordnung analysiert und eingestuft werden müssen.
- **Artikel 4: Änderung der Gewerbeabfallverordnung:** Wie sollen mineralische Ersatzbaustoffe, die bei Rückbau, Sanierung und Reparatur technischer Bauwerke als Abfälle anfallen, gesammelt, getrennt und recycelt werden?

Die Mantelverordnung vom 09. Juli 2021 wurde am 16. Juli 2021 im Bundesgesetzblatt Teil 1, Nr. 43 verkündet und tritt am 01. August 2023 in Kraft.

13.2.2 Parlamentarisches Verfahren der Mantelverordnung

Das damalige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Bauen (BMUB) hat nach mehreren Arbeitsentwürfen am 03. Mai 2017 die Kabinettsfassung⁹ der MantelV (BMUB, 2017, <http://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/bodenschutz-und-altlasten/wasser-bodenschutz-und-altlasten-download/artikel/mantelverordnung-ersatzbaustoffebodenschutz/>) vorgelegt.

Die erste Bundesratsbefassung mit dem Regierungsentwurf der Mantelverordnung (Kabinettsfassung des BMUB vom 05. Mai 2017, Bundesrats Grunddrucksache 566/17) wurde am 07. September 2017 durch den Umweltausschuss aufgrund der Vielzahl der zu erwartenden Änderungsanträge vertagt. Die neue Bundesregierung hatte dann sowohl im Koalitionsvertrag ein klares Bekenntnis zur Weiterverfolgung der Mantelverordnung abgegeben als auch ein entsprechendes Schreiben an die Länder verschickt. In der Folge haben so genannte länderoffene Ad-hoc Arbeitsgruppen mit der Unterarbeitsgruppe (UAG) der Länder zur Ersatzbaustoffverordnung (UAG EBV) und zur Bundes-Bodenschutzverordnung

⁹ Verordnung der Bundesregierung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, kurz: MantelV. Die Kabinettsfassung der Mantelverordnung wurde durch die Bundesregierung am 3. Mai 2017 verabschiedet und durch den Bundestag (Bundestagsdrucksache 18/12213 vom 05. Mai 2017) zustimmend an den Bundesrat weitergeleitet. Das EU-Notifizierungsverfahren (EU-Not. 2017-176-D) startete am 05. Mai 2017, die Stillhaltefrist endete am 07. August 2017 ohne Einwände (no contributions unter: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaaction=search.detail&year=2017&num=176>). Das Abstimmungsverfahren im Bundesrat (Bundesrats Grunddrucksache 566/17) startete am 07. September 2017. Verschiedene Ausschüsse sprachen sich dafür aus, das Bundesratsabstimmungsverfahren bis zum Antritt einer neuen Bundesregierung zu vertagen, um mehr Zeit für die konstruktive Beratung der komplexen Fachverordnung zu gewinnen. Zwischenzeitlich hatten verschiedene Bund-Länder-Arbeitsgruppen eine neue Globalfassung als Mehrländerantrag für die Ersatzbaustoffverordnung und verschiedene Änderungsvorschläge als Vorlage für Maßgabenbeschlüsse zur Bundesbodenschutzverordnung erarbeitet. Am 06. November 2020 hat der Bundesrat in seiner 995. Plenarsitzung der Mantelverordnung mit Maßgaben zugestimmt (BR-Beschlussdrucksache 587-20(B)).

(UAG BBodSchV), allein zur EBV, über 260 Änderungsvorschläge erarbeitet. Um eine praktikable Lösung zum Umgang mit der Vielzahl der im Raum stehenden Änderungsanträge zu finden, wurde eine Abteilungsleitungs-gesteuerte und vom BMU koordinierte Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines neuen Artikel 1 eingesetzt, bestehend aus BW, BY, SN, HE, NI, NW, RP, SH und SL. Diese haben einen neuen Länder-Kompromissentwurf der Ersatzbaustoffverordnung vom 20. März 2020 erarbeitet. Mit Schreiben vom 4. Juni 2020 hat das BMU dem Umweltausschuss des Bundesrates mitgeteilt, dass die Bundesregierung an der Kabinettsfassung festhält und eine Neuaufnahme der Bundesratsverhandlung angeregt. Auf der Grundlage des Länder-Kompromissentwurf der Ersatzbaustoffverordnung vom 20. März 2020 wurde ein Mehrländerantrag durch das Land Nordrhein-Westfalen in den Bundesrat erneut eingebracht wurde (NW-Mehrländerantrag). Zusätzlich sind noch etwa 20 Änderungsanträge zur Ersatzbaustoffverordnung und etwa 60 Änderungsanträge zur Bundesbodenschutzverordnung verblieben.

Am 06. November 2020 hat der Bundesrat in seiner 995. Plenarsitzung den NW-Mehrländerantrag zu Artikel 1 Ersatzbaustoffverordnung angenommen und alle weiteren Anträge zur EBV abgelehnt. Den weiteren Artikeln der Mantelverordnung, wie Artikel 2: Novelle Bundesbodenschutzverordnung, wurde mit Maßgaben zugestimmt (BR-Beschlussdrucksache 587-20(B)). Vom 09. bis 19. Februar erfolgte eine erneute BMU-Anhörung zum Bundesratsbeschluss der MantelV (durch BMI unter Verweis auf Urteil BVerwG aus 2005 erzwungen). Eine Mehrzahl der Verbände (z.B. Stellungnahmen vom 19. Februar BRB, BDE, BBS, QRB und 15 weitere Verbände) unterstützen die MantelV und fordern aber zugleich eine rasche Behebung der Schwachpunkte im Rahmen einer Evaluierungsphase. Am 12. Februar startete das EU-Notifizierungsverfahren (2021/124/D). Die EU-Notifizierungsfassung der MantelV enthielt bereits eine Länderöffnungsklausel zur Verfüllung in Artikel 2, Novelle BBodSchV, §8 (8): „Die Länder können Regelungen treffen, dass auch andere als die in Absatz 1 genannten Materialien zur Verfüllung genutzt werden und Überschreitungen der Werte nach Anlage 1 Tabellen 4 und 5 zulässig sind, wenn nachgewiesen wird, dass eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung erfolgt“.

Am 12. Mai 2021 beschließt die Bundesregierung die MantelV. Am 26. Mai 2021 wurde das EU-Notifizierungsverfahren erfolgreich abgeschlossen. Die Länderöffnungsklausel erforderte eine erneute Bundesratsbefassung. Am 25. Juni 2021 beschließt der Bundesrat die MantelV ohne weitere Maßgaben. Am 16. Juli 2021 erfolgte die Verkündung der MantelV vom 09. Juli 2021 im Bundesgesetzblatt. Die MantelV wird am 1. August 2023 in Kraft treten

Mit der MantelV und der Bundesrats-Beschlussdrucksache wird am Grenzwertableitungskonzept des Umweltbundesamtes ausdrücklich festgehalten. Die

Änderungen im NW-Mehrländerantrag gegenüber der Kabinettsfassung betreffen nur in geringem Maß die materiellen Festlegungen. Weitere Änderungen liegen im „bürokratischen Bereich“ (Anzeigepflichten und -fristen, Streichung Abfallende/Nebenproduktstatus, Ersatzbaustoffkataster).

13.2.3 Relevante Änderungen nach Bundesratsbeschluss der Mantelverordnung und Bedeutung für die hiesige gutachterliche Fragestellung

13.2.3.1 Änderungen der ErsatzbaustoffV (Bundesratsbeschluss) im Vergleich zum Regierungsentwurf (Kabinettsfassung).

Im Nachfolgenden wird ein Überblick zu den angenommenen Änderungen im NW-Mehrländerantrag durch den Bundesrat gemäß BR-Beschlussdrucksache 587-20(B) gegeben. Belange, die direkt die hier betrachteten Stahlwerksschlacken betreffen, sind fett gedruckt. Unter dem Sammelbegriff Stahlwerksschlacken (SWS) in Deutschland sind verschiedene Schlacken gemeint, die bei der Verarbeitung von Roheisen, Eisenschwamm und aufbereitetem Stahlschrott zu Stahl im Linz-Donawitz-Konverter oder im Elektroofen anfallen, mit Ausnahme von Schlacken aus der Edelstahlherstellung sowie der im früher verwendeten Siemens-Martin-Verfahren angefallenen Schlacken.

Zur Berücksichtigung des Pfades Boden-Mensch und zur Verhinderung von Schadstoffanreicherungen im Wertstoffkreislauf wurden folgende Änderungen durch den Bundesrat angenommen

- **Komplette Streichung der mineralischen Ersatzbaustoffe Sonderabfallverbrennungsasche und Edelstahlschlacke, sowie Streichung der folgenden ungünstigen Materialklassen wegen zu hoher potenzieller Feststoffgehalte: Kupferhüttenmaterial der Klasse 3, **Stahlwerksschlacke der Klasse 3**, Hausmüllverbrennungsasche der Klasse 3, Gießereirestsand der Klasse 2.**
- **Nutzungsbeschränkungen in Form von Einbauverböten auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten sowie in Park- und Freizeitanlagen im teiloffenen oder offenen Einbau als Bettungssand unter Pflaster oder Plattenbelägen und als Deckschicht ohne Bindemittel oder bei Einbauweisen, bei denen mit häufigen Aufbrüchen zu rechnen ist (bspw. Leitungsgräben) für folgende Materialien und Materialklassen: Recycling-Baustoff der Klasse 2, Hausmüll-Verbrennungsaschen der Klassen 1 und 2 und **Stahlwerksschlacke der Klasse 2.****
- **SWS-2 ist auch außerhalb der vorgenannten Gebiete mit Nutzungsbeschränkungen als Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen nur dann zulässig, wenn das vorgesehene Korngrößengemisch einen bestimmten CSB-Wert (Klasse CSB 50/25) einhält.**

Die Einbaumöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen im Regierungsentwurf sind wie oben dargestellt aus einem wissenschaftlichen Konzept abgeleitet, dass den Schutz des Grundwassers zum Ziel hat. Um das Schutzniveau, insbesondere bei geringen Abständen zum Grundwasser oder in Wasserschutzgebieten, noch weiter zu erhöhen, wurden einzelne

Einbaumöglichkeiten gestrichen (u.a. auch SWS-1 und SWS-2) und einzelne Eluatwerte (Materialwerte) reduziert.

- Absenkung der PAK-Eluatwerte bei Recycling-Baustoff der Klasse 1 von 6,0 auf 4,0 µg/l und bei Recycling-Baustoff der Klasse 2 von 12 auf 8,0 µg/l.
- Sofern besonders empfindliche Gebiete, wie z.B. Karstgebiete, landesrechtlich ausgewiesen sind, ist dort der Einbau von Recycling-Baustoff der Klasse 3, Gleisschotter der Klasse 3, Bodenmaterial der Klasse F3 und Baggergut der Klasse F3 unzulässig.
- Einführung einer Anzeigepflicht für alle mineralischen Ersatzbaustoffe bei Einsatz in Wasserschutzgebieten.

Zur Sicherung der Qualität und Sortenreinheit der mineralischen Ersatzbaustoffe wurden Änderungen bei der Annahmekontrolle und der Eigen- und Fremdüberwachung entwickelt (u.a. auch SWS-1 und SWS-2).

- Überarbeitung der Annahmekontrolle, um sicherzustellen, dass möglichst keine schadstoffhaltigen Fraktionen unerkannt mit unbelastetem Material vermischt und aufbereitet werden.
- Überarbeitung der Bewertung von Messergebnissen: Bei der Eigen- und Fremdüberwachung gelten die Eluatwerte (Materialwerte) als eingehalten, wenn die gemessenen Werte die Materialwerte nach Anlage 1 nicht überschreiten. Bei einer von fünf Messungen dürfen Überschreitungen bis zu den in Anlage 6 angegebenen Anteilen auftreten. Gemäß Regierungsentwurf hätten diese Überschreitungen bei jeder zweiten Messung im Rahmen der Fremdüberwachung auftreten dürfen.

Zur Harmonisierung mit anderen Rechtsbereichen, insbesondere der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, wurden z.B. Materialwerte harmonisiert und die Probenahme angepasst.

- Harmonisierung der Materialwerte von Bodenmaterial und Baggergut mit denen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.
- Umstellung der Probenahme grundsätzlich von DIN 19698 auf LAGA PN 98.

Die Regelungen zu den Mindesteinbaumengen und Anzeigepflichten wurden harmonisiert und mit einer Katasterpflicht für mineralische Ersatzbaustoffe (Ersatzbaustoffkataster) verknüpft (u.a. auch SWS-1 und SWS-2).

Mindesteinbaumengen von

- 250 m³ für Hausmüllverbrennungsaschen der Klasse 2, **Stahlwerksschlacken der Klasse 2** und Kupferhüttenmaterial der Klasse 2.
- 50 m³ für Braunkohleflugasche, Steinkohlekesselasche, Steinkohleflugasche, Hausmüllverbrennungsasche der Klasse 1, **Stahlwerksschlacke der Klasse 1**, Hochofenstückschlacke der Klasse 2, Kupferhüttenmaterial der Klasse 1, Gießereirestsand und Gießereikupolofenschlacke.

Anzeige- und Dokumentationspflichten

- **Voranzeigepflicht** gemäß Muster, 4 Wochen vor Einbau für alle mineralischen Ersatzbaustoffe mit Mindesteinbaumengen von 250 m³ (**also u.a. auch SWS-2**) und mit

Mindesteinbaumengen von 50 m³ (**also u.a. auch SWS-1**), wenn deren Einbaumenge 250 m³ übersteigt. Dies gilt zusätzlich auch für Bodenmaterial der Klasse F3, Baggertgut der Klasse F3 und Recycling-Baustoff der Klasse 3, wenn deren Einbaumenge 250 m³ übersteigt.

Voranzeigepflicht gemäß Muster, 4 Wochen vor Einbau, für alle mineralischen Ersatzbaustoffe, die in Wasserschutzgebieten eingesetzt werden (**also u.a. auch SWS-1 und SWS-2**).

- **Abschlussanzeige** für alle Voranzeigepflichtigen mineralischen Ersatzbaustoffe (**also u.a. auch SWS-1 und SWS-2**) unter Angabe der tatsächlich eingebauten Mengen und Materialklassen anhand der Lieferscheine innerhalb von 2 Wochen nach Abschluss der Baumaßnahme.
- **Dokumentation** von Vor- und Abschlussanzeige (**also u.a. auch SWS-1 und SWS-2**) durch Bauherren oder Grundstückseigentümer

Mitteilung des Rückbaus des technischen Bauwerks binnen einem Jahr nach Ende der Nutzungsphase (u.a. auch SWS-1 und SWS-2).

Ersatzbaustoffkataster

Katasterpflicht für alle anzeigepflichtigen mineralischen Ersatzbaustoffe (**also u.a. SWS-2 und SWS-1 bei Einbaumengen von mehr als 250 m³**). Der Bund bietet an, ein Programm zur Katasterführung entwickeln zu lassen und den Ländern zur Anwendung zur Verfügung zu stellen.

Nebenproduktstatus und Ende der Abfalleigenschaft (u.a. auch SWS-1 und SWS-2).

Die Regelungen zum Nebenproduktstatus sowie Ende der Abfalleigenschaft wurden gestrichen. Es gelten die Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.

13.2.3.2 Bedeutung für die hiesige gutachterliche Fragestellung

Neben einzelnen Nutzungsbeschränkungen von SWS-2 in bestimmten Einbauweisen auf Kinderspielflächen und in Wohngebieten sowie Park- und Freizeitanlagen und neuen bürokratischer Hürden, wie Pflichten zur Voranzeige und Abschlussanzeige sowie zur Führung eines Ersatzbaustoffkatasters, ist die komplette Streichung der ungünstigsten Materialklasse SWS-3 aus der Ersatzbaustoffverordnung von besonderer Bedeutung. Die Streichung der Materialklasse von SWS-3 bedeutet im Umkehrschluss, dass Stahlwerksschlacken, die die Materialwerte von SWS-2 überschreiten, nach Artikel 3 der Mantelverordnung (Änderung der Deponieverordnung), deponiert werden müssen. Auch die bisher eindeutige Zuordnung von einem nach Ersatzbaustoffverordnung als SWS-3 klassifizierten Material – ohne weitere Untersuchungen – als nicht gefährlicher Abfall, der die Zuordnungskriterien des Anhangs 3 Nummer 2 für die Deponieklasse I einhält, wurde gestrichen. Dies bedeutet, dass solche Materialien nach DepV erneut untersucht und klassifiziert werden müssen.

13.3 Standardbewertung der Umweltkompatibilität von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauweisen nach Ersatzbaustoffverordnung

13.3.1 Allgemeine Festlegungen und Konventionen für die Standardbewertung

Transportterm nur bei günstigen Untergrundverhältnissen: Der Transportterm wird nur dann berücksichtigt, wenn hinsichtlich der Untergrundkonstellation günstige Verhältnisse vorliegen. Es gibt drei Szenarien der Untergrundverhältnisse:

- (i) ungünstige Verhältnisse
- (ii) günstige Verhältnisse und sandiger Boden
- (iii) günstige Verhältnisse und lehmiger, schluffiger oder toniger Boden

Transportterm für eine Sickerstrecke von 1 Meter: Für den Transportterm wird im günstigen Fall per Konvention eine 1 Meter mächtige Schicht der Bodenzone unterhalb der MEB-Schicht betrachtet, unabhängig davon, wie groß der Flurabstand und wie lang die vorhandene grundwasserfreie Sickerstrecke tatsächlich ist.

Transportterm nur bei nennenswertem Abbau oder Rückhalt: Durch die Berücksichtigung des Transportterms werden Prozesse berücksichtigt, die zum Rückhalt des Stofftransports oder zum mikrobiologischen Abbau von Stoffen führen und etwaige Umweltbelastungen am Ort der Beurteilung (OdB) verzögern oder reduzieren können. Bei Stoffen, für die nach dem aktuellen Kenntnisstand weder von einem nennenswertem Abbau noch von einem relevanten Rückhalt durch Sorption ausgegangen werden kann, wird der Transportterm nicht berücksichtigt. Dies ist der Fall für alle regelungsrelevanten Salze (Chlorid, Sulfat, Fluorid). Für diese ist dementsprechend, unabhängig davon, ob günstige oder ungünstige Verhältnisse vorliegen (siehe oben), nur der Quellterm relevant.

Abklingende Freisetzungsrates wird berücksichtigt bei Stoffen mit einem deutlichem und reproduzierbar nachgewiesenem Abklingverhalten der Freisetzung: Für Chlorid und Sulfat und für einige Schwermetalle in bestimmten MEB kann ein systematisches Abklingverhalten nachgewiesen werden (vgl. Susset et al., 2018). Für Stahlwerksschlacken wurde kein systematisches Abklingverhalten nachgewiesen und berücksichtigt.

Lage des Ortes der Beurteilung (OdB): Der OdB liegt bei günstigen Verhältnissen für Schwermetalle und organische Stoffkomponenten oder –gruppen mit nennenswertem Abbau oder Rückhalt 1 m unterhalb der UK des Bauwerks. Bei ungünstigen Verhältnissen oder für Salze und andere Stoffe und MEB mit einem deutlichem und reproduzierbar nachgewiesenem Abklingverhalten der Stofffreisetzung liegt der OdB an der Bauwerk-UK. Dies gilt unabhängig vom tatsächlichen Grundwasseranstand und ist nur im exotischen Fall eines exakten Grundwasserabstands von 1 Meter identisch mit dem Ort der Beurteilung der klassischen Sickerwasserprognose, der Übergangszone zwischen ungesättigter und ungesättigter Zone an

der Grundwasseroberfläche und liegt ansonsten immer auf der sicheren Seite. Im Bundesratsbeschluss der EBV wurde zudem ein zusätzlicher Sicherheitsabstand von 0,5 Meter eingeführt.

Bewertungszeitraum: Für alle Stoffkomponenten und mineralische Ersatzbaustoffe, für die der Transportterm maßgebend ist, gilt ein Bewertungszeitraum von 200 Jahren. Innerhalb dieses Zeitraums dürfen die Konzentrationen im Sickerwasser am OdB den Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) bzw. den Bezugsmaßstab (BM) nicht überschreiten. Für Salze mit einem abklingenden Freisetzungsverhalten (Chlorid und Sulfat) wurde festgelegt, dass die Konzentration im Sickerwasser an der UK des Bauwerks innerhalb eines Zeitraums von 4 Jahren mindestens auf den GFS bzw. den BM abgeklungen sein muss.

Bezugsmaßstab (BM): In der Regel ist der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) der maßgebliche kritische Wert am OdB für die Bewertung der Einbaumöglichkeiten der MEB. Bei einigen, auch natürlich vorkommenden Elementen, wird der GFS jedoch bereits in Sickerwässern von unbelasteten Böden überschritten (Duijnsveld et al. 2008 und 2010). In diesen Fällen werden höhere Werte als der GFS als Bezugsmaßstab für *WF 2*-Eluate abgeleitet (Utermann, 2011), um natürliche unbelastete Böden weiterhin uneingeschränkt verwenden zu können.

Keine Berücksichtigung von Abbauprozessen bei der Anwendung des Anreicherungskriteriums: Für die Bewertung der Anreicherung der freigesetzten Stoffe in der Bodenzone unterhalb des Bauwerks werden ggf. ablaufende Abbauprozesse im Sinne einer konservativen Annahme nicht berücksichtigt.

Ausschöpfungsgrad der Filterkapazität der Bodenzone: Die Anreicherung der freigesetzten Stoffe in der relevanten Sickerstrecke von 1 m Länge darf nicht größer sein als 50% der Filterkapazität (FK) des Bodens; diese Maßgabe ist nicht relevant, wenn hierbei das Anreicherungskriterium zu Werten kleiner der GFS (bzw. des BM) führt (siehe nächster Punkt).

Stoffanreicherung entsprechend der GFS (bzw. des BM) in jedem Fall zulässig: Eine Stoffanreicherung, die sich aus einer konstanten Stoffkonzentration im Sickerwasser gleich der GFS (bzw. dem BM) ergibt, ist zulässig. Bei abklingenden Stofffreisetzungsraten ist der mittlere Konzentrationswert innerhalb des Bewertungszeitraums (= kumulative Quelltermkonzentration am Ende des Bewertungszeitraums) relevant.

Verdünnung und kleinräumige Mittelung: Kommt der MEB in einem Bauwerk zum Einsatz, in dem nur ein Teil des Sickerwassers den MEB durchsickert, so dass die an der UK des Bauwerks (= UK Quellterm) gemittelte Konzentration im Sickerwasser geringer ist als die Konzentration

an der UK der MEB-Schicht, dann darf diese Verdünnung bzw. kleinräumige Mittelung bei der Ermittlung der medienschutzbasierten Einbauwerte (ME) berücksichtigt werden.

Verhältnismäßigkeitsfaktor: Zur unspezifischen Berücksichtigung von Unsicherheiten wurde durch das BMU ein sogenannter Verhältnismäßigkeitsfaktor von 1,5 festgelegt, der bei der Ermittlung der ME eingerechnet wird.

13.3.2 Teilschritte der Standardbewertung mit BEMEB

Aus den oben beschriebenen Festlegungen und Konventionen lassen sich für die Methodik der ME-Ableitung und die erforderlichen Schritte für die Betrachtungen im Rahmen dieser Begutachtung drei relevante Fälle unterscheiden (weitere Fälle für die Standardbewertung in BEMEB zeigen Finkel et al., 2018):

- Stoffkomponenten oder –gruppen und Materialien ohne anrechenbares Abklingverhalten der Freisetzung bei günstigen Verhältnissen (Einzelschritte siehe **Abbildung 13**)
- ungünstige Verhältnisse (Einzelschritte siehe **Abbildung 14**)
- Stoffkomponenten oder –gruppen und Materialien mit anrechenbarem Abklingverhalten bei ungünstigen Verhältnissen oder nicht relevant (erforderliche Sickerstrecke ist nicht vorhanden oder ist nicht relevant, da kein nennenswerter Rückhalt oder Abbau gegeben ist (z. B. Salze, Einzelschritte, siehe **Abbildung 15**))

Unabhängig davon welcher der drei Fälle jeweils zutrifft, führt die Bewertung abschließend zu einem Vergleich der Materialwerte des gewählten MEB oder der Materialklasse eines MEB mit den ME für die betrachtete Einbauweise.

Nach Bewertung aller Einbauweisen und Untergrundszenerarien, erhält man für die MEB oder MEB-Klasse eine Einbautabelle, welche die Einbaumöglichkeiten des gewählten MEB im Überblick zeigt. („+“- oder „-“-Werte zeigen, ob eine Verwertung für die betreffende Einbauweise und die gegebene Untergrundkonstellation zulässig ist oder nicht).

In Abhängigkeit der Höhe der MW ergeben sich vielfältige Einbaumöglichkeiten für die günstigsten Materialklassen (z.B. SWS-1 mit einigen zulässigen offenen und teildurchströmten Bauweisen bei günstigen Untergrundverhältnissen) und entsprechend limitierte Einbaumöglichkeiten für ungünstige Materialklassen wie z.B. SWS-2, die oft begrenzt sind auf teildurchströmte Bauweisen wie Straßendämme mit gebundener Deckschicht oder ggf. ausschließlich auf geschlossene Bauweisen. Mit Fußnotenregelungen kann die Zulässigkeit bestimmter Einbauweisen durch Festlegung zusätzlicher dort limitierender ME als MW geregelt werden. MW sind dann zusätzlich zu den MW der Materialklasse des MEB einzuhalten.

Abbildung 13: Teilschritte der Ableitungssystematik für Stoffkomponenten oder –gruppen und Materialien ohne anrechenbares Abklingverhalten bei günstigen Verhältnissen (wenn eine grundwasserfreie Sickerstrecke von mindestens einem Meter vorhanden ist, Umsetzung BEMEB aus Finkel et al., 2020).

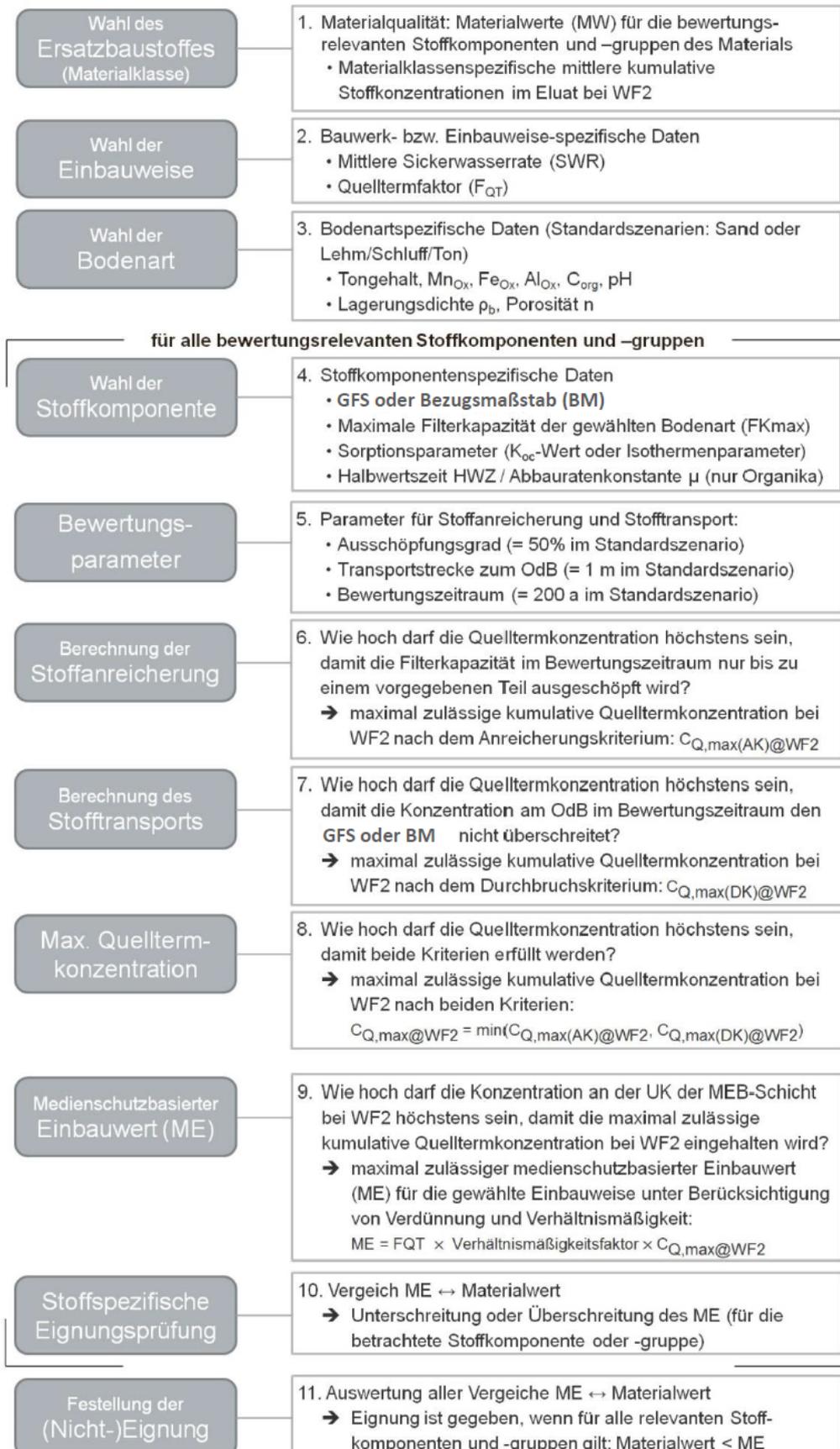


Abbildung 14: Teilschritte der Ableitungssystematik für Stoffkomponenten oder –gruppen und Materialien ohne anrechenbares Abklingverhalten wie in der Regel Schwermetalle, Organika und Fluorid für ungünstige Verhältnisse (Umsetzung BEMEB) aus Finkel et al. (2020).

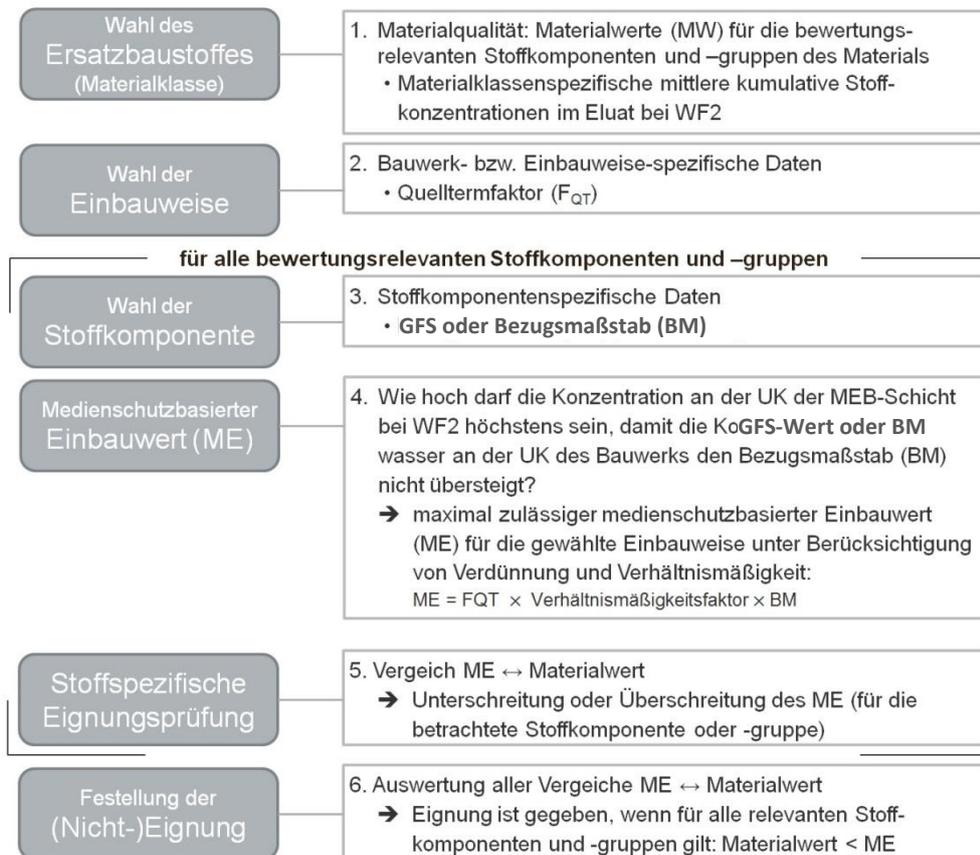


Abbildung 15: Teilschritte der Ableitungssystematik für Stoffkomponenten oder –gruppen und Materialien, für die ein systematisches Abklingverhalten der Freisetzung reproduzierbar nachgewiesen werden konnte (Chlorid, Sulfat, einige Schwermetalle in bestimmten MEB) bei ungünstigen Verhältnissen oder wenn die Verhältnisse nicht relevant sind, weil kein nennenswerter Rückhalt oder Abbau gegeben ist und daher der Transportterm nicht berücksichtigt wird (bei Chlorid und Sulfat).

